



Общественно-профессиональное сообщество
вузов России
КОНСОРЦИУМ «НЕДРА»



ГОРНЫЙ



XX ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ-КОНКУРС
СТУДЕНТОВ ВЫПУСКНОГО КУРСА И АСПИРАНТОВ

«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ»

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ТОМ 2

02-06
ДЕКАБРЯ
2024
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМПЕРАТРИЦЫ ЕКАТЕРИНЫ II

XX ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ-КОНКУРС
СТУДЕНТОВ ВЫПУСКНОГО КУРСА И АСПИРАНТОВ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

2–6 декабря 2024 г.

Том 2

Тезисы докладов

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2025

УДК 00 (622+55+665.6/7+620.9+621+669)
ББК 2 (65.304.11+33.36+31+34.3)
А 437

Представлены тезисы докладов молодых исследователей, участников XX Всероссийской конференции-конкурса студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» (Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, 2–6 декабря 2024 г.). Тезисы представляют интерес для широкого круга исследователей, ученых, педагогов, специалистов, руководителей промышленных предприятий и предпринимателей, работающих в области поиска, разведки, добычи и переработки полезных ископаемых.

The Volume contains works of young researchers-participants of XX Russian Conference of students and graduate students “Topical Issues of Rational Use of Natural Resources”, which was held at the Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University from the 2th to 6th December 2024. The Volume can be of great interest for a wide range of researchers, scientists, university lecturers, specialists and managers of industrial enterprises and organisations as well as for businesspeople involved in exploration, prospecting, development and processing of minerals.

Редакционная коллегия: профессор *О. М. Прищеп* (председатель), профессор *М. А. Пашикевич*, профессор *Т. Н. Александрова*, профессор *В. Ю. Бажин*, профессор *С. Г. Гендлер*, профессор *В. Н. Гусев*, профессор *А. С. Мустафаев*, профессор *М. В. Двойников*, профессор *О. И. Казанин*, профессор *В. В. Максаров*, профессор *А. Б. Пономарев*, профессор *А. Г. Протосеня*, профессор *Е. И. Пряхин*, профессор *Т. В. Пономаренко*, профессор *А. Г. Сырков*, профессор *О. В. Черемисина*, профессор *А. Е. Череповицын*, профессор *И. А. Шаммазов*, профессор *Я. Э. Шклярский*, доцент *Е. Н. Быкова*, доцент *Н. А. Вахнин*, доцент *П. А. Деменков*, доцент *Ю. Л. Жуковский*, доцент *К. Г. Каранетян*, доцент *М. Г. Мустафин*, доцент *П. А. Петров*, доцент *И. В. Поцешковская*, доцент *Д. Г. Подопригора*, доцент *Д. С. Тананыхин*, доцент *Д. Л. Устюгов*.

Содержание

Секция 9. ЭКОНОМИКА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ТРЕНДЫ	7
Башлыкова А. А. Инвестиционная привлекательность топливно-энергетических проектов на Ближнем Востоке через правовую призму	7
Гаврикова Н. В. Особенности взаимодействия между предприятиями образовательными учреждениями в подготовке кадров для нефтегазового комплекса	12
Гайфуллина И. И., Гимранова А. М. Оценка эффективности внедрения энергосберегающих мер для уменьшения энергетических затрат в нефтегазовой отрасли.....	15
Дмитриева Е. В. Эконометрический подход к оценке факторов, формирующих инвестиционную привлекательность ПАО «Лукойл»	17
Дорожкина И. П. Техничко-экономические проблемы развития отрасли редкоземельных металлов....	20
Куренкова П. А. Анализ управленческой эффективности проектов по созданию импортозамещающих продуктов	23
Нгуен Минь Фыонг. Анализ государственной политики в сфере солнечной энергетики в странах Восточной Азии и во Вьетнаме	27
Спиваков К. А., Пономаренко Т. В. Оценка перспектив развития алюминиевой отрасли в России ...	31
Стрельченко К. А., Череповицын А. Е. Перспективы развития российского рынка слюды.....	35
Федорахина Е. Г. Инструменты цифровой трансформации бизнес-процессов предприятий минерально-сырьевого комплекса	39
Чиркина С. А. Экологические риски и экономические тренды строительства КПО на участках отработанных песчаных карьеров.....	42
 Секция 10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ В МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОМ КОМПЛЕКСЕ	 49
Вальнев В. В. Автоматизация управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования на основе методов машинного обучения	49
Васильевых В. В. Анализ возможности автоматизации проведения неразрушающего контроля деталей технологического оборудования горной промышленности	52
Виноградов Н. К., Тоичкин Н. А. Разработка модели системы контроля целостности горнодобывающей техники с использованием методов машинного обучения.....	56
Ворсин Д. П., Тоичкин Н. А. Проектирование информационной системы интеллектуальной технической диагностики производственных процессов	61
Домахина Ю. А., Солодов С. В. Разработка алгоритма развития логистических систем предприятия горно-химической промышленности с применением предиктивной аналитики	66
Миннахметов Ф. Ф., Юрченко Я. А., Гафуров Н. Р., Валеев Э. Р., Харитонов Е. В. Машинное обучение совместно с модельной установкой – инструмент для оптимизации процессов перекачки углеводородов трубопроводным способом	70
Пичахчи А. В. Особенности диагностирования механического оборудования при использовании стационарных систем вибрационного контроля	74
Слободин В. А., Бажин В. Ю. Программное обеспечение для балансовых расчетов процессов получения титана	78
Сутупов П. В. О перспективах использования дискретных цифровых моделей в задачах информационного моделирования горного предприятия	82
Юлчибаева Д. А. Управление технологическим процессом на основе нечеткой логики нейронных сетей	86

Секция 11. МАШИНОСТРОЕНИЕ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 89

Варламов П. П., Бредихин Н. В. Разработка и исследование измельчителя с винтообразным исполнением рабочего органа	89
Дзюба А. А. Проблемы внедрения высокоскоростной обработки в производство	93
Картавец В. К., Коротков Ю. Г. Повышение надежности и ремонтпригодности скважинных электроцентробежных насосов, эксплуатирующихся в условиях интенсивного гидробразивного износа	96
Мякотных А. А. К вопросу о критериях и технологических требованиях создания шагающей платформы добычи торфяного сырья климатически нейтральным способом	100
Савула Е. А., Крымов В. Н. Влияние условий обработки на свойства стали с метастабильным аустенитом	102
Тюбеев И. Х. Совершенствование конструкции плоского планетарно-дискового исполнительного органа проходческо-очистного комбайна для добычи калийных руд	106
Хайбулина Н. А., Нафиков Р.К. Влияние легирования атомами углерода и азота и деформационно-термических обработок на механические свойства высокоэнтропийного сплава Кантора	109
Эссельбах Р. В., Корсунов К. А. Закалка контактных поверхностей подушек прокатных валков в плазмотроне с жидким электродом	113

Секция 12. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА В МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОМ КОМПЛЕКСЕ 118

Воробьева В. А., Добуш В. С. Исследование подшипниковых токов асинхронного двигателя при питании от преобразователя частоты	118
Гаджиева А. С., Муратова В. М. Инфракрасный анализатор для оперативного контроля качества трансформаторного масла	122
Денисова А. И. Совершенствование защиты от электропоражения на основе подавления обратных ЭДС рудничных асинхронных двигателей	126
Журов И. О., Розкаряка П. И. Эффективные способы регулирования крутящего момента и магнитного потока асинхронного двигателя при полеориентированном векторном управлении	129
Кузнецова Ю. Н. Разработка методологии анализа периодических несинусоидальных сигналов без использования преобразования Фурье	133
Лапинкас А. А., Попова А. М. Перспективы использования дронов и сенсоров для мониторинга состояния инфраструктуры транспорта и хранения углеводородов	136
Маренич М. К. Альтернативная концепция построения системы электроснабжения участка шахты. Принципиальные отличия и их обоснование	140
Скворцов И. В., Шклярский Я. Э. Определение параметров системы накопления электроэнергии для обеспечения бесперебойной работы электротехнического комплекса газовой отрасли	145
Скворцова Ю. Е., Шклярский Я. Э. Оценка эффективности внедрения системы управления электрической энергией в структуру электротехнического комплекса компрессорной станции	149
Складчиков М. В. Разработка алгоритма идентификации неисправностей асинхронного электропривода с использованием сверточных нейронных сетей	154
Соловьев С. С. Применение общего логико-вероятностного метода оценки надежности для создания подхода к систематизации оборудования для разработки мероприятий по поддержанию технического состояния	158
Юрченко Я. А., Харитонов Е. В., Миннахметов Ф. Ф., Гафуров Н. Р., Валеев Э. Р. Применение цифровых двойников для анализа и оптимизации испытаний реагентов на лабораторных стендах для трубопроводного транспорта	161

Секция 13. СОВРЕМЕННЫЕ СОЦИОГУМАНИТАРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА.....	165
Зинько А. Ф., Забелин М. Д. Перспективы использования менеджмента знаний для дополнения экологического мировоззрения	165
Осипова М. С., Сысоева Е. А., Никитина Е. А. Перспективы академической мобильности для студентов технических вузов в изучении китайского языка: возможности и вызовы	168
Секция 14. ГЕОМЕХАНИКА И МЕХАНИКА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ГЕОТЕХНИКА.....	171
Ананьев А. А., Вагурина А. В. Исследование параметров консолидации илов района Клариян-Клиппертон.....	171
Бажничин Е. О., Басва Е. К. Особенности устройства буронабивных свай в вечномерзлом грунте	174
Данчиков А. В. Подземная транспортная развязка в городе Витебск на пересечении проспекта Победы и Московского проспекта.....	176
Дмитриенко Д. М. Совершенствование методик геотехнического сопровождения при строительстве подземных сооружений в плотных аргиллитоподобных глинистых породах.....	179
Колобчук А. Д. Исследование технологий изготовления и методик расчета металлических многослойных плит с сердечниками	183
Конте Ибраима. Исследование влияния циклов замораживания и оттаивания на процесс образования магистральных трещин и морозостойкость в горных породах методом акустической эмиссии	185
Леган А. Д. Взаимное влияние тоннеля метро и подземного перехода в городе Гомель	190
Мангушев Р. А., Квашук А. В., Куляшов И. Д., Вагурина А. В. Учет влияния загрязнения песчаных грунтов нефтепродуктами при определении допускаемых значений давления на грунт основания	194
Мухина М. М., Лосева Е. С. Особенности проектирования подземного пространства зданий, возводимых в сложных инженерно-геологических условиях.....	197
Новиков Ю. В. Исследование физико-химических свойств отходов сжигания угля, металлургического производства и процессов синтеза на их основе вспененных геополимерных материалов строительного назначения	199
Ремизова Н. В. Оценка прочностных свойств грунтов с применением прибора кольцевого среза	204
Сарадоев Д. О. Верификация расчетных моделей с учетом физической нелинейности сталефибробетонных зданий, проектируемых для сейсмических районов	207
Саттаров А. И. Влияние длины свай на несущую способность свайного фундамента	209
Шельский И. В. Влияние органических включений на пучинистые свойства грунтов	211
Щербо А. Д. Влияние городской застройки в г. Могилев на тоннель метрополитена по проспекту Мира.....	214
Якель И. И. Расчетные модели для анализа колебаний одиночной сваи.....	219
Секция 15. ГЕОИНФОРМАТИКА, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ	221
Барабанова С. М. Проблемы установления публичного сервитута при строительстве и эксплуатации газопроводов	221
Богданова Е. А. Состав земель особо охраняемых природных территорий Арктической зоны Архангельской области	225
Воронецкая В. В. Обоснование необходимости оценки убытков землепользования в связи с негативным влиянием объектов инженерной инфраструктуры	229
Григорьев К. В. Оценка влияния объектов культурного наследия на стоимость жилых помещений (на примере Пскова)	232

Даильнева Н. А. Актуальность и значимость реализации мероприятий по муниципальному земельному контролю в современных условиях	235
Захаров М. А. Автоматизация кадастровых и землеустроительных работ при проектировании линейных объектов	239
Игнова В. В. Проблемы содержания публичного сервитута на современном этапе общественного развития.....	244
Коробельникова П. Д., Гайратова Ж. Ш. Экологическая оценка зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга	247
Корчуганов Д. М. Бонитировка почв Ленинградской области: теория и практика	250
Кудрявцев А. С. Выявление нарушений границ земельных участков с применением лазерного сканирования	254
Нгендаменья Эварист. «Осуществление мониторинга земель, земельного надзора и контроля в процессе добычи полезных ископаемых в Республике Бурунди»	258
Нгуен Чыонг Ан. Динамика оценочных показателей насаждений лесного фонда Вьетнама	261
Рябцева Н. И., Нурушев Б. О. Проблемы рекультивации земель, нарушенных добычей полезных ископаемых, в Крыму	265
Тасанова Ж. Б., Махсетова Д. Ж., Жумабек Д. Экологическая опасность подтопления территории города Уральска	269
Усеинова А. Л., Назарова Л. Д. Технология оформления условных знаков элементов проектного плана внутрихозяйственного землеустройства инструментами Quantum GIS	274
Хитрич П. А. Использование PostgreSQL для интеграции BIM, ГИС и учетных систем в управлении недвижимостью	278
Яковлева Н. Д. Определение и оценка точности объемов объектов недвижимости, имеющих форму пирамиды	282
 Секция 16. МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ И МОНТАЖНЫХ РАБОТ	
Мелехина В. С. Исследование вертикальности стенок резервуара фотограмметрическим методом ..	286
Насруллах Мохамад. Оценка точности и стабильности определения местоположения геодезического пункта на основе технологии ГНСС-измерений	290
Кузин А. А., Филиппов В. Г. Геодезическое обеспечение наблюдений за деформациями склонов с использованием ГНСС-измерений	294
 Секция 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В АРХИТЕКТУРЕ, ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ И ДИЗАЙНЕ	
Васнева И. О. Проблемы современных урбосистем с учетом интегральности процессов развития ...	297
Доманина А. М. Динамика территориально-пространственного развития поселков городского типа Байкальского региона.....	302
Мирюгина В. А. Особенности интеграции промышленной архитектуры в городскую среду	306
Плиева Е. А. Архитектура центров отдыха и туризма в Республике Южная Осетия. Актуальность темы исследования	310
Пуляевский П. Е. Развитие системы градостроительных доминант в контексте формирования буферной зоны исторического центра г. Иркутска	315
Пяттоева А. С. Отличительные типологические характеристики городов исторических приграничных территории Северо-Западного Федерального округа Российской Федерации	319
Сафронова А. Д. Технопарки с функцией мусоропереработки в городской среде	322

Секция 9. ЭКОНОМИКА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ТРЕНДЫ

УДК 349

Башлыкова Александра Александровна
Ждан Вера Петровна*
МГИМО МИД России, Москва, Россия
* zhdanwera@gmail.com

Инвестиционная привлекательность топливно-энергетических проектов на Ближнем Востоке через правовую призму

Аннотация. Целью исследования является анализ инвестиционной привлекательности топливно-энергетических проектов на Ближнем Востоке с акцентом на правовые и институциональные аспекты. Основной проблемой является недостаток комплексной оценки инвестиционной среды, которая учитывает не только экономические, но и правовые, экологические и социальные факторы. Актуальность работы определяется растущим интересом иностранных инвесторов, в том числе из России, к регионам с высоким содержанием энергетических ресурсов. В результате исследования выявлены ключевые правовые и регуляторные критерии, влияющие на успешность инвестиций, а также предложены рекомендации по оптимизации инвестиционных процессов и минимизации рисков в странах региона.

Ключевые слова: Иностранные инвестиции, Ближний Восток, инвестиционный климат, топливно-энергетический сектор, Саудовская Аравия, Иран, Ирак.

Alexandra A. Bashlykova
Vera P. Zhdan*
MGIMO University, Moscow, Russia
* zhdanwera@gmail.com

Investment Attainability of Fuel and Energy Projects in the Middle East Through a Legal Prism

Abstract. The aim of the study is to analyse the investment attainability of fuel and energy projects in the Middle East with a focus on legal and institutional aspects. The main problem is the lack of a comprehensive assessment of the investment environment that takes into account not only economic, but also legal, environmental and social factors. The relevance of the work is determined by the growing interest of foreign investors, including those from Russia, in regions with a high content of energy resources. As a result of the study, the key legal and regulatory criteria affecting the success of investments have been identified, and recommendations for optimising investment processes and minimising risks in the countries of the region have been proposed.

Keywords: Foreign investments, Middle East, Investment climate, Fuel and Energy sector, Saudi Arabia, Iran, Iraq.

В последние годы внимание иностранных инвесторов, в частности инвесторов из Российской Федерации, все больше обращается к Ближнему востоку, как той юрисдикции, которая может предоставить множество возможностей для реализации высокоприбыльных проектов в области топливно-энергетического комплекса (далее – «ТЭК»).

Для анализа информации из различных источников использованы сравнительные методы, а также обзор текущих политико-экономических тенденций в каждой из стран с акцентом на влияние изменений в законодательной и инвестиционной политике на внешние потоки капитала.

В большинстве исследований и как правило инвестиционная привлекательность топливно-энергетических проектов рассматривается через призму экономических аспектов, как

то: критерии эффективности капиталовложений, критерии эффективности использования собственного капитала, критерии эффективности использования заёмных средств, критерии доходности инвестиций и другие.

Традиционные методы оценки затрат и выгод предоставляют только информацию о рентабельности проекта с финансовой точки зрения, поэтому они не учитывают какие-либо нефинансовые выгоды или потери (например, экологические или социальные) [7].

На наш взгляд, критерии инвестиционной привлекательности проектов также требуется рассматривать в том числе с точки зрения правовых аспектов. В обобщенном виде можно выделить следующие критерии, которые в дальнейшем будут рассмотрены в работе: Правовая система и правовая среда, лицензирование и регулирование, налоговая и таможенная политика, экологическая безопасность, социальная ответственность, институциональная стабильность.

Сегодня, многие страны региона предлагают выгодные налоговые условия для привлечения иностранных инвесторов. Например, в ОАЭ существуют свободные экономические зоны, где инвесторы могут получить льготы на налоговые ставки и налоги на прибыль в течение определенного срока (часто 20–50 лет). Это, в свою очередь, способствует увеличению потоков иностранных капиталовложений в нефтегазовый сектор [4, с. 24].

Примером налоговых соглашений является Налоговое соглашение между ОАЭ и Великобританией, которое позволяет инвесторам избежать двойного налогообложения и способствует повышению экономической привлекательности для долгосрочных вложений в ТЭК [14].

Высокое значение, в 2024 году, имеет элемент правового регулирования нефтегазовых и энергетических контрактов, которые заключаются на основе концессионных соглашений или проектных контрактов. В странах Ближнего Востока такие контракты часто заключаются на 20–30 лет и предусматривают участие частных иностранных инвесторов в добыче нефти, газа и других энергетических ресурсах [14].

Страны Ближнего Востока также активно заключают соглашения, касающиеся инфраструктурных проектов ТЭК и транзита энергетических ресурсов, таких как нефть и природный газ. Важным элементом таких соглашений являются правовые механизмы, обеспечивающие свободу транзита через ключевые нефтяные магистрали и газопроводы региона. Примером такого соглашения является Конвенция по Транспорту нефти по нефтепроводу через Суэцкий канал и с его использованием, подписанная Египтом, которая гарантирует защиту транзита нефти по Суэцкому каналу и контроль над ключевыми маршрутами поставок на международные рынки [10].

В последние десятилетия страны Ближнего Востока активно разрабатывают правовые меры для привлечения инвестиций в «зеленые» проекты и проекты в области возобновляемых источников энергии (например, солнечная и ветровая энергетика). Такие проекты регулируются не только внутренним законодательством, но и международными обязательствами, в том числе Парижским соглашением [7].

В частности, ОАЭ подписали с Международной организацией по атомной энергетике (МАГАТЭ) соглашение, направленное на развитие мирных атомных технологий, что способствует повышению привлекательности для иностранных инвесторов, заинтересованных в «чистых» энергетических проектах. Это соглашение включает в себя правовые гарантии для иностранных компаний, которые занимаются строительством и эксплуатацией атомных объектов в ОАЭ [7].

Саудовская Аравия вводит значительные изменения в законодательство об инвестициях. Ключевым элементом реформы станет отмена лицензий для иностранных инвесторов, которые заменяются упрощенной регистрацией. Это позволит значительно ускорить и упростить процедуру инвестирования в страну. Ожидается, что реформы вступят в силу в начале 2025 года. Тем не менее, это будет в большей степени распространяться на иные секторы, нежели сектор ТЭК, в частности разведка и добыча нефти, оборонные услуги и некоторые другие области остаются закрытыми для иностранцев, требуют участия местных

компаний, и осуществления лицензирования. Согласно Закону об углеводородах, принятому Королевским Указом М/37 от 20 декабря 2017 года [2] все операции с углеводородами могут проводиться только с предварительного разрешения в виде лицензии [3, с. 188]. Заявка на получение инвестиционной лицензии подается в Министерство инвестиций Саудовской Аравии (MISA) через онлайн-портал.

В целях оптимизации инвестиционного процесса, Саудовская Аравия внедрила онлайн-платформу для подачи заявок на получение инвестиционных лицензий. Заявки подаются через Министерство инвестиций (MISA) посредством цифрового портала, что повышает удобство и эффективность процедуры. В рамках реализации стратегического плана «Vision 2030» Саудовская Аравия предпринимает целенаправленные действия по совершенствованию инвестиционного климата в стране. Например, Саудовская Аравия в рамках своей программы реформ в энергетическом секторе (включая программу Vision 2030) привлекает иностранные компании для участия в проектах по добыче и переработке углеводородов. Заключенные с международными компаниями контракты включают детализированные положения о праве на разработку месторождений, условиях получения лицензий, а также о правовых гарантиях для иностранных инвесторов в случае изменения законодательных или политических условий [11]. В глобальном рейтинге конкурентоспособности Саудовская Аравия занимает 16-е место [15].

Вопросы конфискации и экспроприации являются предметом разносторонних споров регулируемых международными соглашениями. Страны Ближнего Востока заключают соглашения с международными кредитными организациями, такими как Международный банк реконструкции и развития (МБРР), для обеспечения финансовых и юридических гарантий. Например, соглашение между Саудовской Аравией и Всемирным банком включает положения о правовой защите инвесторов от экспроприации и конфискации без соответствующей компенсации [8].

Вопросы иностранных инвестиций в Иране регулируются в большей мере Законом Ирана о поощрении и защите иностранных инвестиций (далее – FIRPA) [13]. Согласно статье 8 FIRPA, иностранные инвестиции в Иране, подпадающие под действие этого закона, пользуются теми же правами, защитой и льготами, что и внутренние инвестиции, на недискриминационной основе. Кроме того, возможна выдача трёхлетних виз в Иран для иностранных инвесторов, менеджеров, экспертов и членов их семей, а также возможность продления этих виз (статья 20 FIRPA), что в свою очередь очень позитивно влияет на уровень инвестиционной привлекательности проектов в республике Иран. Стоит отметить, что для иностранных инвесторов создаются довольно широкий перечень льготных условий, например, 80 % доходов, полученных производителями и добывающими компаниями от полезных ископаемых в менее развитых зонах, будут освобождаться от налогов на 4 года.

Посол России в республике Ирак Эльбрус Кутрашев отмечает довольно высокий уровень вложений российских компаний в нефтегазовый сектор Ирака, порядка \$19 миллиардов [9]. В Ираке правовая основа инвестиционной деятельности определяется законодательными актами, такими как Гражданский кодекс 1951 года, который устанавливает основные типы договоров, используемые в инвестиционной деятельности, а также Закон от 2006 г. № 13 «Об инвестиционной деятельности в Ираке» который охватывает инвестиционную среду, включая условия осуществления инвестиций, формы государственного регулирования, гарантии прав инвесторов и защиту инвестиций [6, с. 94]. Тем не менее нельзя не отметить, довольно сильную политическую нестабильность в регионе, в том числе и в правовом аспекте ввиду конфликта правительства Республики Ирак и Демократической партии Курдистана, что может выступить в качестве отвращающего критерия при выборе проектов для инвестиций.

Следует отметить, что, одним из ключевых аспектов, который влияет на правовую привлекательность проектов в регионе, является система разрешения споров. В странах Ближнего Востока, где бизнес-среда может быть подвержена изменениям в связи с политической нестабильностью, важную роль играют международные арбитражи. Например, в контексте Конвенции МОД (Международной организации труда),

все споры, возникающие между инвесторами и государствами, могут разрешаться через арбитражные механизмы [1].

Таким образом, Ближневосточный регион обладает высокой инвестиционной привлекательностью для реализации топливно-энергетических проектов благодаря богатым энергетическим ресурсам, и благоприятным условиям для ведения бизнеса ввиду создания льготных условий для иностранных инвесторов. Успешная реализация таких проектов требует глубокого понимания и грамотного структурирования сделки с точки зрения правового регулирования, включая земельное, инвестиционное, налоговое и корпоративное право, а также разрешительные процедуры и таможенное регулирование. Комплексный подход, учитывающий правовые, культурные и геополитические аспекты, а также установление прочных связей с местными партнерами и государственными органами, является ключом к успешной реализации топливно-энергетических проектов на Ближнем Востоке.

Список литературы

1. Конвенция ООН о договоре международной купли-продажи товаров (CISG) // United Nations Commission on International Trade Law. URL: https://uncitral.un.org/en/texts/salegoods/conventions/sale_of_goods/cisg (дата обращения: 14.11.2024).
2. Закон об углеводородах, принятый Королевским указом М/37 от 20 декабря 2017 года // Текст электронный: The Ministry of Industry and Mineral Resources URL: <https://laws.boe.gov.sa/Files/Download/?attId=1991dce0-4742-4fe6-bf48-adbb01238611> (дата обращения: 13.11.2024).
3. Законодательство о недрах и их естественных ресурсах в экономически успешных государствах Востока: [учебное пособие] / Журавлева И.П., Капустин А.Я., Крымская К.В. [и др.]. // Москва: Горная книга, 2024. 312 с.
4. . Бородина, М. Ю. Модели межгосударственного сотрудничества на Ближнем Востоке / М. Ю. Бородина, И. В. Рыжов, Д. А. Аверьянова // Мировая политика. 2020. № 4. С. 18–31.
5. Закирова, Э. Р. Экономическое содержание категории «инвестиционная привлекательность» / Э. Р. Закирова // Вестник ВГУИТ. 2016. № 2. С. 327–333.
6. Мунам, З. С. Правовое регулирование инвестиционной деятельности в иракской экономике / З. С. Мунам // Право: история и современность. 2019. № 4. С. 91–96. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravovoe-regulirovanie-investitsionnoy-deyatelnosti-v-irakskoy-ekonomike> (дата обращения: 13.11.2024).
7. Международное энергетическое агентство (IEA). Прогнозы и отчеты по энергетической политике стран Ближнего Востока // Текст электронный: International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org/> (дата обращения: 14.11.2024).
8. Всемирный банк. Заключенные инвестиционные соглашения и защита прав инвесторов // Текст электронный: Всемирный банк. URL: <https://www.worldbank.org/> (дата обращения: 14.11.2024).
9. Посол России в республике Эльбрус Кутрашев – о выводе войск международной коалиции, самостоятельности арабской страны и интересе Багдада к БРИКС // Текст электронный: Известия – новости политики, экономики, спорта, культуры. URL: <https://iz.ru/1782305/albert-kalasan/amerikancam-legkopridumat-povod-ne-uhodit-iz-iraka> (дата обращения: 13.11.2024).
10. Energy Charter Treaty (Энергетическая хартия). Официальное соглашение по энергетическим инвестициям, транзиту и защите инвесторов // Текст электронный: Energy Charter Secretariat. URL: <https://www.energycharter.org/> (дата обращения: 14.11.2024).
11. «Saudi Vision 2030». (2016). «Vision 2030 Kingdom of Saudi Arabia» // Текст электронный: Saudi Vision 2030. URL: <https://vision2030.gov.sa> (дата обращения: 13.11.2024).
12. Investment project assessment // Текст электронный: ESFC Investment Group URL: <https://esfc-company.com/en/projects/investment-consulting-1/investment-project-assessment/> (дата обращения: 13.11.2024).
13. IRAN (ISLAMIC REPUBLIC OF): Foreign Investment Promotion and Protection Act (FIPPA), 2002 (2016 Ed.) // Текст электронный: ENERGY INFORMATION FOR THE ASIA-PACIFIC REGION. URL: <https://policy.asiapacificenergy.org/node/2998>. (дата обращения: 13.11.2024).
14. UNCTAD Investment Policy Hub. База данных по международным инвестиционным соглашениям и политике // Текст электронный: United Nations Conference on Trade and Development. URL: <https://investmentpolicy.unctad.org/> (дата обращения: 14.11.2024).
15. World Competitiveness Ranking // Текст электронный: IMD – International Institute for Management Development. URL: https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-competitiveness-ranking/rankings/wcr-rankings/#_tab_map-standard

Научный руководитель: Лабин Дмитрий Константинович, д.ю.н., профессор, МГИМО МИД России, Москва, Россия.

**Сравнительная таблица инвестиционной привлекательности некоторых стран Ближнего Востока
(в контексте некоторых критериев)**

Критерий	Содержание	Королевство Саудовская Аравия	Республика Иран	Республика Ирак
Лицензирование и регулирование	Ясные и четкие требования для получения лицензий на разработку месторождений, строительство объектов ТЭК	+	+	+
	Отсутствие дискриминации по отношению к иностранным инвесторам	+	+	+
	Своевременное и эффективное государственное регулирование	+	+	Политический конфликт осложняет
	Доступность информации о законодательстве, процедурах получения лицензий и других аспектах регулирования ТЭК	Информацию получить сложно, необходимо применение сервисов VPN (проблемы возникают при поиске через Российскую юрисдикцию)	Кроме того, широкое освещение в российском научном поле	Мало информации по последним тенденциям
Социальная ответственность	Строгие требования к соблюдению правил безопасности труда на объектах ТЭК, соответствующие международным стандартам	Законодательство включает требования по охране труда, которые соответствуют международным стандартам (например, требования OSHA)	Иран сталкивается с международной изоляцией, что ограничивает возможности для международного сотрудничества в области ТЭК, а значит и для внедрения стандартов социальной ответственности. Однако в законодательстве Ирана есть положения о социальной ответственности компаний, включая соблюдение стандартов безопасности труда и экологические нормы	Законодательство по безопасности труда и охране окружающей среды существует, однако в условиях нестабильной политической ситуации и ограниченной инфраструктуры, контроль за соблюдением этих норм остается проблематичным
	Механизмы минимизации негативного социального воздействия проектов ТЭК на местные сообщества	Реальные механизмы для минимизации негативного воздействия на местные сообщества, включая экологическое воздействие и социальной ответственности компаний, остаются на стадии развития	Механизмы учета интересов местных сообществ и борьбы с негативными последствиями проектов также присутствуют, но в реальности эти механизмы часто не являются полностью эффективными	Механизмы взаимодействия с местными сообществами также могут быть недостаточно развитыми
	Механизмы для прозрачного диалога с местными жителями и учета их интересов			

Особенности взаимодействия между предприятиями и образовательными учреждениями в подготовке кадров для нефтегазового комплекса

Аннотация. В настоящее время нефтегазовая отрасль испытывает дефицит специалистов, в том числе и по причине недостаточно специализированной подготовке кадров. Целью данной статьи является анализ особенностей взаимодействия между предприятиями и образовательными учреждениями в области подготовки кадров для нефтегазовой отрасли. В работе были проанализированы современные формы сотрудничества, включая дуальное обучение, целевые образовательные программы и производственные стажировки. В результате исследования предложен алгоритм взаимодействия предприятий и образовательных учреждений, университетов в частности, по обеспечению потребности организаций в кадрах.

Ключевые слова: нефтегазовый комплекс, образование, подготовка кадров, специалисты, предприятия.

Nonna V. Gavrikova
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia, nonnagavr24@mail.ru

Features of interaction between enterprises and educational institutions in the personnel training for the oil and gas industry

Abstract. Currently, there are not enough skilled workers in the oil and gas industry, since there is not enough professional training. The purpose of this article is to analyze the features of interaction between enterprises and educational institutions in the field of training personnel for the oil and gas industry. The study analyzed modern forms of collaboration, including dual training, targeted training programs, and industry practices. As a result of this study, algorithms for interaction between enterprises and educational institutions, in particular universities, were proposed to meet the personnel needs of organizations.

Keywords: oil and gas complex, education, personnel training, specialists, enterprises.

Подготовка квалифицированных кадров для нефтегазового комплекса является одной из ключевых задач в обеспечении устойчивого развития этой стратегически важной отрасли экономики. В условиях увеличения технологической сложности производственных процессов и расширения деятельности предприятий в том числе и в регионах с экстремальными климатическими условиями, таких как Арктика, требуются кадры, обладающие специализированными знаниями и навыками, адаптированными к уникальным условиям региона.

Существующая система подготовки кадров сталкивается с рядом вызовов, включая недостаток практико-ориентированных программ, высокую динамику обновления знаний и технологий. Это требует укрепления взаимодействия между образовательными учреждениями и предприятиями. Партнёрства между учебными заведениями и бизнесом в части разработки совместных образовательных программ, которые более полно будут соответствовать потребностям работодателей, повысят качество подготовки специалистов и позволят сделать обучение более практико-ориентированным. Исследование эффективности таких партнёрств позволит предложить меры по улучшению взаимодействия между образовательными учреждениями и предприятиями.

Особое внимание уделяется вопросам интеграции учебного процесса с производственными нуждами предприятий. Совместные программы подготовки, ориентированные на запросы нефтегазового сектора, способствуют обучению специалистов, обладающих не

только теоретическими знаниями, но и практическими навыками, адаптированными под условия реального производства. При этом важным аспектом является управление процессом взаимодействия, что предполагает внедрение современных механизмов планирования, мониторинга и оценки эффективности партнерств.

Исследования показывают, что взаимодействие предприятий и учебных заведений играет важную роль в преодолении кадрового дефицита. Так, Е.В. Савицкая в своей статье отмечает, что основной проблемой является недостаток практических навыков у выпускников, что в свою очередь приводит к необходимости дополнительного обучения уже на месте работы [1]. Также и по мнению большинства экспертов, участвовавших в другом исследовании, многим выпускникам учебных заведений требуется дополнительное обучение и переподготовка уже в процессе работы [2].

В настоящее время нефтегазовая отрасль испытывает острую нехватку специалистов. Наибольший спрос в нефтегазовой промышленности наблюдается на специалистов инженерного профиля: инженеров, занимающихся управлением технологическими процессами производства СПГ, бурением, освоением месторождений, а также завершением строительства скважин. Кроме того, наблюдается дефицит IT-специалистов и управленцев.

Для решения данной проблемы предприятия отрасли активно внедряют взаимодействие с образовательными учреждениями, например участие в мероприятиях вне учебной программы, совместные научно-технические разработки, открытие кафедр и другие.

Примерами такого взаимодействия являются «Лига вузов» и «Лига колледжей». Это системы сотрудничества «Газпром нефти» с учебными заведениями. На данный момент в Лиги входят 40 высших учебных заведений, 14 колледжей, организовано 42 совместные магистратуры.

Ещё одним примером взаимодействия бизнеса и образования является «Газпром корпоративный институт». Данное образовательное учреждение осуществляет программы повышения квалификации, профессиональной переподготовки и магистерские программы. Ежегодно у института более 200 000 слушателей электронных семинаров и более 40 000 слушателей программ дополнительного образования.

Данные примеры иллюстрируют, что взаимодействие между предприятиями и образовательными учреждениями имеет различные формы: для разных специализаций (технические, управленческие кадры и т.д.) нужны разная подготовка и, соответственно, разная форма данной подготовки.

Для повышения эффективности взаимодействия предприятия и учебных заведений в части подготовки кадров предлагается универсальный алгоритм взаимодействия: у предприятий возникает потребность в кадрах, но организации не обладают необходимой научной базой, чтобы обучать персонал самостоятельно. В данном случае компании могут сформировать техническое задание – запрос конкретных специалистов, обладающих конкретными знаниями и навыками. Сформировав свою потребность, бизнес обращается к образовательным учреждениям с запросом подготовки кадров: это могут быть курсы повышения квалификации уже работающего персонала, основные образовательные программы, которые будут готовить специалистов с самого начала, начиная с бакалавриата и специалитета, а также магистерские программы. Кроме того, это могут быть программы дополнительного образования (ДПО) и электронные курсы. В данном случае, студенты учебных заведений могут на базе университета параллельно с получением основного образования получать дополнительное, более узкое и специализированное.

В данном процессе предприятия дают практическую подготовку обучающимся – прохождение практики, предоставление реальных кейсов для обучения и возможность трудоустройства для выпускников, а образовательные учреждения предоставляют теоретическую базу для обучения. Предполагается, что предприятия и университеты будут заключать долгосрочное сотрудничество, из которого предприятия получают квалифицированные кадры, а образовательные учреждения – материально-финансовую поддержку.

Наглядно схема представлена на Рисунке 1.

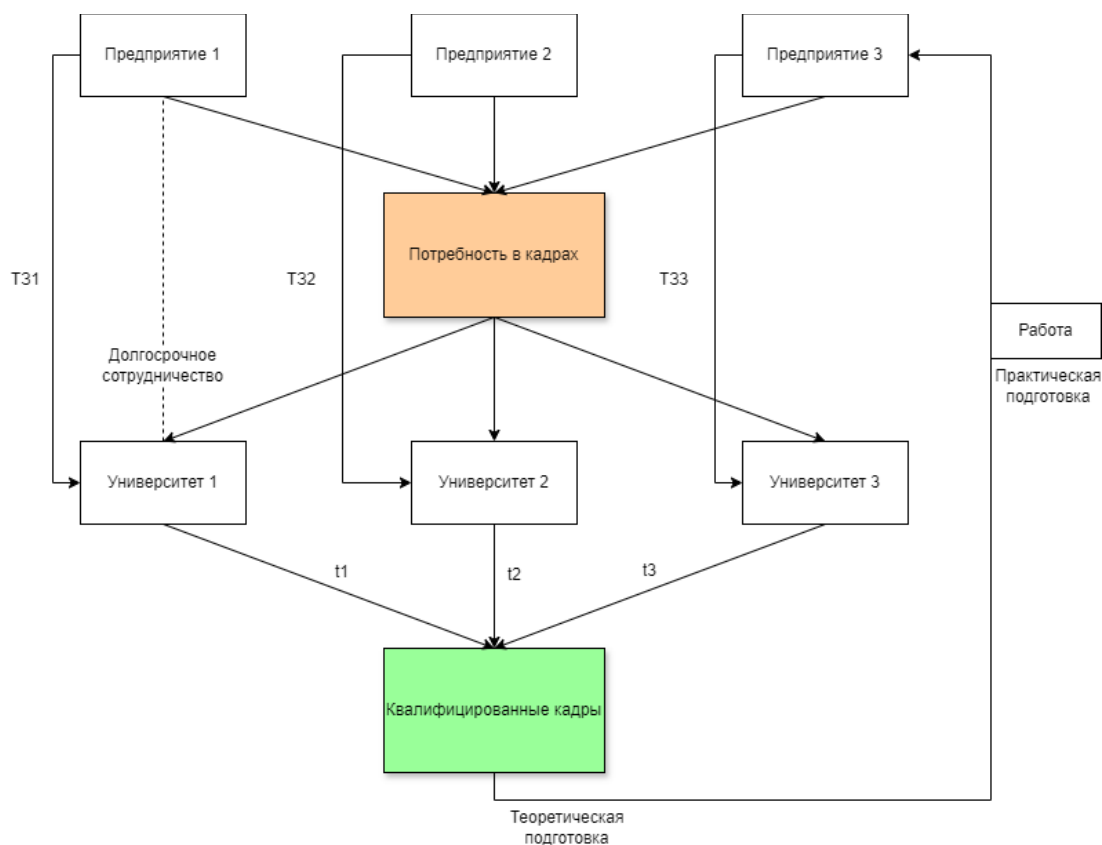


Рис. 1. Алгоритм взаимодействия предприятий и образовательных учреждений в подготовке кадров (составлено автором)

Таким образом, данный алгоритм позволяет создать не просто образовательную программу, а создать сотрудничество компаний с образовательным учреждением, где бизнес получит кадры, подготовленные под конкретные потребности предприятия.

Список литературы:

1. Савицкая, Е. В. Формы взаимодействия вузов и предприятий / Е. В. Савицкая // Россия: Тенденции и перспективы развития : Ежегодник, Москва, 20–21 декабря 2018 года / Ответственный редактор В.И. Герасимов. Том Выпуск 14, Часть 1. – Москва: Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2019. – С. 713-717. – EDN ZENWQX
2. Кузьмина, Е. В. Формы взаимодействия предприятий и учебно-образовательных структур при подготовке кадров для инновационных предприятий региона / Е. В. Кузьмина, Н. В. Гончарова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Социология. Политология. – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 254–262. – DOI 10.18500/1818-9601-2021-21-3-254-262. – EDN JWXOPS
3. Взаимодействие образовательных организаций и предприятий: дуальный подход в подготовке специалистов / А. М. Берестовский, А. Н. Яцунов, К. В. Павлюченко, С. С. Паршукова // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2017. – № S3. – С. 5. – EDN YIEZCL.
4. Официальный сайт корпоративного института ПАО «Газпром» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://institute.gazprom.ru> (дата обращения: 26.11.2024).
5. Лига вузов: взаимодействие ПАО «Газпром нефть» с образовательными учреждениями [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://career.gazprom-neft.ru/leagueofuniversities/> (дата обращения: 26.11.2024).
6. Газпром нефть: расширение сотрудничества с учебными заведениями для подготовки кадров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://polar.gazprom-neft.ru/press-center/news/stavka-na-budushchee-gazprom-neft-rasshiryaet-sotrudnichestvo-s-uchebnymi-zavedeniyami-dlya-podgotov> (дата обращения: 26.11.2024).

Научный руководитель: Мелёхин Вячеслав Дмитриевич, старший преподаватель ВШПМ, СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия.

Оценка эффективности внедрения энергосберегающих мер для уменьшения энергетических затрат в нефтегазовой отрасли

Аннотация. Статья рассматривает важность проведения энергоаудита как инструмента для оптимизации потребления энергии на предприятиях. Энергоаудит позволяет выявить неэффективные процессы и разработать рекомендации по модернизации оборудования и улучшению технологий. Пример замены насоса на объекте нефтедобычи демонстрирует экономическую целесообразность внедрения энергоэффективных решений. Результаты показывают, что такие меры способствуют снижению затрат, выбросов парниковых газов и улучшению качества жизни, что делает их важными для устойчивого развития.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, энергоаудит, энергозатраты, устойчивое развитие.

Iluza I. Gayfullina *

Alsu M. Gimranova

SBEI HE Almet'yevsk State Technological University

"Petroleum High School", Almet'yevsk, Russia

* iluza-2004@mail.ru

Assessment of the effectiveness of the implementation of energy-saving measures to reduce energy costs in the oil and gas industry

Abstract. The article considers the importance of conducting an energy audit as a tool for optimizing energy consumption at enterprises. An energy audit allows you to identify inefficient processes and develop recommendations for equipment modernization and technology improvement. An example of replacing a pump at an oil production facility demonstrates the economic feasibility of implementing energy-efficient solutions. The results show that such measures contribute to reducing costs, greenhouse gas emissions and improving the quality of life, which makes them important for sustainable development.

Keywords: energy efficiency, energy conservation, energy audit, energy consumption, sustainable development.

В условиях глобальных изменений климата и растущих цен на энергоресурсы развитие направлений энергоэффективности и энергосбережения на основе проведения энергоаудита становятся все более актуальными. Энергоэффективность подразумевает использование меньшего количества энергии для достижения тех же результатов, что способствует экономии средств и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Энергосбережение представляет собой комплекс мероприятий и действий, направленных на снижение потребления энергии при сохранении необходимого уровня комфорта и эффективности. Оно включает в себя как технические, так и организационные меры, позволяющие оптимизировать использование энергетических ресурсов. Для эффективности данных процессов важную роль играет качественное осуществление энергоаудита который предполагает собой комплексный анализ потребления энергии на объектах предприятий [1].

Энергоэффективность включает в себя множество мер и технологий, направленных на оптимизацию потребления энергии. Это может быть использование современного энергоэффективного оборудования, улучшение теплоизоляции, оптимизация систем освещения и автоматизация процессов с внедрением интеллектуальных систем управления. Все эти меры помогают значительно снизить потребление энергии.

Энергоаудит представляет собой процесс, который начинается со сбора данных о текущем состоянии энергетических систем объектов, который включает в себя проведение замеров потребления энергии. Затем следует анализ, который позволяет определить основные источники потребления и выявить неэффективные процессы. На основе полученных данных разрабатываются рекомендации по повышению энергоэффективности, включая модернизацию или замену оборудования и совершенствование технологических процессов [2].

Одним из примеров проведения энергоаудита на объектах нефтедобычи является замена насоса ЦНС 60-250 на насос ЦНС 105-294 в результате которого было выявлено что, потери электроэнергии при эксплуатации насоса ЦНС 60-250 составили 49 536 тыс.кВт. При проведении расчета экономической эффективности внедрения данного мероприятия следует отметить, что оно является экономически оправданным. При капитальных вложениях в размере 485 тыс. рублей, чистая дисконтированная прибыль (ЧДД) составила 245 тыс. рублей, а индекс доходности (ИД) превысил 1,45. Срок окупаемости инвестиций составляет всего 3,6 года, что подтверждает целесообразность данного решения. (рисунок 1).



Рис. 1. Чистый дисконтированный доход

Повышение энергоэффективности так же способствует снижению выбросов парниковых газов, что крайне важно для борьбы с изменением климата. Кроме того, оптимизация систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха улучшает микроклимат в помещениях, что положительно сказывается на комфорте. Наконец, многие страны вводят обязательные требования к энергоэффективности зданий, и проведение энергоаудита помогает соответствовать этим стандартам.

Таким образом, энергоэффективность и энергоаудит являются важными инструментами для достижения устойчивого развития. Они не только помогают экономить средства и ресурсы, но и способствуют улучшению качества жизни и защите окружающей среды. Внедрение энергоэффективных решений требует усилий, однако результаты оправдывают затраты, делая этот процесс выгодным как для бизнеса, так и для общества в целом.

Список литературы

1. Роль энергоэффективности в борьбе с изменением климата: связь между энергосбережением и снижением выбросов парниковых газов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://instrumental18.ru/professionalnye-jelektroinstrumenty/rol-jenergojeffektivnosti-v-borbe-s-izmeneniem-klimata-svjaz-mezhdu-jenergosberezheniem-i-snizheniem-vybrosov-parnikovyh-gazov/> (дата обращения: 10.11.2024).
2. Энергоаудит – что это и почему он так важен [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sde36.ru/statii/energoaudit-chto-eto-i-pochemu-on-tak-vazhen/> (дата обращения: 10.11.2024).

Научный руководитель: Глазкова Ирина Николаевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления предприятием, ГБОУ ВО Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти», Альметьевск, Россия.

Эконометрический подход к оценке факторов, формирующих инвестиционную привлекательность ПАО «Лукойл»

Elena V. Dmitrieva
Almetyevsk State Technological University
"Petroleum High School", Almetyevsk, Russia

Econometric approach to assessing the factors shaping the investment attractiveness of PJSC "Lukoil"

В работе предлагается комплексный подход к оценке инвестиционной привлекательности ПАО «Лукойл» на основе финансовых показателей, характеризующих деятельность компании. С использованием эконометрического моделирования выявлены ключевые факторы, существенно влияющие на рыночную оценку акций «Лукойл». Анализ взаимосвязей между финансовыми индикаторами и рыночной стоимостью компании позволяет сделать выводы, полезные для инвесторов и менеджмента в разработке стратегий повышения инвестиционной привлекательности.

Актуальность исследования обусловлена значимостью финансового рынка как основного канала привлечения средств для финансирования инвестиций в реальный сектор экономики в современных условиях. Повышение инвестиционной привлекательности становится ключевой задачей для организаций, стремящихся эффективно конкурировать и развиваться. Применение эконометрических методов позволяет глубже понять взаимосвязи между экономическими показателями, таким как объемы инвестиций и доходность, что, в свою очередь, способствует более точному прогнозированию динамики инвестиционных процессов. Это особенно важно для инвесторов и аналитиков, которым необходимо оценить финансовое состояние компаний на основе разнообразных показателей. Понимание значимости различных абсолютных и относительных показателей в зависимости от конкретной ситуации помогает выработать оптимальные стратегии инвестирования, тем самым способствуя более эффективному распределению капитала и развитию экономики в целом.

Особое внимание заслуживает анализ взаимосвязей между абсолютными показателями, отражающими объемы и финансовые результаты работы компании. Для этого были вычислены коэффициенты ключевых абсолютных индикаторов, представленные в виде матрицы корреляции в таблице 1. Эта матрица позволяет оценить степень и направление линейной зависимости между факторами, влияющими на инвестиционную привлекательность ПАО «Лукойл».

Таблица 1

Матрица коэффициентов парной корреляции абсолютных показателей ПАО «Лукойл»

	Цена	A1-П1	A2-П2	A3-П3	A4-П4	EBITDA	Дивиденды по АО	Чистая прибыль на 1 акцию	Капитализация компании, млн. руб	Чистый долг
Цена	1									
A1-П1	0,879	1								
A2-П2	-0,35	-0,049	1							
A3-П3	-0,25	-0,173	-0,38	1						
A4-П4	-0,46	-0,784	-0,31	-0,19	1					
EBITDA	0,246	0,207	-0,628	0,843	-0,32	1				

	Цена	A1-П1	A2-П2	A3-П3	A4-П4	EBITDA	Дивиденды по АО	Чистая прибыль на 1 акцию	Капитализация компании, млн. руб	Чистый долг
Дивиденды по АО	0,61	0,225	-0,273	-0,37	0,16	-0,001	1			
Чистая прибыль на 1 акцию	0,631	0,874	-0,121	0,251	-0,87	0,46	-0,162	1		
Капитализация компании	0,989	0,914	-0,379	-0,16	-0,52	0,328	0,499	0,721	1	
Чистый долг	0,281	0,208	-0,056	-0,77	0,28	-0,65	0,108	-0,034	0,2	1

Анализ парной корреляции показал сильную зависимость цен акций от факторов, таких как наиболее срочные обязательства (0,8799), дивиденды по акциям (0,6104), чистая прибыль на акцию (0,6307) и капитализация компании (0,9892). Обнаружена мультиколлинеарность между активами и чистой прибылью, что оправдало выбор активов для модели. Коэффициент детерминации (0,998) указывает на объяснение почти всей вариативности цен акций выбранными факторами, а коэффициент множественной корреляции (0,999) подтверждает их сильную связь. При увеличении срочных обязательств, дивидендов и капитализации на 1 % цены акций растут на 0,079 %, 0,157 % и 1,084 % соответственно.

Затем была составлена матрица коэффициентов парной корреляции между относительными индикаторами, позволяющая оценить уровень и направление линейной зависимости между ключевыми факторами инвестиционной привлекательности ПАО «Лукойл» (таблица 2).

Таблица 2

Матрица коэффициентов парной корреляции относительных показателей ПАО «Лукойл»

	Цена	Коэф. абсл. ликвидности	Коэф. быстрой ликвидности	Коэф. текущей ликвидности	P/E	КПА	P/B	ДО/EBITDA	Доходность
Цена	1								
Коэф. абсл. ликвидно	0,74	1							
Коэф.быстрой ликвидности	0,59	0,881	1						
Коэф.текущей ликвидно	0,273	0,584	0,866	1					
P/E	-0,103	-0,469	-0,468	-0,24	1				
КПА	0,593	0,778	0,709	0,342	-0,852	1			
P/B	0,834	0,654	0,341	-0,0097	-0,321	0,63	1		
ДО/EBITDA	0,228	-0,037	0,345	0,532	0,2609	-0,07	-0,24	1	
Доходность	0,131	-0,141	-0,264	-0,21	0,9078	-0,63	-0,11	0,1011	1

На основании анализа корреляционной таблицы можно сделать вывод, что наибольшее влияние на цену акций оказывают показатели P/B ($\approx 0,83$) и коэффициент абсолютной ликвидности ($\approx 0,75$), в то время как наименьшее влияние имеет доходность акции ($\approx 0,13$). В модель будут включены только первые два показателя. Коэффициент детерминации (0,769) указывает, что почти 80 % вариации цены акций объясняется выбранными факторами. Коэффициент множественной корреляции (0,877) подтверждает сильную связь между зависимой переменной и тремя объясняющими факторами. Коэффициент эластичности показывает, что при росте коэффициента ликвидности на 1 % цена акций увеличивается на 0,44 %, а при увеличении P/B на 1 % – на 1,46 %.

По совокупности полученных результатов, погрешность в динамике цены по абсолютным показателям минимальна (2,21 %), в то время как по относительным 11,88 % (рисунок 1). На основе этого можно сделать вывод, что абсолютные показатели в большей степени коррелируют с динамикой цены акции «Лукойл».

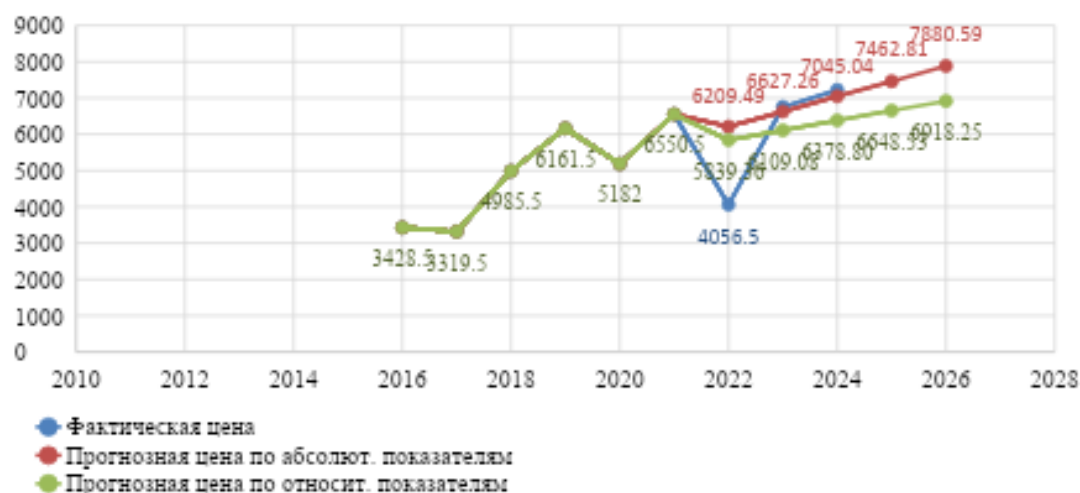


Рис. 1. Динамика прогноза и изменения цены акции ПАО «Лукойл» на основе абсолютных и относительных показателей, руб.

Таким образом, при принятии решений о покупке или продаже акций инвесторам следует учитывать не только чистую прибыль, но и рыночные факторы, такие как управление ликвидностью. Поддержание адекватного уровня активов для краткосрочных обязательств может существенно влиять на цену акций, поэтому не стоит чрезмерно полагаться на чистую прибыль как единственный фактор ценообразования.

Список литературы:

1. Бобков А. В., Паздникова Н. П. Анализ инвестиционной привлекательности [Электронный ресурс]: учебное пособие; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2021. – 3,58 Мб; 152 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/bobkovpazdnikova-analiz-investicionnoj-privlekatelnosti.pdf>.
2. Бурлин, Е. Б. Оценка инвестиционной привлекательности корпорации // Вестник евразийской науки 2023 Т1 № 1. URL: <https://esj.today/PDF/33FAVN123.pdf>.
3. Волкова Ю.В. Факторы стоимости и индикаторы эффективности в стоимостном управлении бизнесом. Human Progress– 2019. Том 5, Вып. 4. URL: http://progresshuman.com/images/2019/Tom5_4/Volkova.pdf.
4. Выгодчикова, И. Ю. Методы анализа рынка ценных бумаг: учебное пособие – И. Ю. Выгодчикова. – Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019. ISBN 978-5-4497-0058-2. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/83920.html>.
5. Ложкина Н. А., Соколова Н. Г.: Формирование метода оценки инвестиционной привлекательности предприятия на основе открытой информации. URL: https://journal.mrsu.ru/wp-content/uploads/2018/02/lozhkina_skolova-1.pdf.

Научный руководитель: Заринова Дания Анасовна, д.э.н., профессор, Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти», Альметьевск, Россия.

Технико-экономические проблемы развития отрасли редкоземельных металлов

Аннотация. Редкоземельные металлы (РЗМ) находят применение во многих высокотехнологичных отраслях промышленности. Россия, обладая значительным ресурсным потенциалом, занимает долю мирового производства РЗМ, равную 1 %, а более 90 % потребляемых металлов на внутреннем рынке импортируется. Цель исследования – анализ проблем и возможностей развития отрасли РЗМ в России. Ключевые методы включают контент-анализ, общенаучные методы анализа, синтеза, декомпозиции. Результаты исследования: (1) анализ проблем отечественной отрасли РЗМ организационно-экономического и технологического характера; (2) обзор прогнозов развития отрасли; (3) анализ минерально-сырьевой базы РЗМ в России; (4) предложение направлений развития отрасли, обоснованных с учетом ресурсного потенциала месторождений.

Ключевые слова: редкоземельные металлы (РЗМ), проблемы развития, рынок РЗМ, внутренний спрос, прогнозы потребления, экспорт, минерально-сырьевая база, месторождения РЗМ.

Dorozhkina Irina P.
Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, irinadorozhkina.99@gmail.com

Technical and economic problems of the development of the rare earth metals industry

Abstract. Rare earth metals (REM) are used in many high-tech industries. Russia, with significant resource potential, occupies a share of the world's REM production equal to 1 %, and more than 90 % of the metals consumed in the domestic market are imported. The purpose of the study is to analyze the problems and opportunities for the development of the REM industry in Russia. Key methods include content analysis, general scientific methods of analysis, synthesis, and decomposition. Research results: (1) analysis of the problems of the domestic REM industry of an organizational, economic and technological nature; (2) Overview of industry development forecasts; (3) analysis of the mineral resource base of REM in Russia; (4) the proposal of directions for the development of the industry, justified taking into account the resource potential of the deposits.

Keywords: rare earth metals (REM), development problems, REM market, domestic demand, consumption forecasts, export, mineral resource base, REM deposits.

Развитие отрасли РЗМ становится все более важной темой, так как она играет ключевую роль в современной экономике. Редкоземельные металлы находят применение в высокотехнологичных секторах, таких как радиоэлектроника, авиация, ракетостроение, зеленая энергетика, а также в оборонной, атомной промышленности, приборостроении [1]. По разным данным, около 60 % редкоземельных металлов используется в высокотехнологичных секторах, и спрос на них в мире растет примерно на 5–7 % в год [2].

Россия является одним из мировых лидеров по запасам РЗМ, занимая третье место после Китая, США [3]. Несмотря на высокий потенциал минерально-сырьевой базы, отечественное производство РЗМ находится на чрезвычайно низком уровне, а более 90 % потребляемых металлов импортируется из Китая, который, в свою очередь, фактически является монополистом на мировом рынке, доминируя как в производстве, так и экспорте и импорте РЗМ.

Цель данного исследования заключается в анализе проблем и возможностей развития отечественного редкоземельного производства. Основные методы исследования включают контент-анализ, общенаучные методы анализа, синтеза, декомпозиции.

Выявленные проблемы развития отрасли РЗМ в России можно разделить на 2 группы: технологического и организационно-экономического характера. На рисунке 1 представлено обобщение проблем.

Проблемы технологического характера	Проблемы организационно-экономического характера
• Отсутствие технологий разделения оксидов РЗМ и получения металлов и сплавов • Сложность процессов переработки комплексного сырья • Негативное влияния процессов добычи и переработки РЗМ на окружающую среду • Невысокое качество отечественного сырья • Логистическая недоступность месторождений • Крупнейшие месторождения РЗМ находятся на территории АЗРФ	• Доминирование Китая на мировом рынке РЗМ • Высокая зависимость от импорта • Незначительная емкость национального рынка (низкий спрос на РЗМ) • Недостаточный уровень механизмов поддержки отрасли • Отсутствия институциональной основы развития отрасли • Капиталоемкость проектов • Геополитическая напряженность • Необходимость соответствия отрасли национальным целям и Целям устойчивого развития

Рис. 1. Проблемы развития отрасли РЗМ в России.
Источник: составлено автором на основе [4]

Тогда как создание полной технологической цепи получения РЗМ-продукции и решение других технологических проблем видится решаемой задачей, среди выявленных организационно-экономических проблем развития отрасли можно выделить три основные: (1) низкая емкость национального рынка и, как следствие, низкий уровень спроса; (2) монополизация мирового рынка; (3) отсутствие институциональной основы развития отрасли.

Согласно исследованию автора [5], в среднесрочной перспективе ожидается незначительный рост потребления РЗМ на внутреннем рынке, емкость которого составляет около 1,1–1,2 тыс. т РЗМ ежегодно и который представлен такими отраслями, как нефтехимия и нефтепереработка, металлургия, оптика, атомная промышленность и прочие. Более значительный рост спроса, в свою очередь, ожидается в новых высокотехнологичных отраслях промышленности, согласно ряду документов стратегического характера, принятых в последнее десятилетие. Так, потребление РЗМ может вырасти благодаря развитию рынка электромобильного транспорта, ветроэнергетики. Совокупный спрос, согласно [5], учитывающий прогнозы потребления РЗМ как в традиционных, так и формирующихся отраслях, к 2030 г. может вырасти более чем в 2 раза по сравнению с текущим уровнем. Это требует наращивания производственных возможностей по добыче и производству РЗМ.

Минерально-сырьевая база РЗМ в России представлена такими месторождениями, как Ловозерское (в разработке), месторождениями Хибинской группы (ведется добыча других компонентов), Томторское (подготавливается к освоению), Зашихинское (подготавливается к освоению), а также Ярегское (подготавливается к освоению), Чуктуконское, Селигдарское, Белозиминское (в нераспределенном фонде недр). Суммарно запасы всех месторождений РЗМ в России можно оценить в более чем 30 млн т по категориям запасов А, В, С1 и С2 [6]. Крупнейшие запасы (более 50 %) сосредоточены в месторождениях Мурманской области. Среднее содержание полезных компонентов в руде здесь варьирует в пределах 0,2–1 % [6] и в основном представлено элементами легкой группы, такими как лантан, церий, празеодим и др. Необходимость в данных элементах будет расти по мере роста внутреннего рынка РЗМ.

Томторское и Зашихинское месторождения, планирующие к вводу в эксплуатацию в 2025–2026 гг., являются уникальными с точки зрения содержания тяжелых РЗМ, в том числе иттрия, диспрозия, гадолиния, тербия. Содержание полезных компонентов в рудах Томторского месторождения является самым высоким – 8–12 % [6].

На рисунке 2 представлено распределение легких и тяжелых РЗМ по ключевым месторождениям.

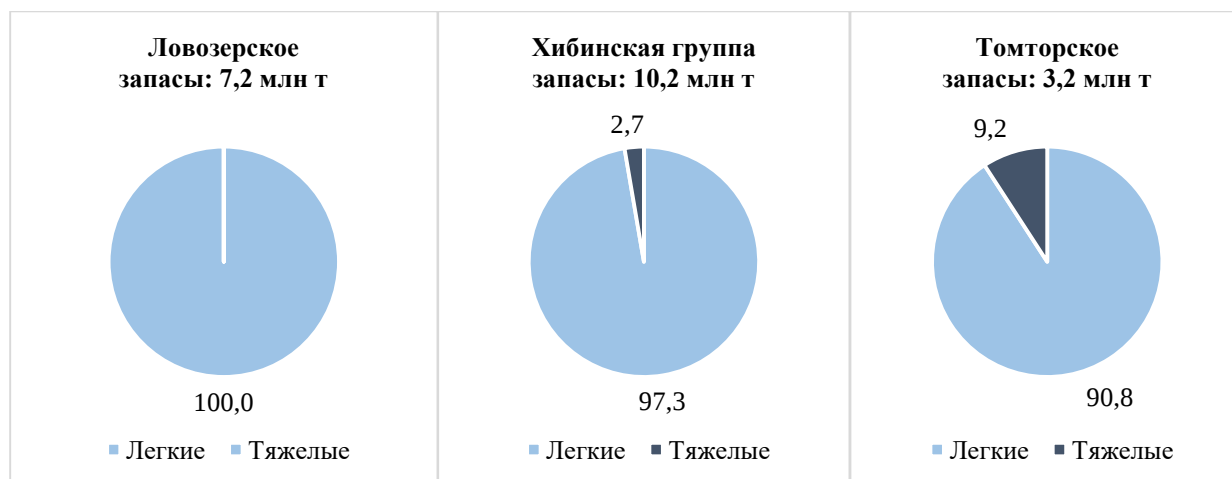


Рис. 2. Структура запасов РЗМ легкой и тяжелой группы ключевых месторождений, %.
Источник: составлено автором

Таким образом, наибольшее содержание тяжелых РЗМ характерно для Томторского месторождения, суммарные запасы которых можно оценить в, порядка, 270 тыс. т [7]. Тяжелые элементы являются дефицитными на мировом рынке, в отличие от металлов легкой группы, находящихся в переизбытке. Как следствие, ввод Томторского месторождения в эксплуатацию может обеспечить России наращение экспорта тяжелых РЗМ. Вместе с тем, как в случае с развитием внутреннего рынка, так и при выходе на мировой, запасы отечественных месторождений позволят полностью покрыть растущие потребности. Нерешенным вопросом остается разработка и совершенствование технологий добычи, производства РЗМ и получения высокотехнологичной продукции, а также реализация инструментов государственного регулирования и мер поддержки таким проектам.

Список литературы

1. Юшина Т. И. Обзор рынка РЗМ и технологий переработки редкоземельного сырья // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 1. С. 577–608.
2. Брянцева О. С. Состояние и возможности развития российской редкоземельной промышленности в условиях четвертой промышленной революции // Russian Economic Bulletin. 2022. Т. 5. № 6. С. 264–271.
3. U. S. Geological Survey. Mineral Commodity Summaries. 2022. URL: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022-rare-earths.pdf> (дата обращения: 18.09.2024).
4. Череповицын А. Е., Дорожкина И. П., Гусева Т. В., Бурвикова Ю. Н. Проблемы и институциональные основы развития отрасли редкоземельных металлов в России // Цветные металлы. 2024. №8 (980). С. 58–69. DOI: 10.17580/tsm.2024.08.09.
5. Череповицын А. Е., Дорожкина И. П., Соловьева В. М. Прогнозы потребления редкоземельных металлов в России: базовые и формирующиеся отрасли промышленности // Проблемы прогнозирования. 2024. № 5(206). С. 115–127. DOI 10.47711/0868-6351-206-115-127.
6. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2020 году». Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра). 2021. 572 с. URL: https://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/74a/GD_msb-2020.pdf (дата обращения: 01.10.2024)
7. Kalashnikov A.O., Konopleva N.G., Danilin K.P. Rare Earths of the Murmansk Region, NW Russia: Minerals, Extraction Technologies and Value // Appl. Earth Sci. 2023. Vol. 132. P. 52–61. DOI: 10.1080/25726838.2022.2153000.

Научный руководитель: *Череповицын Алексей Евгеньевич*, д.э.н., профессор, заведующий кафедрой организации и управления, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Анализ управленческой эффективности проектов по созданию импортозамещающих продукции

Аннотация. С учетом современной экономической обстановки, связанной с усилением международных санкций, разрывом традиционных цепочек поставок и необходимостью укрепления экономической независимости, встает вопрос о стимулировании производств, способных заместить импорт. Цель статьи – проанализировать управленческую эффективность проектов, направленных на создание продукции, способной заменить импортные аналоги. В рамках исследования предлагается рассмотреть ключевые методы анализа, включая расчеты затратной и доходной составляющих, прогнозы экономической отдачи для отдельных регионов и страны в целом, а также учет рисков и перспектив, включая риски, связанные с управлениями проектами, специфичных для таких инициатив. В методах анализа рассматриваются подходы к управлению проектами, оценка компетенций проектных команд, управление временными и материальными ресурсами. Особое внимание будет уделено выбору критериев управленческой оценки в условиях нестабильной экономической ситуации и внешнеполитических изменений.

Ключевые слова: экономическая эффективность, методы оценки, механизмы замены, импортозамещение.

Polina A. Kurenkova
*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia, kurenkova701@gmail.com*

Analysis of the managerial effectiveness of projects to create import-substituting products

Abstract. Considering the current economic situation associated with the strengthening of international sanctions, the rupture of traditional supply chains and the need to strengthen economic independence, the question arises of stimulating industries capable of replacing imports. The purpose of the article is to analyze the managerial effectiveness of projects aimed at creating products capable of replacing imported analogues. The study proposes to consider key analysis methods, including calculations of cost and revenue components, forecasts of economic returns for individual regions and the country, as well as taking into account risks and prospects, including risks associated with project management specific to such initiatives. The analysis methods consider approaches to project management, assessment of the competence of project teams, management of time and material resources. Special attention will be paid to the selection of criteria for management evaluation in an unstable economic situation and outside.

Keywords: economic efficiency, assessment methods, replacement mechanisms, import substitution.

Импортозамещение занимает одно из центральных мест в государственной политике многих стран, особенно в условиях ограничения доступа к зарубежным технологиям и ресурсам. Актуальность исследования обусловлена несколькими важными аспектами:

- Нестабильность глобальной экономики: Современные санкционные меры и геополитические вызовы нарушают привычные логистические и торговые связи, подталкивая экономику к развитию внутренних производств.
- Обеспечение устойчивого развития: Снижение зависимости от зарубежных поставщиков способствует стабильности национальной экономики и минимизации внешних рисков.
- Технологическое развитие: Создание конкурентоспособной продукции внутреннего производства требует внедрения инноваций и способствует развитию новых технологий.

- Дефицит инструментов оценки: Существующие методы оценки эффективности не всегда адаптированы для специфики импортозамещающих инициатив, что создает необходимость в разработке новых аналитических подходов.

Российская государственная политика представляет конкретизированные изменения в области импортозамещения в различных регионах страны.

6.4	Д21НГМ6.4	Дизельный двигатель внутреннего сгорания мощностью от 1000 л.с. до 3000 л.с. (для флота ГРП)	из 28.11.13	Департамент автомобильной промышленности и железнодорожного машиностроения
-----	-----------	--	-------------	--

Рис. 1. Пример из плана мероприятий Минпромторга по импортозамещению в отрасли добычи

35	Д21НГМ35	Станки для обработки металлов лазером и станки аналогичного типа; обрабатывающие центры и станки аналогичного типа	из 28.41.1	Департамент станкостроения и тяжелого машиностроения
----	----------	--	------------	--

Рис. 2. Пример из плана мероприятий Минпромторга по импортозамещению в отрасли производства продукции нефтегазового машиностроения

Внедрение данной политики сталкивается с большим количеством проблем и влияет на экономику страны из-за того, что подходы в формировании ее достаточно обширны и разнообразны в разных регионах. На данный момент считается, что процесс импортозамещения в России развивается успешно. Введение санкционных ограничений поспособствовали увеличению отечественного производства. Однако, стоит отметить, что несмотря на большие потери в связи с наложенными санкциями, угроза наступления положительно воздействовало на экономику страны. В то время как уже введенные санкции уменьшают торговый поток, угрожаемые-приводят к увеличению.

Рассматривая, наиболее существенные отрасли для российской экономики, был выявлен ряд проблем, присущих им.

Таблица 1

Проблемы, выявленные при реализации проектов импортозамещения.

Отсутствие полной независимости от импортных комплектующих, в связи с отсутствием российских аналогов
Увеличение затрат на поставку ключевых элементов, а также на их производство
Снижение развития технологий, необходимых для производства конкурентноспособного отечественного аналога
Из-за скорости создания и нехватки импортных материалов, качество товара снижается
Рост цены на товар, из-за увеличения затрат на логистику и комплектующие элементы

Исходя из данных проблем, были выявлены мной наиболее актуальные риски:

Таблица 2

Риски, основанные на наиболее видимых препятствиях при реализации проектов импортозамещения.

Риск ухудшения производственных показателей, в случае продолжительного влияния санкций
Риск частичной независимости от импорта в стратегии импортозамещения
Временной риск (отсутствие возможности произвести конкурентоспособный продукт уже сегодня)
Риск удорожание стоимости товара
Риск ухудшения качества товара

Рассмотрев проблемы, факторы и риски импортозамещения в целом, можно привести примеры из нефтегазовой отрасли, а также выделить в них определяющие риски, которые имели большое значение при реализации и решаются на уровне компаний.

Первый проект, который хочется привести в пример – это «GEOmate», собственная разработка компании ПАО «Газпром Нефть», аналог программного обеспечения (ПО) «Petrel». Российское ПО стало первой в нефтегазовой отрасли системой для понимания данных сейсморазведки и геологического моделирования с веб-интерфейсом, облачными вычислениями и использованием ИИ. Также, систему можно компоновать с учетными базами геолого-геофизических данных, что существенно повышает эффективность и безопасность процессов.

При разработке системы ПАО «Газпром» столкнулась с проблемами в области менеджмента, такие как:

1. Отсутствие аналогов и готовых решений по основным компонентам ПО
2. Невозможность определить точность в подсчетных критериях: недостаток фактической информации геологического строения изучаемого объекта.

Помимо того, разработчикам системы пришлось столкнуться с рисками, связанными с вводом новых санкций или реализацией существующих в области информационных технологий, которые могли снизить надежность функционирования автоматизированных систем.

И второй проект, который хочется привести в пример – это платформа ZIOT Oil&Gas, разработана компанией «Цифровая индустриальная платформа» (совместным предприятием ГК «Цифра» и «Газпром нефть»). Данная платформа является «виртуальным помощником» для мониторинга информации со всех датчиков на производственной площадке, предоставляя специалистам и диспетчерам данные в режиме реального времени. Программа, анализируя показатели на предприятии, выявляет, какие установки менее эффективны и как повысить производительность путем оптимизации, в том числе за счет снижения затрат и других способы.

При разработке платформа ZIOT Oil&Gas столкнулась с проблемами в области менеджмента, такие как:

1. Неквалифицированные специалисты, из-за чего компаниям пришлось обеспечить сотрудников срочным обучением на местах.
2. Снижение надежности функционирования автоматизированных систем в области информационных технологий и информационной безопасности.

Тем не менее, благодаря совместной работе двух компаний удалось провести точную настройку и прикладной характер инструментов платформы для непрерывной работы производства.

Однако, существуют свои проблемы в области менеджмента. Но благодаря тому, что данные проблемы поддаются анализу с точки зрения экономики, можно предложить решение в виде алгоритма.

Несколько компаний формируют запрос о производстве каких-то запчастей основанных на критериях Минпромторга. Далее данные компании разрабатывают техническое задание с указанием, характеристик, сроков и необходимых показателей для запчастей. Следующим шагом происходит поиск подрядчиков, обладающих необходимыми мощностями, среди производственных предприятий и сервисных компаний. Компания-производитель создает заказ пытаясь полностью удовлетворить все параметры заказчика и передает готовый товар для дальнейшей оценки и анализа выполненного заказа.

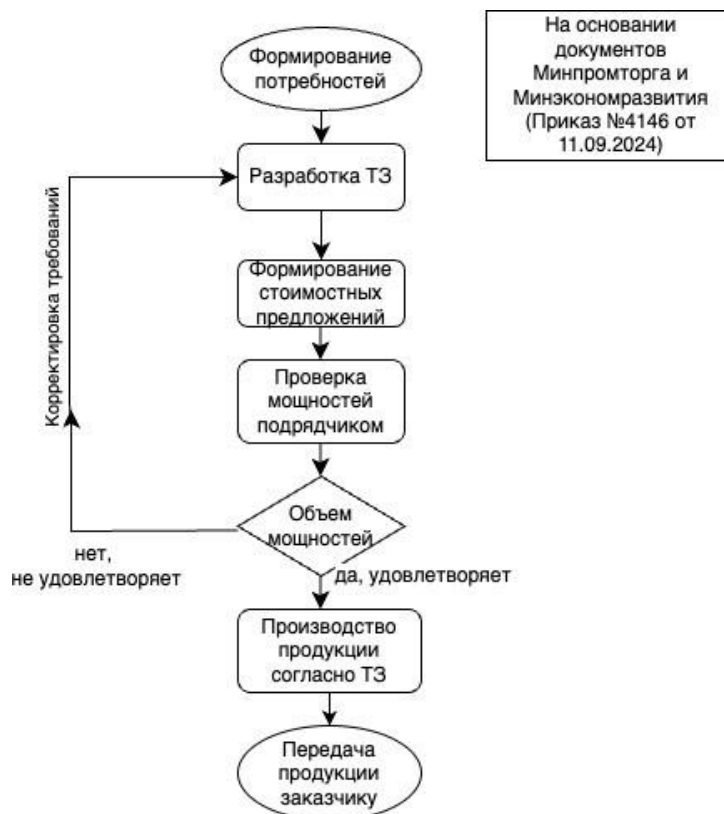


Рис. 3. Решение проблемы в виде алгоритма

По итогу проведенного алгоритма можно выделить выгоды, которые получают все участники сделки, а именно: для тех, кто оформил заказ, выгода заключается в получении уникального отечественного решения, тем самым уменьшая зависимость от иностранных поставщиков, а для подрядчиков получение опыта в разработке импортозамещённой продукции для дальнейшей реализации и прибыль от нее.

Список литературы

1. Аксенов И. А., Мамедов С. Н., Погодина И. В. Реализация проектов в сфере импортозамещения [Электронный ресурс] // Статья. URL: https://tp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2020/07/384_13.pdf (дата обращения: 26.11.2024).
2. План мероприятий по импортозамещению в отрасли нефтегазового машиностроения [Электронный ресурс] // Интернет-ресурс. URL: <https://bod.firprf.ru/public/documents/plan-po-importozameshheniyu-v-neftegazovom-mashinostroenii> (дата обращения: 26.11.2024).
3. Импортозамещение в нефтяной отрасли: обзор отечественных ИТ-продуктов [Электронный ресурс] // Интернет-ресурс. URL: <https://op-ex.ru/article/importozameshhenie-po-v-neftyanoj-otrasli-obzor-otechestvennyh-it-produktov/> (дата обращения: 26.11.2024).
4. «Газпром нефть» и компания «Цифра» создали российскую цифровую платформу для управления производством [Электронный ресурс] // Интернет-ресурс. URL: <https://www.zyfra.com/ru/news/media/rossiiskaya-tsifrovaya-platforma-dlia-upravleniia-proizvodstvom/> (дата обращения: 26.11.2024).
5. Новые технологии в газовой промышленности [Электронный ресурс] // Интернет-ресурс. URL: <https://asgard-service.com/news/novye-tehnologii-v-gazovoj-promyshlennosti/> (дата обращения: 26.11.2024).
6. GEOmate – технологии нового поколения для нефтяной отрасли [Электронный ресурс] // Интернет-ресурс. URL: <https://globalcio.ru/projects/27884/> (дата обращения: 26.11.2024).
7. Круглей И. Импортозамещение в нефтегазовой отрасли РФ: чего достигли и где проблемы? [Электронный ресурс] // Интернет-ресурс. URL: <https://oilcapital.ru/news/2024-06-11/importozameschenie-v-neftegaze-rf-chego-dostigli-a-gde-problemy-5107644> (дата обращения: 26.11.2024).

Научный руководитель: Мелёхин Вячеслав Дмитриевич, старший преподаватель, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия.

Нгуен Минь Фыонг
*аспирант, кафедра организации и управления,
Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург, Россия, s233149@stud.spmi.ru*

Анализ государственной политики в сфере солнечной энергетики в странах Восточной Азии и во Вьетнаме

Аннотация. Быстрый и непрерывный экономический рост во Вьетнаме каждый год наряду с увеличением энергопотребления требует увеличения производства энергии, в том числе использования возобновляемых источников энергии. Исследования показывают, что солнечная энергетика во Вьетнаме имеет хорошие перспективы, но нуждается в мотивации для быстрого и эффективного развития. В этом исследовании рассматривается политика солнечной энергетики стран Восточной Азии, таких как Китай, Япония, Южная Корея и Вьетнам. Методы статистического анализа, сравнительного анализа, а также качественных, количественных данных и анализа временных рядов применяются для получения результатов сравнительного исследования государственной политики в области производства возобновляемой энергии, особенно производства солнечной энергии в странах Восточной Азии и Вьетнаме.

Ключевые слова: мировая энергетическая стратегия, энергия солнца, альтернативные источники энергии, сравнительный обзор, сбалансированное развитие, задачи устойчивого развития, энергия солнца в странах Восточной Азии.

Nguyen Minh Phuong
*Postgraduate student, Department of Organization and Management,
Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, s233149@stud.spmi.ru*

Analysis of public policies in solar energy in East Asian countries and Vietnam

Abstract. The ongoing swift economic growth in Vietnam each year, coupled with rising energy consumption, necessitates an expansion in energy production, particularly from renewable sources. Research shows that solar energy in Vietnam has good prospects, but needs motivation for rapid and effective development. This study examines the solar energy policies of East Asian countries such as China, Japan, South Korea and Vietnam. The methods of statistical analysis, comparative analysis, as well as qualitative, quantitative data and time series analysis are applied to obtain the results of a comparative study of public policies in the field of renewable energy production, especially solar energy production in East Asian countries and Vietnam.

Keywords: global energy policy, solar energy, renewable energy, benchmarking, sustainable development, sustainability goals, Solar Energy in East Asian Countries.

Введение. Задача обеспечения надежных поставок энергии и выполнения обязательств по улучшению климата и окружающей среды заставляет многие страны мира диверсифицировать источники энергии для производства электроэнергии, в том числе включая возобновляемые источники энергии. Солнечная энергия стала приоритетным выбором, источники поставок становятся все более разнообразными, и все больше стран сосредотачивают внимание на развитии этой энергетики [1, 2].

В странах Восточной Азии уровень развития электроэнергетики из возобновляемых источников, особенно солнечной, различен. Это связано с различиями в применении механизмов государственной поддержки и стимулов.

Методы. Статистическое исследование, сопоставительное исследование, изучение качественных и количественных данных, исследование временных последовательностей.

Результаты. В настоящее время Китай считается страной с крупнейшими в мире мощностями по производству солнечной энергии – до 1330 ГВт в год. К концу

2023 года Китаю принадлежало 6/10 крупнейших в мире компаний и корпораций по производству солнечных панелей и солнечной электроэнергии. Успешное развитие этих проектов в области солнечной энергетики отчасти связано с тем, что Китай является крупнейшим в мире производителем солнечных панелей, и эта страна инвестирует и разрабатывает множество стратегий развития технологий и инициатив, благоприятствующих возобновляемым источникам энергии. Уровень производства солнечных элементов в стране в настоящее время превысил целевой показатель правительства по солнечным установкам.

Вложив средства в то, чтобы стать движущей силой в содействии развитию науки и техники в мире, правительство Японии вскоре также подчеркнуло важность источников чистой энергии для социально-экономического развития, культуры и окружающей среды страны. Согласно плану правительства Японии, продолжать поддерживать цель сбалансированного использования разнообразных источников энергии. В частности, к 2030 году в структуре энергоресурсов возобновляемая энергетика будет занимать 22–24 %, ископаемое топливо – 56 % и атомная энергетика – 20–22 %. Примечательно, что в последние годы Япония занимается разработкой ведущих в мире плавучих солнечных электростанций.

Правительство Кореи сосредоточило внимание на производителях и потребителях солнечной энергии и предоставило им множество стимулов. В 2017 году сформирован конкурентный аукционный механизм с предприятиями по производству солнечной энергетики. Распределители смогут покупать электроэнергию напрямую у производителей через аукционы, при этом соглашения будут действовать сроком до 20 лет. Это помогло производителям солнечной энергии получить более стабильный источник прибыли, чем без поддержки, что создало мотивацию для расширения масштабов производства. Поддержка до 50 % стоимости установки систем солнечных батарей для домохозяйств и школ, использующих солнечную энергию для потребительского производства.

Правительство Вьетнама уделяет внимание развитию разнообразной и сбалансированной возобновляемой энергетики, включая политику развития солнечной энергетики с целью дополнения энергоснабжения национальной энергосистемы. Правительство этой страны издало документы с целью развития источников солнечной энергии, как правило: стратегия развития возобновляемой энергетики Вьетнама до 2030 года, видение до 2050 года. Эта стратегия поощряет развитие и использование новой энергии в дополнение к применению механизмов FIT с самым высоким уровнем поддержки в мире.

Последние исследования прогнозов [1, 2] показывают, что в будущем солнечная энергетика постепенно вытеснит другие способы производства электроэнергии, основанные на сжигании ископаемого топлива, загрязняющего экологическую среду, а также снизит воздействие гидроэнергетики на изменение водных экосистем и территорий вблизи ГЭС. плотины. Поскольку солнечная энергия приносит множество преимуществ, многие страны мира уделяют ей все больше внимания и поддерживают развитие этого источника энергии с помощью множества различных политических инструментов. В последние годы резко возрос интерес стран к солнечной энергетике и ВИЭ.

Сильная поддержка ряда правительств исследовательских стран посредством скоординированной политики продвижения и поддержки создала благоприятные условия для развития солнечной энергетики, особенно для компаний, производящих солнечную энергию. Этот источник энергии помогает сбалансировать баланс различных национальных источников энергии и улучшить ситуацию условия жизни населения региона.

В следующем содержании применялись методы исследования для статистического анализа и сравнения во времени:

1. Анализ объемов производства и потребления электроэнергии: Производство электрической энергии из различных источников в странах Восточной Азии и Вьетнаме в 2023 году. Информация включает: ВВП, численность населения, ВВП на душу населения и отношение ВВП на душу населения к цене 1 МВт электроэнергии, потребление электроэнергии, производство электроэнергии из возобновляемых источников, долю ВИЭ % и долю солнечных электростанций (СЭС) % в Китае, Японии, Корее и Вьетнаме [3].

Вьетнам и Япония являются странами с самым низким соотношением доходов к ценам на электроэнергию, что указывает на высокую стоимость электроэнергии для населения относительно их доходов.

2. Анализ структуры производства электроэнергии и тарифов: Цены на электроэнергию в странах Восточной Азии и Вьетнаме в 2023 году; производство солнечной энергии в этих странах, выраженное в миллиардах кВт-часов.

Мировая практика предлагает различные механизмы и инструменты государственной поддержки, среди которых ключевыми являются: зеленый тариф, субсидии и налоговые льготы.

3. Анализ основных инструментов государственной поддержки ВИЭ и СЭС:

Наиболее эффективным инструментом является FIT (Feed-in Tariffs). Премия за подачу электроэнергии FIP (Feed in premium) – Это дополнительная субсидия к рыночной цене, которую получает производитель электроэнергии.

Стандарт портфеля возобновляемых источников энергии (RPS) представляет собой набор законов, которые требуют увеличения производства энергии из возобновляемых источников. В качестве альтернативы FIT Корея применила RPS, требуя от энергетических компаний производить определенный процент энергии из возобновляемых источников.

Помимо политики FIT и RPS, страны также предлагают множество финансовых стимулов (например, субсидии из фондов охраны окружающей среды) и другие льготы, направленные на поддержку развития солнечной энергетики.

Обсуждение. В результате моего исследования, рекомендации по постепенному развитию технологий использования, производства и эксплуатации возобновляемых источников энергии следующие:

1. Сконцентрироваться на развитии внутреннего производства, ориентируясь на передачу технологий и производство по иностранным лицензиям, чтобы соответствовать международным стандартам.

2. Овладеть технологиями и обеспечить возможность проведения исследований и производства продукции внутри страны.

3. Проводить углубленные исследования, постоянно совершенствовать технологии и перейти к экспорту технологий.

Заключение. Текущие и будущие финансовые механизмы и политика во Вьетнаме должны быть сосредоточены на следующих областях для развития сбалансированного энергетического разнообразия:

1. Приоритизировать финансирование из государственного бюджета ряда исследовательских программ, связанных с эксплуатацией технологий, производством и применением возобновляемых источников энергии при реализации новых проектов.

2. Установление верхних и нижних границ ассигнований из Фонда науки и технологий для предприятий, что создаст механизм, позволяющий предприятиям активно инвестировать в научно-технические исследования и разработки технологий в области возобновляемой энергетики.

3. Расширение освобождения от корпоративного налога для всех типов контрактов, связанных с наукой и технологиями, передачей технологий и оказанием научно-технических услуг. В настоящее время налоговые льготы применяются только к контрактам на научные исследования, технические разработки и развитие технологий.

4. Повышение доступности кредитных ресурсов для исследований, применения и передачи технологий в области эксплуатации и производства возобновляемой энергии через Фонд развития науки и технологий и Национальный фонд инноваций в области науки и технологий.

Следующим направлением исследований является изучение влияния государственной политики на сектор солнечной энергетики в различных странах мира, что позволит разработать стратегии устойчивого развития в области возобновляемой энергетики, адаптированные для каждой страны.

Список литературы

1. Nguyen M. P., Ponomarenko T. V., Nguyen N. Energy Transition in Vietnam: A Strategic Analysis and Forecast, Sustainability, 2024, 16, 1969. <https://doi.org/10.3390/su16051969>.
2. Nguyen H. N., Doan V. B., Luu L. Q., Bui V. H., Renewable Energy Policy in Vietnam, New Challenges and Solutions for Renewable Energy, 2021, 247-277 p. DOI:10.1007/978-3-030-54514-7_11.
3. World Energy Outlook 2023 [Электронный ресурс] – URL: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023?wpappninja_v=o5bj1zhuo.

Спиваков Константин Александрович*

Пономаренко Татьяна Владимировна

Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,

Санкт-Петербург, Россия

** kaspivakov@gmail.com*

Оценка перспектив развития алюминиевой отрасли в России

Аннотация. В работе проанализированы состояние и результаты алюминиевой отрасли в России и мире, а также основные показатели отрасли и ОК «Русал» за 10 лет. Собраны, проанализированы и обобщены прогнозы развития алюминиевой отрасли. Приведены наиболее значимые направления потребления алюминия и факторы, способствующие росту отрасли. Выявлены основные проблемы, осложняющие дальнейшее развитие отрасли в России.

Ключевые слова: Алюминиевая промышленность, ОК «Русал», экономические показатели, прогнозирование.

Konstantin A. Spivakov*

Tatiana V. Ponomarenko

Empress Catherine II Saint-Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia

** kaspivakov@gmail.com*

Assessment of the development prospects of the aluminum industry in Russia

Abstract. The paper analyzes the state and results of the aluminum industry in Russia and the world, as well as the main indicators of the industry and OK Rusal for 10 years. Forecasts for the development of the aluminum industry are collected, analyzed and summarized. The most significant areas of aluminum consumption and factors contributing to the growth of the industry are given. The main problems complicating the further development of the industry in Russia are identified.

Keywords: Aluminum industry, UC Rusal, economic indicators, forecasting.

В последнее десятилетие в мире наблюдается значительное увеличение производства и спроса на алюминий. Для определения перспектив развития отрасли в России и мире необходимо рассмотреть текущие показатели и тенденции, а также прогнозы органов государственного регулирования России и аналитические материалы.

Целью работы является оценка перспектив развития алюминиевой отрасли России в контексте современных изменений.

Для достижения данной цели необходимо выполнение следующих задач:

- сбор и обобщение основных статистических показателей по алюминиевой промышленности в России и мире с 2014 года по 2023 год;
- сравнительный анализ прогнозов спроса, предложения и цен на мировом алюминиевом рынке;
- выявление ключевых проблем, препятствующих развитию отрасли.

В работе используются следующие методы: контент-анализ литературы, систематизация, обобщение, статистический анализ, методы прогнозирования.

Основными источниками информации являются:

- годовые отчеты ОК «Русал» с 2015 по 2019 год [4-6] и с 2020 по 2023 год [7, 8];
- отчеты российских и зарубежных отраслевых институтов и ведомств о состоянии и показателях алюминиевой промышленности в России и мире;
- прогнозы федеральных ведомств, аналитических агентств и банков;
- стратегические документы в области развития цветной металлургии в России до 2030 года [1].

Анализ прогнозных материалов, собранных из 4 источников (прогноз Минэкономразвития, Стратегия развития металлургии в России до 2030 года, которая включает базовый и консервативный сценарии, оценка ОК «Русал» и агентства «Fitch»), показал, что прогнозы различаются интервалами прогнозирования и оценкой темпов изменения показателей:

- в прогнозе Минэкономразвития предполагается рост мировой цены за 1 тонну алюминия (мировым стандартом является цена и качество алюминия на лондонской бирже металлов) до 2933 долл. США (увеличение в 1,4 раза с 2010 года) при увеличении мирового предложения до 111,9 млн. тонн к 2030 году (в 2,7 раза с 2010 года), а спроса до 122,7 (в 3,3 раза с 2010 года);
- в Стратегии развития металлургии в России до 2030 года прогнозируется рост мирового спроса до 121 млн. тонн (в 3,3 раза с 2010 года), объемов производства в России до 4,9 и 4,5 млн. тонн (+27 % и +16,8 % с 202 года) в базовом и консервативном сценарии, соответственно [1];
- в прогнозах ОК «Русал» и аналитического агентства «Fitch» предполагается рост мировой цены на алюминий до 2571 и 2050 долл. США к 2027 году, соответственно.

Также в ходе работы были собраны основные показатели мировой алюминиевой отрасли и ОК «Русал», которые приведены на рис. 1 и 2, и в табл. 1 соответственно.

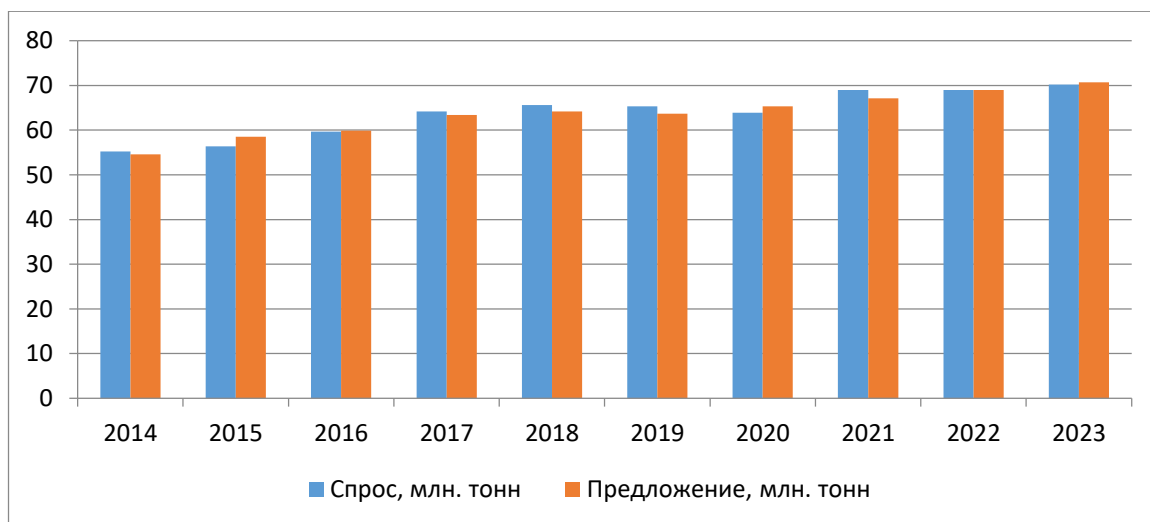


Рис. 1. График спроса и предложения алюминия в мире за 10 лет [составлено автором по данным [2]]

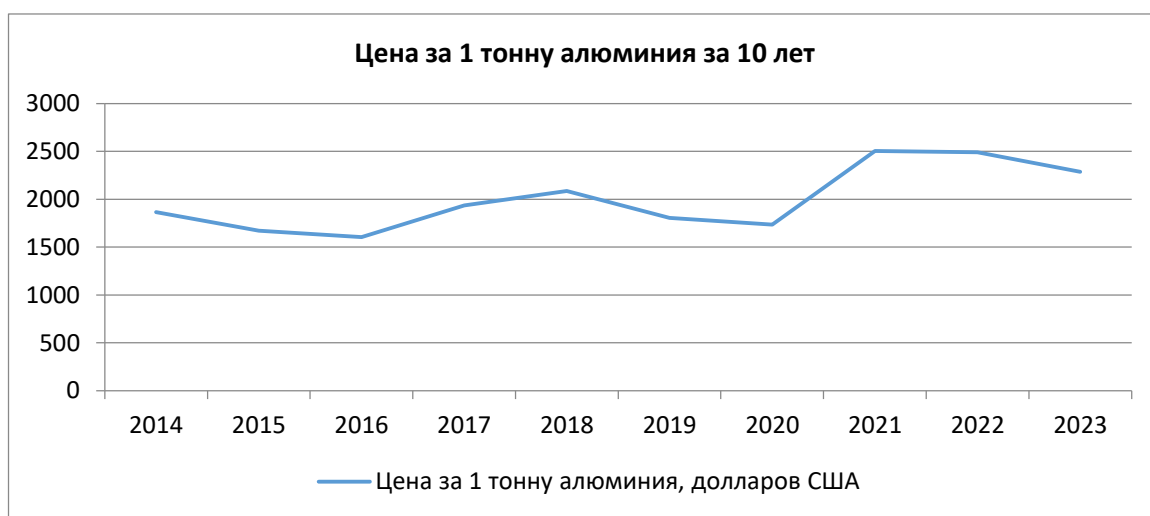


Рис. 2. Цена за 1 тонну алюминия за 10 лет [составлено автором по данным [3]]

**Основные показатели ОК «Русал» за 10 лет
[составлено автором по данным [4–6] и [7, 8]]**

Показатель	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Выручка, млн. долл. США	9 357	8 680	7 983	9 969	10 280	9 711	8 566	11 994	13 974	12 213
Прибыль, млн. долл. США	(91)	558	1 179	1 222	1 698	960	759	3 225	1 793	282
Объем производства алюминия, млн. тонн	3,6	3,65	3,69	3,71	3,76	3,76	3,76	3,76	3,84	3,85
Производство глинозема, млн. тонн	7,253	7,402	7,528	7,773	7,774	7,858	8,182	8,304	5,953	5,134
Производство бокситов, млн. тонн	12,108	12,112	12,187	11,645	13,847	16,047	14,838	15,031	12,319	13,376
Объем продаж продукции с добавленной стоимостью, млн. тонн	1,361	1,400	1,713	1,852	1,660	1,550	1,720	2,034	1,702	1,547

По показателям ОК «Русал» можно заметить, что выручка компании более стабильна, чем ее прибыль, и в долгосрочной перспективе увеличивается. Объем производства первичного алюминия стабилен и практически неизменен на протяжении 10 лет, однако с 2022 года в связи с выпадением Николаевского глиноземного завода наблюдается значительный спад объемов производства глинозема.

Выявлены основные проблемы отечественной алюминиевой отрасли:

- удаленность заводов от портов и высокие затраты на логистику;
- дефицит отечественного традиционного сырья бокситов [9, 10];
- полная загрузка существующих мощностей в контексте невозможности быстро нарастить производственные мощности [11];
- высокая долговая нагрузка ОК «Русал»;
- высокий уровень зависимости от внешних факторов [12];
- относительно небольшой внутренний спрос.

В различных прогнозах встречаются разные показатели, такие как спрос, предложение и цена на алюминий в мире в целом и в России в частности, что усложняло их обобщение. Однако, несмотря на различия прогнозов по цене на алюминий в будущем, в вопросах предполагаемого спроса и предложения мнение о его значительном росте едино. Наиболее качественным и достоверным является прогноз, представленный в Стратегии развития металлургии до 2030 года.

Анализ статистических данных за последние 10 лет, который показывает значительный рост объемов производства и увеличение спроса на мировом рынке, также является подтверждением мнения о перспективности данной отрасли в будущем.

Говоря о росте спроса на алюминий, стоит заметить, что он вызван не только традиционными сферами потребления алюминия, но и новыми направлениями. Традиционными и наиболее крупными потребителями являются транспортная и строительная отрасли, а также производство различной тары и упаковки. Однако сферы применения алюминия с каждым годом расширяются, и на данный момент идет активное увеличение использования алюминия в электротехнике.

Стоит отметить, что даже в традиционных сферах применения мы можем наблюдать значительный рост объемов спроса из-за развития данных отраслей [13, 14]. В качестве примера можно привести отечественное авиастроение, которое значительно увеличивает выпуск самолетов и, как следствие, потребление алюминия. Также в мировом масштабе значительно растет потребление алюминия в транспортной отрасли из-за увеличения использования электромобилей.

Список литературы

1. Акт правительства Российской Федерации «Распоряжение Правительства РФ от 28 декабря 2022 г. № 4260-р Об утверждении Стратегии развития металлургической промышленности РФ на период до 2030 г.» от 28.12.2022 № 4260-р // Официальный интернет-портал правовой информации.
2. Statistics Primary Aluminium Production [Электронный ресурс]. URL: <https://international-aluminium.org/statistics/primary-aluminium-production/> (дата обращения 24.02.2025).
3. График динамики цен на LME на алюминий [Электронный ресурс]. URL: <https://metallcheckiy-portal.ru/index-cen-lme> (дата обращения 24.02.2025).
4. Годовой отчет ОК "Русал" 2015 [Электронный ресурс]. URL: <https://rusal.ru/upload/iblock/757/7573e4972dc01eb10e2fcfa64b07e4cc.pdf> (дата обращения 24.02.2025).
5. Годовой отчет ОК "Русал" 2017 [Электронный ресурс]. URL: <https://rusal.ru/upload/iblock/b46/b46817bf70f5c3e50148a18c85f23547.pdf> (дата обращения 24.02.2025).
6. Годовой отчет ОК "Русал" 2019 [Электронный ресурс]. URL: <https://rusal.ru/upload/iblock/a80/a80d85131b9767b1a6eabbe0ab40bae8.pdf> (дата обращения 24.02.2025).
7. Годовой отчет ОК "Русал" 2021 [Электронный ресурс]. URL: <https://rusal.ru/upload/iblock/91c/91c9bfp677dtz6sv6x38r7to0zh37pv5cy.pdf> (дата обращения 24.02.2025).
8. Годовой отчет ОК "Русал" 2023 [Электронный ресурс]. URL: https://rusal.ru/upload/iblock/a24/3obdigf1a9w9rbkhoavc65h2d494wdnp/Rusal_Annual_Report_2023_RU.pdf (дата обращения 24.02.2025).
9. Сизяков В. М. (2005). Горный институт и проблемы развития алюминиевой промышленности России. Записки Горного института, 165, 163–169.
10. Хатьков В. Ю., Боярко Г. Ю. (2018). Административные методы управления импортозамещения дефицитных видов минерального сырья. Записки Горного института, 234, 683–692. DOI: 10.31897/PMI.2018.6.683.
11. Горланов Е. С., Леонтьев Л. И. (2024). Направления технологического развития алюминиевых электролизеров. Записки Горного института, 266, 246–259. EDN PYSEVM.
12. Ванькеева Б. К. (2021). Анализ влияния различных факторов на риски компании «Русал» Международный журнал гуманитарных и естественных наук, (10-1), 210–214. DOI: 10.24412/2500-1000-2021-10-1-210-214.
13. Осокин Е. П., Барахтина Н. Н., Павлова В. И., Алифриенко Е. А., Зыков С. А. (2022). Алюминиевые материалы в судостроении и эффективность их использования в промышленности. Технология легких сплавов, (3), 69–84. DOI: 10.24412/0321-4664-2022-3-69-84.
14. Сизяков В. М., Бажин В. Ю., Поляков П. В. (2022). Современные тенденции и стратегические задачи в области производства алюминия и его сплавов. Цветные металлы, (7), 111–118. EDN QRECGA.

Научный руководитель: Пономаренко Татьяна Владимировна, доктор экономических наук, профессор кафедры организации и управления, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Перспективы развития российского рынка слюды

Аннотация. Цель исследования заключается в анализе текущего состояния слюдяной отрасли, а также проблем и перспектив развития российского рынка слюды. Основные проблемы включают необходимость модернизации и более интенсивное развитие слюдяной промышленности, в рамках ведения дискуссии о необходимости или неактуальности восстановления отрасли и развития внутренних рынков слюдяной продукции. Актуальность исследования обусловлена растущим спросом на слюду в таких отраслях, как электроника, строительство и косметика. Результаты исследования выявили, что Россия обладает значительными запасами слюды, но для успешной конкуренции с мировыми лидерами, такими как Китай и Индия, требуются инвестиции в технологии, поддержка отечественных производителей и освоение новых экспортных рынков.

Ключевые слова: Слюдяная отрасль, экспорт слюды, российский рынок слюды, мусковит, флогопит.

Kristina A. Strelchenko¹

Aleksei E. Cherepovitsyn²

¹ PhD student, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, kstrelchenko19@gmail.com

² Doctor of Economics, Professor, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia

Prospects for the development of the Russian mica market

Abstract. The purpose of the study is to analyze the current state of the mica industry, as well as the problems and prospects for the development of the Russian mica market. The main problems include the need for modernization and more intensive development of the mica industry, as part of the discussion on the necessity or otherwise of the industry's recovery and the development of domestic markets for mica products. The relevance of the study is due to the growing demand for mica in industries such as electronics, construction and cosmetics. The results of the study revealed that Russia has significant reserves of mica, but to successfully compete with global leaders such as China and India, investment in technology, support for domestic producers and development of new export markets are required.

Keywords: Mica industry, mica export, Russian mica market, muscovite, phlogopite.

Добыча слюды в России имеет давние традиции, восходящие к XI веку, когда слюда впервые была добыта в Новгороде и впоследствии стала известна как «московское стекло». Наиболее важными историческими районами добычи были Керченско-Волостский регион и бассейн реки Витим в Сибири. С электрификацией страны после революции 1917 года слюдяная промышленность пережила значительный бум, в результате чего в 1960-х годах Советский Союз стал вторым по величине производителем слюды в мире после США. В 1990-х годах, однако, произошло снижение спроса, что привело к закрытию многих горнодобывающих и перерабатывающих предприятий [1]. Например, причинами кризиса слюдяной отрасли Северо-Западного Беломорья стали изменения мировой рыночной конъюнктуры в 1990-х годах, что привело к снижению спроса на листовую мусковит. Это вызвало закрытие инфраструктуры горнодобывающей промышленности и геологического обеспечения. Кризис привел к пересмотру сырьевых стандартов, переориентации на более востребованную чешуйчатую маложелезистую слюду, а также к социальным последствиям, связанным с ликвидацией рабочих мест [2]. Несмотря на существующие проблемы, добыча слюды сегодня особенно сосредоточена в Мамок-Чуйском районе Иркутской области, где

находится 80 % российских месторождений мусковита. Потенциал возрождения слюдяной промышленности в России в значительной степени зависит от адаптации к меняющимся рыночным условиям [3].

Проблема, рассматриваемая в работе, заключается в необходимости модернизации и более интенсивного развития российской слюдяной промышленности, в рамках ведения дискуссии о необходимости или неактуальности восстановления отрасли и развития внутренних рынков слюдяной продукции. В работе использованы такие методы, как систематизация, сравнительный анализ, исторический анализ, синтез, сравнение и обобщение, а также графические методы представления информации для всестороннего представления текущего состояния и потенциала развития российского рынка слюды.

Актуальность темы обусловлена растущим спросом на слюду в электронной, строительной и косметической отраслях, что создает проблемы и возможности для мирового рынка. Россия обладает значительными запасами слюды, однако для того, чтобы соответствовать требованиям мирового рынка и укрепить собственные позиции, необходимо оптимизировать производство и инфраструктуру.

Цель исследования – проанализировать текущее состояние слюдяной отрасли, а также определить проблемы и перспективы развития российского рынка слюды в условиях дискуссии о необходимости возрождения отрасли.

В задачи исследования входит анализ текущего состояния слюдяной промышленности в России, сравнение мировых и российских тенденций, выявление ключевых регионов и проблем, а также оценка перспектив развития российского рынка слюды.

Рост потребления слюды обусловлен ее универсальным применением в различных отраслях промышленности. В строительной отрасли слюда ценится за свою термостойкость, изоляционные способности и прочность, что способствует повышению долговечности и качества строительных материалов, а также способствует дальнейшему росту урбанизации. Слюда также широко используется в таких областях, как производство красок, косметики, резины и пластмасс, где она улучшает стойкость красок и качество декоративных покрытий. В частности, в электронной промышленности спрос на слюду растет, поскольку она используется в качестве изоляционного материала в конденсаторах и других электронных компонентах, чему способствует развитие технологии 5G и растущий спрос на электромобили. Эти универсальные применения делают слюду востребованным сырьем на мировом рынке [4].

В 2022 году ведущими производителями и поставщиками слюды в мире стали такие компании, как Merck KGaA (Германия), Imerys S.A. (Франция), BASF SE (Германия) и различные компании из Индии, такие как Daruka Minerals и Ruby Mica Co. Ltd. В мировом производстве слюды доминирует Китай, доля которого составляет 26 % (80 000 тонн), за ним следуют Финляндия с 58 240 тоннами (19 %) и США с 42 000 тоннами (13 %). Цены на слюду зависят от формы и качества: если слюдяная крошка и чешуйки стоят 100 долларов США за тонну, то молотая слюда – 300-350 долларов США за тонну в зависимости от метода помола. Высококачественная листовая слюда, используемая для производства электроизоляционных материалов и в других высокотехнологичных областях, стоит 1600 долларов США за тонну [5].

Развитие мировой слюдяной промышленности сдерживается несколькими серьезными препятствиями. Во-первых, производство оказывает пагубное влияние на окружающую среду, уничтожая почвенный покров, образуя отходы, загрязняя водные ресурсы и выбрасывая в атмосферу вредные вещества [6]. Во-вторых, легкая доступность заменителей, таких как акриловые полимеры и стекловолокно, представляет угрозу для рынка слюды, поскольку они зачастую дешевле и предпочтительнее во многих отраслях промышленности. В-третьих, добыча и переработка слюды приводит к риску для здоровья работников, особенно при вдыхании пыли, что может привести к респираторным заболеваниям. Для решения этих проблем необходимы такие меры, как диверсификация областей применения слюды и защита здоровья работников [4].

В 2021 году Россия зафиксировала рост экспорта слюды: экспорт необработанной слюды (категория 252510) увеличился на 1050 % до 844 тысяч долларов США, а экспорт расслоенной и слюдяных отходов (категория 2525) – на 273 % до 1,26 миллиона долларов США. Однако в целом эти категории внесли лишь незначительный вклад в общий объем российского экспорта, составив 0,08 % и 0,11 % от общего объема экспорта товаров. В то же время импорт слюды категорий 252510 и 2525 увеличился на 11 % и 13 % соответственно, достигнув 2,15 млн и 2,6 млн долларов США. Основными партнерами по импорту были Индия и Китай, а экспорт осуществлялся в основном в соседние страны, такие как Казахстан и Беларусь. Эти данные свидетельствуют о растущей активности России в торговле слюдой, как в экспорте, так и в импорте, хотя ее значение на мировом рынке остается низким [7].

По результатам исследования было произведено сравнение ключевых параметров рынков слюды в мире и России. По нему можно сделать вывод, что, хотя Россия обладает значительными запасами слюды, ей необходимо модернизировать свою инфраструктуру и производство, чтобы воспроизвести выбывшие мощности во времена распада СССР и оставаться конкурентоспособной по отношению к лидерам мирового рынка, таким как Китай и Индия. Также были выделены основные стратегические направления по развитию рынка слюды в России. Они включают увеличение объемов производства, инвестиции в технологии, поддержка отечественных производителей и освоение новых экспортных рынков.

Расширенный SWOT-анализ рынка слюды в России позволил выделить такие сильные стороны, как большие запасы и квалифицированная рабочая сила, а также возможности за счет технологических инноваций и государственной поддержки. В то же время были выявлены такие слабые стороны, как устаревшие технологии и внешняя зависимость, а также угрозы со стороны товаров-заменителей, что требует разработки целенаправленных стратегий модернизации и диверсификации рынка.

Таблица 1

Расширенный SWOT-анализ рынка слюды в России

Внутренний Внешний	Сильные стороны (S)	Слабые стороны (W)
	1. Крупные запасы слюды (мусковит и флогопит). 2. Длительный опыт добычи и квалифицированные кадры. 3. Развитая инфраструктура в некоторых регионах добычи. 4. Высокое качество слюды (термостойкость, прочность).	1. Устаревшее оборудование и технологии. 2. Низкая степень переработки и добавленной стоимости. 3. Проблемы с экологией и условиями труда. 4. Ограниченная интеграция в международные цепочки поставок.
Возможности (O)	SO-стратегии	OW-стратегии
1. Рост спроса на экологические решения (очистка воды и воздуха). 2. Инновации в сфере переработки и композитных материалов. 3. Восстановление строительного сектора и электроизоляции. 4. Государственная поддержка добывающей отрасли.	1. Расширение объемов добычи и переработки для удовлетворения растущего спроса на экологичные материалы. 2. Вложения в разработку новых продуктов на основе слюды, таких как микалекс, для повышения добавленной стоимости.	1. Привлечение инвестиций в обновление оборудования и технологий. 2. Программы обучения специалистов для работы с новыми технологиями и обеспечения безопасности на производстве.
Угрозы (T)	TS-стратегии	TW-стратегии
1. Конкуренция с продуктами-заменителями (полимеры, стекловолокно). 2. Экологические риски и штрафы за несоответствие стандартам. 3. Зависимость от внешних рынков и торговых ограничений. 4. Колебания цен на мировом рынке.	1. Диверсификация рынков сбыта для снижения зависимости от отдельных стран-импортеров. 2. Модернизация производств с целью уменьшения экологического воздействия и соответствия международным стандартам.	1. Оптимизация затрат и повышение производственной эффективности для поддержания рентабельности. 2. Разработка внутренних рынков сбыта для снижения зависимости от экспорта.

Таким образом, в работе показано, что для успешного развития российского рынка слюды необходимы модернизация производства, развитие инфраструктуры и поддержка со стороны государства. Несмотря на значительные запасы и высокий потенциал, российская слюдяная отрасль сталкивается с рядом вызовов, включая конкуренцию с продуктами-заменителями и зависимость от мирового рынка. Внедрение инновационных технологий и диверсификация экспорта могут повысить конкурентоспособность России на мировом рынке и способствовать устойчивому развитию отрасли.

Список литературы

1. Шишелова Т. И., Житов В. Г. Современное состояние слюдяной области. Проблемы и перспективы // Успехи современного естествознания. 2018. № 3. С. 133–139.
2. Малов Н. Д., Щипцов В. В. Кризис слюдяной отрасли Беломорской пегматитовой провинции и перспектива его преодоления // Записки Горного института. 2016. Т. 218. С. 172–178.
3. Мамско-Чуйский мусковитоносный район // Сибирские минералы. 2024. URL: <https://sludairk.ru/o-slude/sludyanoie-mestorozhdenie-v-irkutskoi-oblasti/> (дата обращения 09.10.2024).
4. Рынок слюды // Future market insights. 2024. URL: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/mica-market> (дата обращения 24.09.2024).
5. Mica Statistics and Information // USGS. 2023. URL: <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/mica-statistics-and-information> (дата обращения 24.09.2024).
6. Treyman M., Bezudnaya A., Razumovsky V., Smirnov R. Research, control and greening of mica mining processes in the regions // E3S Web of Conferences 525. 2024. С. 02001.
7. Импорт и экспорт слюды в России в 2021 году // Trendeconomy. 2024. URL: <https://trendeconomy.ru/data/h2/Russia/2525> (дата обращения 07.10.2024).

Научный руководитель: Череповицын Алексей Евгеньевич, доктор экономических наук, заведующий кафедрой организации и управления, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Инструменты цифровой трансформации бизнес-процессов предприятий минерально-сырьевого комплекса

Аннотация. В рамках данной работы проанализированы научные исследования, посвященные вопросам изучения цифровой трансформации бизнес-процессов промышленных предприятий; выявлены инструменты цифровой трансформации, которые могут быть использованы топ-менеджментом предприятий минерально-сырьевого комплекса для улучшения текущих бизнес-процессов; описана область применения инструментов цифровой трансформации в рамках деятельности предприятий минерально-сырьевого комплекса; определена область применения результатов работы – проведение дальнейших исследований в области цифровой трансформации предприятий минерально-сырьевого комплекса, совершенствование бизнес-процессов промышленных предприятий с учетом применения актуальных цифровых инструментов.

Ключевые слова: цифровая трансформация бизнеса, применение цифровых инструментов, совершенствование бизнес-процессов, промышленные предприятия, минерально-сырьевой комплекс РФ.

Ekaterina G. Fedorakhina
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia, fedorahina_eg@spbstu.ru

Tools for digital transformation of business processes of enterprises of the mineral resource complex

Abstract. Within the framework of this work, scientific research devoted to the study of digital transformation of business processes of industrial enterprises is analyzed; digital transformation tools that can be used by top management of enterprises of the mineral resource complex to improve current business processes are identified; the scope of application of digital transformation tools within the framework of the activities of enterprises of the mineral resource complex is described; The application of the results of the work is to conduct further research in the field of digital transformation of enterprises of the mineral resource complex, improving business processes of industrial enterprises, taking into account the use of relevant digital tools.

Keywords: digital transformation of business, application of digital tools, improvement of business processes, industrial enterprises, mineral resources complex of the Russian Federation.

В настоящее время внедрение инструментов цифровой трансформации в целях улучшения процессов предприятий является приоритетной задачей для российской промышленности [4]. Стоит отметить, что в новых геополитических условиях минерально-сырьевой комплекс РФ становится одним из ведущих секторов национальной экономики. В связи с обозначенными положениями можно констатировать, что исследование вопросов, связанных с описанием инструментов цифровой трансформации и выявлением областей для их применения является актуальным.

Целью настоящего исследования является выбор инструментов цифровой трансформации и описание области для их применения в целях улучшения бизнес-процессов предприятий минерально-сырьевого комплекса.

Задачи исследования:

1. Проанализировать исследования в области цифровой трансформации промышленных предприятий.
2. Выделить актуальные инструменты цифровой трансформации, которые позволяют улучшить бизнес-процессы предприятий минерально-сырьевого комплекса.

3. Описать выбранные инструменты цифровой трансформации и определить область их применения в рамках деятельности предприятий минерально-сырьевого комплекса.

Методы исследования включают в себя построение логических умозаключений, анализ, синтез, систематизацию и классификацию информации.

В настоящее время существует множество исследований, посвященных изучению феномена цифровой трансформации. Автор работы [1] отмечает, что инструменты цифровой трансформации – это виды программного обеспечения, которые помогают преобразовать бизнес, улучшить финансовые показатели предприятия и повысить качество обслуживания клиентов. Основываясь на исследовании, проведенном автором работы [2], можно сделать вывод, что большинство руководителей предприятий минерально-сырьевого комплекса в РФ считают, что наибольший экономический эффект можно достичь за счет применения таких цифровых инструментов, как системы для анализа данных, сервисы предиктивной аналитики и цифровые платформы. Автор исследования [3] доказывает, что для успешной трансформации бизнес-процессов промышленных предприятий основные усилия необходимо сконцентрировать на интеграции цифровых инструментов в информационные системы предприятия.

Таким образом, стоит отметить, что базовыми инструментами для проведения цифровой трансформации бизнес-процессов предприятий минерально-сырьевого комплекса стоит считать цифровые платформы, системы для анализа, обработки и хранения данных и инструменты цифрового учета [5].

В качестве результатов проведенного исследования следует обобщить выбранные инструменты цифровой трансформации в целях совершенствования бизнес-процессов предприятий минерально-сырьевого комплекса и определить область их применения (табл. 1).

Таблица 1

**Инструменты цифровой трансформации бизнес-процессов
предприятий минерально-сырьевого комплекса**

Наименование инструмента	Описание	Область применения
ДАР-платформы	Инструмент, который интегрируется с любой информационной системой предприятий минерально-сырьевого комплекса и позволяет руководителям структурных подразделений создавать индивидуальные руководства, такие как пошаговые инструкции, списки задач, алгоритмы действий и этапы бизнес-процессов.	Адаптация работников, взаимодействие между структурными подразделениями предприятий минерально-сырьевого комплекса
Цифровые рабочие места	Инструмент, которые предполагает создание цифровых альтернатив рабочим местам на предприятиях минерально-сырьевого комплекса. Цифровые рабочие места выполняют функции физических офисов, а также выходят за рамки того, что может предложить традиционное рабочее место.	Создание рабочего пространства для работников предприятий минерально-сырьевого комплекса
Инструменты социальной интрасети	Цифровые платформы для совместной работы работников предприятий минерально-сырьевого комплекса. Платформы интегрируют бизнес-приложения к порталу интрасети и позволяют получать доступ к пакету с единой информационной панели. Данный инструмент представляет собой внутренний канал для взаимодействия работников.	Взаимодействие между работниками предприятий минерально-сырьевого комплекса
Платформы HCM	Цифровая платформа для упорядочения и улучшения HR-процессов предприятий минерально-сырьевого комплекса: планирование трудовых ресурсов, рекрутинг и найм, внедрение, обучение, администрирование, отчетность, аналитика и т. д.	Управление HR-процессами предприятий минерально-сырьевого комплекса

Наименование инструмента	Описание	Область применения
Инструменты облачного хранения данных	Данный цифровой инструмент предназначен для предотвращения потери данных и мгновенного получения доступа необходимым документам предприятия минерально-сырьевого комплекса. Крайне важно, чтобы все работники регулярно загружали на сервис документы и информацию, над которыми они работают.	Хранение данных предприятий минерально-сырьевого комплекса
Инструменты цифрового учета	Цифровой инструмент бухгалтерского учета для предприятий минерального-сырьевого комплекса.	Цифровизация бухгалтерского учета предприятий минерально-сырьевого комплекса
Платформа CMS	Цифровая платформа, которая позволяет загружать, настраивать и публиковать контент в Интернете. Вместо написания кода, для внесения изменений на веб-сайт предприятия минерально-сырьевого комплекса могут использовать готовые цифровые решения платформы CMS.	Управление цифровым контентом предприятий минерально-сырьевого комплекса

Таким образом, стоит отметить, что в рамках данной работы были проанализированы научные исследования, посвященные вопросам изучения феномена цифровой трансформации процессов промышленных предприятий; выявлены основные цифровые инструменты, которые могут быть использованы топ-менеджментом предприятий минерально-сырьевого комплекса для трансформации бизнес-процессов; описана область применения инструментов цифровой трансформации в рамках совершенствования бизнес-процессов предприятий минерально-сырьевого комплекса.

Стоит отметить, что результаты, изложенные в настоящей работе, могут быть применены для проведения дальнейших исследований в области цифровой трансформации предприятий минерально-сырьевого комплекса, а также использованы руководителями промышленных предприятий для трансформации бизнес-процессов с использованием актуальных цифровых инструментов.

Список литературы

1. Астратова Г. В. Цифровизация экономики в новых экономических условиях // Цифровой контент социального и экосистемного развития экономики: сборник трудов международной научно-практической конференции. – Симферополь: Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского. – 2022. – С. 42–46.
2. Анисифоров А. Б. Особенности проектов цифровой трансформации промышленных предприятий и некоторые аспекты подготовки их к реализации // Научный журнал ИТМО. Серия: экономика и экологический менеджмент. 2022. № 2. С. 32–41.
3. Бородавкин В. А. Введение в цифровую трансформацию предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности: новые подходы // Инновации: журнал об инновационной деятельности : наука, производство, рынок. – 2020. – № 12 (266). С. 23–32.
4. Зайченко И. М., Горшечникова П. Д., Лёвина А. И., Дубгорн, А. С. Цифровая трансформация бизнеса: подходы и определения. Научный журнал ИТМО. Серия: экономика и экологический менеджмент. 2020. № 2. С. 205–212.
5. Стеблюк И. Ю. Бизнес-процессы в условиях цифровой трансформации // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. № 3-2. С. 113–116.

Научный руководитель: Зайченко Ирина Михайловна, к.э.н., доцент, доцент Высшей школы производственного менеджмента, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия.

Чиркина Софья Артемовна
студент, бакалавр,
Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург, Россия, sofychir@mail.ru

Экологические риски и экономические тренды строительства КПО на участках отработанных песчаных карьеров

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема рекультивации отработанных карьеров и использования их под строительство комплексов по переработке отходов (КПО). Исследуются экологические проблемы, которые могут неизбежно возникнуть при размещении данных объектов на предлагаемых территориях при условии недостаточной изученности строения и расположения некоторых отработанных карьеров. Кроме того, оцениваются современные тренды строительства КПО на участках отработанных песчаных карьеров, а также экологические критерии, которые необходимо учесть для того, чтобы данные мероприятия по рекультивации были осуществимы. Проведен анализ источников по теме особенностей размещения и строительства данных объектов, изучены этапы обработки песчаных карьеров, способы и особенности их рекультивации, требования к комплексам по переработке отходов. Сформированы рекомендации по выбору способа рекультивации в каждом конкретном случае и рекомендации по принятию решения о размещении и проектировании предприятий по утилизации отходов на местах заброшенных открытых горных выработок.

Ключевые слова: отработанный песчаный карьер, рекультивация, тренды, комплекс по переработке отходов, экологические критерии, подземные воды, загрязнение.

Sofya A. Chirkina
*Student, Bachelor, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, sofychir@mail.ru*

Environmental risks and economic trends in the construction of waste recycling facilities on the sites of spent sand pits

Abstract. This article addresses the issue of spent quarries reclamation and their use for the construction of waste recycling facilities (WRF). The environmental problems that may inevitably arise when placing these facilities on the proposed territories are investigated, provided that the structure and location of some spent quarries are insufficiently studied. In addition, modern trends in WRF construction on the sites of spent sand pits are evaluated, as well as environmental criteria that must be taken into account in order for these reclamation measures to be feasible. The analysis of sources on the topic of placement and construction of these facilities was carried out, the stages of mining sand pits, methods and features of their reclamation, requirements for waste recycling waste recycling facilities (were studied). Recommendations on the choice of a method of reclamation in each specific case and recommendations on making a decision on the placement and design of waste disposal enterprises at the sites of abandoned open-pit mining have been formed.

Keywords: spent sand pit, reclamation, trends, waste recycling facility, environmental criteria, groundwater, pollution.

Введение. Ленинградская область обладает разнообразными географическими условиями, которые отлично способствуют формированию песчаных отложений. Наиболее значительные запасы песка сосредоточены в районе г. Выборга, Тосно и Луги. Именно эти месторождения характеризуются высоким качеством песка [1].

На сегодняшний день в Ленинградской области располагается 103 песчаных карьера, в числе которых 30 закрытых [2]. При этом в Выборгском районе ЛО находится 3 отработанных карьера: Новое Токсово, Сосновый бор и Толоконниково. Больше же всего еще не рекультивированных отработанных карьеров в Ломоносовском и Всеволожском районах Ленинградской области, где располагаются по 4 таких карьера.

Вышеперечисленные факты составляют **актуальную** проблему, ведь практически ежегодно число отработанных карьеров растет, в то время как закрытые карьеры, согласно настоящему законодательству Российской Федерации [3], подлежат обязательной рекультивации, правильной и целесообразной, выбранной исходя из подробного изучения строения карьера, различных экологических, географических и иных условий, а также сопутствующих факторов. Кроме того, важным моментом является то, что отработанные карьеры, в частности, песчаные – это объекты, которые, несомненно, притягивают к себе внимание в качестве мест сброса и захоронения отходов, причем как легальным способом, так и обходными путями.

Так, одним из достаточно популярных в последнее время вариантов рекультивации является строительство на месте песчаного карьера комплекса по переработке отходов (КПО) или мусорного полигона. По словам заместителя гендиректора Российского экологического оператора (РЭО) Алексея Макрушина, в ближайшее время в рамках «мусорной» реформы в России будет построено порядка 400 заводов по обращению с ТКО [4].

Однако данный вид рекультивации является одним из наиболее опасных для окружающей среды, поскольку необходимо четкое соблюдение ряда экологических критериев и правовых аспектов размещения подобных объектов. Иначе подобная рекультивация, несмотря на свою, казалось бы, очевидную пользу, может привести к необратимым последствиям, касающимся как жителей близлежащих населенных пунктов, так и источников централизованного водоснабжения, обеспечивающих подземным водным ресурсом целые районы.

Стоит отметить, что количество новых проектов строительства перерабатывающих предприятий с перспективами размещения на участках отработанных песчаных карьеров активно растет. Однако для реализации подобных идей, необходимо учитывать ряд экологических, правовых, технических и экономических критериев.

Далее будет рассмотрен вышеописанный вариант рекультивации, а также предложены иные способы рекультивации рассматриваемых объектов. Для того, чтобы выбрать наиболее эффективные направления для конкретного случая, необходимо: исследование местности и оценка территории, оценка возможностей восстановления почвы, технико-экономическое обоснование и план проведения рекультивации [5].

Цель исследования – оценка целесообразности применения различных способов рекультивации отработанных песчаных карьеров, анализ экологических и экономических критериев строительства предприятий по утилизации коммунальных отходов на месте указанных объектов, анализ современных трендов строительства КПО на участках отработанных песчаных карьеров и формулировка рекомендаций по данной теме.

В ходе исследования были поставлены следующие **задачи**: изучить этапы отработки песчаных карьеров; методы рекультивации данных объектов; особенности и критерии применения различных видов и направлений рекультивации; требования к строительству комплексов по переработке отходов, в том числе и экологические критерии в отношении подземных вод; изучить современные тренды строительства КПО в данных условиях; сравнить полезность, доходность и целесообразность применения различных способов рекультивации отработанных песчаных карьеров; сформировать рекомендации по принятию решения о размещении предприятий по утилизации отходов на указанных территориях; оценить проблемы, с которыми могут столкнуться компании-застройщики.

Методы исследования. В ходе исследования были использованы такие методы, как: анализ информационных источников по теме, обобщение и классификация полученной информации, наблюдение.

Результаты. Разработка карьера **включает** в себя несколько **этапов**: подготовку поверхности карьерного поля и осушение месторождения; горно-капитальные работы, включающие в себя работы по удалению покрывающих пород, созданию необходимых

условий для начала вскрышных и добычных работ; вскрытие месторождения; вскрышные работы, предполагающие удаление пустых пород; добычные работы и непосредственно рекультивация нарушенной горными работами территорий, без которой невозможен полный замкнутый цикл горных работ, поскольку чаще всего участки мест забора грунта приобретают техногенный характер, особенно это касается небольших песчаных карьеров.

Отказ от проведения рекультивации карьера может привести к возникновению таких угнетающих процессов, как: разрушение земляного полотна дорог, подтопление близлежащих объектов строительства, оползни, гибель флоры и фауны (исчезновение растений, миграция животных в поисках более благоприятных условий для жизни), изменения гидрологического и гидрогеологического режимов территории, приводящие к смене уровня как грунтовых, так и подземных вод, а в худшем случае – к истощению водоносного горизонта.

Рекультивация может классифицироваться по нескольким **видам**, а именно:

- **Техническая** – очистка территорий от загрязнений и создание нового плодородного слоя почвы.
- **Биологическая** – восстановление растительного покрова и создание благоприятных жизненных условий для живых организмов.
- **Природоохранная** – сохранение и восстановление природных ландшафтов, водных объектов и пр.
- **Экономическая** – создание условий для развития, туризма, строительства, сельского хозяйства и пр.

На данный момент существует большое разнообразие направлений рекультивации, возможность применения которых зависит от глубины карьера, предполагаемого будущего целевого назначения рекультивируемых земель, экологических, гидро- и гидрогеологических условий и иных факторов. Среди таких **направлений** можно выделить следующие:

- сельскохозяйственное (пашни, кормовые угодья, многолетние насаждения);
- рыбохозяйственное;
- рекреационное;
- водохозяйственное (водоемы разного назначения);
- санитарно-гигиеническое (предотвращение загрязнения);
- строительное (гражданское и промышленное строительство, а также размещение отходов).

За границей, в частности в Европе, достаточное распространение получила практика рекреационной и строительной рекультивации. Например, в Западной и Центральной Европе из-за высокой плотности населения на месте отработанных карьеров возводят парки, жилые дома и торговые центры. В китайском городе Нанкин на подобных территориях было создано 13 новых городских парков, кроме того, здесь обрывы карьеров впервые начали использовать в качестве основы зрительных залов, адаптировав карьерную технику (поезд для перевозки полезных ископаемых) под перевозку зрителей.

Что касается России, а именно Ленинградской области, то здесь всё большую популярность набирает создание площадок под складирование отходов и строительство промышленных объектов, в частности, комплексов по переработке данных отходов, причем как легальным способом, так и не совсем легальным. Подобный тренд несет за собой множество нюансов и проблем, которые могут возникнуть и возникают в процессе реализации проектов. Как примеры, можно привести такие проекты, как: *КПО «Волхонка»*, *КПО «Островский»*, *КПО «Дубровка»* и др. Перечисленные примеры являются негативными, поскольку эксплуатация каждого из названных объектов практически неизбежно приведет к загрязнению подземных вод, а, следовательно, гарантированно лишит близлежащие населенные

пункты источника питьевого водоснабжения. Это произойдет, поскольку отсутствовало обязательное глубокое геолого-гидрогеологическое исследование, замененное обыкновенной экологической экспертизой.

По мнению А. Ю. Ермакова, В. В. Сенкуса и их соавторов, открытые горные выработки могут быть использованы для захоронения твердых бытовых и промышленных отходов 4–5 классов опасности в переработанном виде, что поспособствует улучшению биологических свойств почвы. Для осуществления данной идеи рекультивации необходимо четкое соблюдение нескольких этапов: закладка выработанного пространства безопасными вскрышными породами до определенного уровня заполнения выработки подземными водами и последующее заполнение пространства водоупорным слоем глины мощностью до 1 м; заполнение пространства отходами и вновь отделение данного горизонта водоупорным слоем глины мощностью около 0,7 м; формирование откосов и плодородного слоя почв. Примером такого способа рекультивации служит засыпка шлаками и различными отходами Западного карьера железного рудника месторождения г. Магнитной у г. Магнитогорска.

Таким образом, указанные авторы придерживаются мнения, что использование производственно-бытовых отходов позволяет не только заполнить пустое пространство карьерной выемки и спрятать отходы, но и улучшить плодородие почв при рекультивации с параллельным использованием сточных вод. Однако остается вопрос, насколько данный метод целесообразен и безопасен в целом и в отличие от строительства полноценного полигона с переработкой отходов.

Если говорить о строительстве КПО, о которых упоминалось ранее, то для того, чтобы оно состоялось, важно соблюдение ряда критериев: наличие «глиняного замка» (гидроизоляционного слоя из глины и суглинков толщиной от 2 м), не дающего подземным водам попасть в карьер и распространить вредные вещества от захороненных отходов за пределы полигона. Кроме того, карьер должен располагаться в зоне, предназначенной для промышленных объектов. При этом карьер должен соответствовать экологическим стандартам и иметь возможность обеспечивать безопасную переработку отходов, иметь доступ к необходимым ресурсам и инфраструктуре (воде, электроэнергии, транспортным путям). Также важным моментом является соответствие размеров санитарно-защитной зоны от границ полигона до начала расположения жилых участков стандарту, составляющему 500 м (СНиП 2.07.01-89).

Помимо вышеперечисленных требований к отработанному карьере, существуют **требования к КПО**, прописанные в Постановлении Правительства РФ от 12.10.2020 N 1657 «О Единых требованиях к объектам обработки, утилизации, обезвреживания, размещения твердых коммунальных отходов» [6], где указано, что на рассматриваемых предприятиях технологии автоматизированной сортировки должны быть использованы в комплексе с ручной сортировкой для лучшей эффективности отделения различных видов отходов.

Зачастую, на месте образования карьера начинают скапливаться подземные воды из вышележащих водоносных пластов. Поэтому повышенного внимания требуют **подземные воды**, залегающие в отработанных карьерах, в которые может проникнуть свалочный фильтрат, что приведет к загрязнению окружающей среды.

Также стоит отметить п. 5 ст. 12 ФЗ «Об отходах производства и потребления» [7], запрещающий захоронение отходов в местах залегания полезных ископаемых и ведения горных работ при угрозе их загрязнения.

Как результат, строительство комплекса по переработке отходов на месте отработанного карьера требует осуществления нескольких **этапов**: геоэкологическое обследование карьера, санитарно-эпидемиологическое и физико-химическое обследование отходов, состав проекта рекультивации и организации полигона, техническую рекультивацию

карьера для строительства полигона, организацию объекта размещения отходов, эксплуатацию полигона, техническую и биологическую рекультивацию полигона [5].

Ранее авторы данной статьи рассматривали целесообразность и экологические риски строительства КПО «Островский» на месте отработанного карьера на Лемболовской возвышенности Выборгского района Ленинградской области и пришли к выводу, что данный проект не только нецелесообразен с экономической точки зрения, но опасен для окружающей среды. С экологической точки зрения покровный защитный слой суглинистых отложений рассматриваемой территории не превышает 2,0-2,5 м, следовательно, имеет низкую степень защищённости от поверхностного загрязнения (в норме суглинка и глины должны иметь мощность минимум 5 метров). Так, эксплуатация данного объекта в будущем с большой вероятностью может нанести значительный ущерб природе и привести к загрязнению подземных вод, что может лишить питьевого водоснабжения прилегающие населенные территории [5].

На данный момент тем же АО «Невский экологический оператор» ведется строительство КПО «Дубровка» в отработанном карьере Всеволожского района Ленинградской области, который также, согласно проектной документации, будет располагаться в неуместном для строительства данных объектов месте. Предполагаемая территория является непригодной для строительства, поскольку обводненный карьер Дубровка необходимо для начала осушить, а затем изолировать от почвы, при этом любое незначительное нарушение защитного слоя приведет к неизбежному загрязнению грунтовых вод, попадающих в р. Дубровку, а затем и в р. Неву.

Что касается затрат на возведение таких комплексов по переработке отходов и возможного дохода, который последует за введением объектов в эксплуатацию, то средний по размерам полигон мощностью 600 тыс. тонн переработанных отходов в год обойдется в 12-48 млн. долларов, включая предпроектное обследование, проектные работы, стоимость закупки, монтажа и наладки оборудования, строительство основных и дополнительных производств, введение в эксплуатацию, обучение персонала и прочее [8]. При этом с примерным сроком эксплуатации – 25 лет (на примере КПО «Островский» с проектной мощностью 600 млн. тонн) и при среднем тарифе по ЛО на услуги по обращению с твердыми коммунальными отходами в 2024 г., а именно 6323,98 руб./тонну годовая выручка предприятия составит около 3,8 млрд. руб./год [9], при рентабельности продаж, по данным на 2023 г. – порядка 26 % (на примере КПО «Восток» (Егорьевск) с проектной мощностью 500 тыс. тонн) [10]. Возникает вопрос целесообразности и безопасности строительства данного объекта на месте отработанного обводненного месторождения при возможном нанесении ущерба окружающей среде, что повлечет за собой дополнительные затраты на ликвидацию последствий загрязнения.

Однако для большинства отработанных песчаных карьеров Ленинградской области, поскольку 26 из 30 являются обводненными и удачно расположенными, доступен альтернативный способ рекультивации – создание источников резервного водоснабжения или использование находящихся на территориях данных участков подземных вод в нуждах ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Так, на сегодняшний день разведаны и подсчитаны запасы подземных вод вендского водоносного комплекса на 9 месторождениях, в числе которых: Невское с добычей в 4,6 тыс. м³/сут., Кронштадтское – 1,235 тыс. м³/сут., Волковское – 2,061 тыс. м³/сут., Муринское – 2,577 тыс. м³/сут., Кушелевское – 2,137 тыс. м³/сут. и другие. Суммарные запасы указанных месторождений насчитывают 20,574 тыс. м³/сут. [11].

Водоснабжение в поселках городского типа (например, в Гатчине или Сосново) является как децентрализованным, так и централизованным. При этом забор воды осуществляется 46 сосредоточенными водозаборами, 7 из которых, включая Гатчинский, имеют производительность – 11-68,3 тыс. м³/сут. [12]. Таким образом, годовая выручка

от реализации подобных мероприятий при условии, что максимальный тариф, например, на питьевую воду в 4 квартале 2024 г. составляет 42,68 руб./м³ [13], составит от 169 млн. до 1,049 млрд. руб., при рентабельности продаж, по данным на 2023 г. – порядка 6,5 %.

Кроме того, стоит отметить, что водоснабжение – это социально значимый сектор, обеспечивающий население важнейшим ресурсом – питьевой и иной водой. Данный ресурс является базовым. Именно от него напрямую зависит качество жизни населения. Поэтому лишение жителей данного ресурса вследствие загрязнения подземных вод вредными веществами и химикатами, выделяемыми разного рода отходами, в результате строительства и эксплуатации полигонов по переработке отходов на участках отработанных песчаных карьеров, может привести к серьезному ухудшению условий жизни. Следовательно, создание КПО на подобных участках является неоправданным и нецелесообразным.

Заключение. Таким образом, с экологической точки зрения можно выделить определенные положительные моменты строительства КПО на участках отработанных песчаных карьеров. Однако, компании-застройщики рискуют столкнуться с рядом проблем в процессе реализации своих проектов, такими как: возможное загрязнение окружающей среды и подземных вод остаточными от разработки карьера опасными материалами и веществами. К тому же, велик риск столкнуться с серьезными финансовыми проблемами, связанными, в первую очередь, с осушением отработанного карьера, а также устранением различных экологических проблем. Угроза загрязнения природы и источников чистой питьевой воды также является причиной социальных проблем, возникающих на этапах разработки подобных проектов КПО.

Итак, несмотря на то, что идея строительства полигона на участках отработанных карьеров, является достаточно заманчивой и привлекательной с точки зрения доходности и, казалось бы, на первый взгляд экологичности, получение прибыли в размере даже от 50 до 70.000 долларов – ничто по сравнению с тем экономическим эффектом, который получается при деятельности систем централизованного водоснабжения. Это несоизмеримые показатели по своей величине. А, значит, и риски, которые могут быть заложены в результате реализации подобных проектов не оправданы.

Акцент стоит сделать на то, что возможны риски заражения и загрязнения источников подземного водоснабжения в масштабах целого региона. Именно это является серьезной проблемой. А для того, чтобы это доказать или опровергнуть нужны серьезные масштабные гидрогеологические исследования зачастую федерального уровня, поскольку сами источники водоснабжения имеют статус федерального значения.

Список литературы

1. Паллада Стройнеруд // Песчаные карьеры. [Электронный ресурс] URL: <https://td-psn.ru/karery/peschanye> (Дата обращения: 03.10.2024).
2. Единая база карьеров// Карта карьеров Ленинградской области. [Электронный ресурс] URL: <https://karery-len-obl.ru/karta-vse-karery#:~:text=> (Дата обращения: 10.03.24).
3. КонсультантПлюс // Постановление Правительства РФ от 10.07.2018 N 800 (ред. от 07.03.2019) «О проведении рекультивации и консервации земель» (вместе с «Правилами проведения рекультивации и консервации земель»). [Электронный ресурс] URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_302235/90e01d185047971fe921b2bb4ea2abe4389a57d5/ (Дата обращения: 10.03.24).
4. Российская академия наук. Санкт-Петербургское отделение института геоэкологии им. Е. М. Сергеева// Гендиректор РЭО прокомментировал результаты «мусорной» реформы. [Электронный ресурс]. URL: <https://hgepro.ru/gendirektor-reo-prokommentiroval-rezultaty-musornoj-reformy/> (Дата обращения: 03.10.2024).
5. Чиркина С. А., Стоян Д. А., Головина Е. И. Строительство комплекса по переработке отходов «Островский» – экономическая целесообразность и отложенные риски // Сборник «Интеллектуальная инженерная экономика и индустрия 5.0 (ЭКОПРОМ-2023): сборник трудов Международной научно-практической конференции», – 2023. – С. 222–226.

6. Гарант.ру // Постановление Правительства РФ от 12 октября 2020 г. №1657 «О Единых требованиях к объектам обработки, утилизации, обезвреживания, размещения твердых коммунальных отходов». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74662540/> (Дата обращения: 03.10.2024).
7. КонсультантПлюс // Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «Об отходах производства и потребления» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024) / Статья 12. Требования к объектам размещения отходов. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/5074d915c513f487167b8dd8402cad9c30d22e16/ (Дата обращения: 03.10.2024).
8. Cleandex.ru// Рентабельность бизнеса по переработке бытовых отходов. [Электронный ресурс]. URL: http://www.cleandex.ru/articles/2008/03/18/processing_consumer_waste23 (Дата обращения: 03.10.2024).
9. Коммерсантъ // Собирать ТКО в Ленобласти будут по-новому. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6492//> (Дата обращения: 03.10.2024).
10. Audit-it.ru // ООО «КПО ЕГОРЬЕВСК»: бухгалтерская отчетность и финансовый анализ. [Электронный ресурс]. URL: https://www.audit-it.ru/buh_otchet/5011037650_ooo-kpo-egorevsk (Дата обращения: 03.10.2024).
11. Окружающая среда Санкт-Петербурга// Использование ресурсов подземных вод в Санкт-Петербурге. [Электронный ресурс]. URL: <https://ecopeterburg.ru/2018/03/11/использование-ресурсов-подземных-во/> (Дата обращения: 03.10.2024).
12. Святой источник // Гидрография Ленинградской области. [Электронный ресурс]. URL: <https://svyato.info/1941-gidrografija-leningradskoj-oblasti.html> (Дата обращения: 03.10.2024).
13. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» // Тарифы. [Электронный ресурс]. URL: https://www.vodokanal.spb.ru/dlya_abonentov/tarify1/ (Дата обращения: 03.10.2024).

Научный руководитель: *Головина Екатерина Ильинична*, к.э.н., доцент кафедры отраслевой экономики, заместитель заведующего кафедрой отраслевой экономики, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия. **Scientific supervisor:** *Ekaterina I. Golovina*, Ph.D. in Economics, Associate Professor of the Department of Industrial Economics, Deputy Head of the Department of Industrial Economics, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia.

Секция 10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ В МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОМ КОМПЛЕКСЕ

Вальнев Владислав Владимирович
*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург, Россия*

Автоматизация управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования на основе методов машинного обучения

Vladislav V. Valnev
*Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia*

Automation of equipment maintenance and repair process based on machine learning method

Автоматизация технологических и производственных процессов является неотъемлемой частью любого промышленного предприятия. Системы автоматизации обычно разделяют на автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) и автоматизированные системы управления производством (АСУП). Подобное разделение позволяет понять, что автоматизация крепко закрепилась на всех уровнях работы предприятия и всех сферах его деятельности. Тем самым, совершенствование автоматизированных систем управления крайне необходимо промышленным предприятиям с целью обеспечения конкурентоспособности на рынке сырья и ресурсов.

В данной работе рассматривается одна из наиболее важных областей производственного процесса предприятия – техническое обслуживание и ремонта оборудования (ТОиР). Как известно, выполнение технического обслуживания и ремонта обеспечивает продление срока службы оборудования, что напрямую влияет на прибыль предприятия. С целью автоматизации этой области производства существуют достаточно много решений, позволяющих управлять ресурсами ТОиР. Среди таких можно выделить системы управления ТОиР «Парус», «Галактика», «Trim», которые уже более 20 лет находятся на рынке систем управления и позволяют повысить эффективность производственных процессов [1]. Независимо от выбранной стратегии выполнения ТОиР на предприятии, подобные системы не осуществляют контроль за ремонтным процессом, который выполняют сервисные инженеры. Развитие цифровых технологий продолжает внедряться в процессы предприятия и открывать новые возможности для действующих решений, при этом не заменяя их, а лишь расширяя их функционал [2]. В этой связи предметом исследования в работе являются методы распознавания действий сервисных инженеров во время технического обслуживания и ремонта оборудования на основе методов машинного обучения.

Среди известных методов распознавания действий человека выделяется два крупных направления – анализ показаний различных датчиков, которые прикрепляются к человеку, и анализ видеоизображений. В представленной работе рассматривается метод на основе обработки видеоизображений. Поскольку процессы ТОиР связаны с действиями, которые выполняются непосредственно руками, то направление исследования коррелирует с методами распознавания жестов человека. В ходе исследования были рассмотрены признаки, определение которых достаточно для распознавания действий человека, который выполняет техническое обслуживание и ремонт оборудования. Рассчитанные значения признаков представляют собой некоторый набор чисел, которые характеризуют перемещение

рук человека во время ремонта. Далее полученные значения признаков используются для обучения модели классификации, результат которой – вероятность принадлежности набора значений к определенному классу. Таким образом, рассчитывая значения признаков, обученная модель классификации позволяет определить то или иное действие человека.

Апробация предложенного способа классификации выполнялась на лабораторных стендах, где выполнялись действия по техническому обслуживанию и ремонту лабораторного оборудования. При этом выполняемые действия записывались на различные видеокамеры, при использовании средств индивидуальной защиты и без, а также несколькими людьми. На рисунке 1 представлено изображение выполнения действий во время эксперимента, а именно обслуживания центробежного насоса Grundfos.



Рис. 1. Выполнение ТОиР центробежного насоса Grundfos

Расчет характерных признаков заключается в определении положения рук человека по координатам на изображении. Для этого выполняется поиск рук на изображении и расчет признаков по ключевым точкам руки. В качестве признаков используется расстояние между пальцами рук и ладонью, углы между пальцами рук и площадь фигуры, которую образует рука в кадре. Подробнее описанные признаки рассмотрены в [3]. Далее значения признаков используются для обучения моделей машинного обучения. Для данного эксперимента было обучено ряд моделей, где наилучший результат представила модель логистической регрессии. На рисунке 2 показаны результаты обучения.

	classifier	train_score	test_score	train_time
2	Logistic Regression	1.000000	0.933333	0.016969
6	Neural Net	1.000000	0.933333	2.908715
3	Nearest Neighbors	0.929825	0.866667	0.000284
5	Linear SVM	1.000000	0.866667	0.012345
1	Random Forest	1.000000	0.800000	0.064759
4	Decision Tree	1.000000	0.600000	0.024723
0	Gradient Boosting Classifier	1.000000	0.533333	0.923079
7	Naive Bayes	0.807018	0.533333	0.000860
9	Gaussian Process	1.000000	0.466667	0.008130
8	AdaBoost	0.508772	0.400000	0.079609

Рис. 2. Результаты обучения моделей классификации

Таким образом, в работе рассматривается способ распознавания действий сервисных инженеров во время выполнения ТОиР на основе обучения моделей машинного обучения. Представленные результаты могут быть использованы в качестве модуля для систем управления ТОиР, где уже существует функционал для управления ресурсами, необходимыми для ТОиР. Контроль за процессом выполнения ТОиР позволит также объединить системы диагностики, где распознается неисправность в оборудовании, устранение которой будет осуществлять предложенная система. Тем самым, контроль остаточного ресурса оборудования может выполняться в автоматическом режиме засчет современных методов, технологий и архитектур в системах автоматизации.

Список литературы:

1. Ревенко Н. Ф., Иванова Т. Н., Мищенко О. В. Трансформация подходов к организации технического обслуживания и ремонта машин и оборудования. К столетию системы планово-предупредительного ремонта // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Экономика и управление. 2022. № 2 (54). С. 35–46. DOI: <https://doi.org/10.25686/2306-2800.2022.35>.
2. Иванов В. А. Особенности подходов к техническому обслуживанию и ремонту оборудования в непрерывном производстве / Иванов В. А., Фещенко А. А. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2018. – Т. 20. – № 3. – С. 82–89.
3. Ansar H. и др. Hand Gesture Recognition Based on Auto-Landmark Localization and Reweighted Genetic Algorithm for Healthcare Muscle Activities // Sustainability – 2021. – V. 13, – № 5.– pp. 2961.

Научный руководитель: *Котелева Наталья Ивановна, к.т.н., доцент, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.*

Анализ возможности автоматизации проведения неразрушающего контроля деталей технологического оборудования горной промышленности

Аннотация. Проведены исследования по анализу возможности бесконтактного on-line контроля деталей технологического оборудования, используемого в горнодобывающей промышленности. На основе технологии машинного зрения при различных алгоритмах обработки данных для колеса и оси колесной пары грузовой тележки получены изображения трещин, выходящих на поверхность объекта. Исследовано влияние различных типов загрязнения (нефтепродуктами, коллоидной смесью пыли и земли, лакокрасочным покрытием) на контрастность изображения. Получено, что микротрещина идентифицируется при наличии загрязнений нефтепродуктами или лакокрасочного покрытия. Показана принципиальная возможность бесконтактного неразрушающего контроля на основе машинного зрения элементов горной техники.

Ключевые слова: машинное зрение, бесконтактный неразрушающий контроль, колесная пара, диск колеса, поверхность контроля.

Vladimir V. Vasilevykh
National University of Science and Technology MISIS,
Moscow, Russia, m1905115@edu.misis.ru

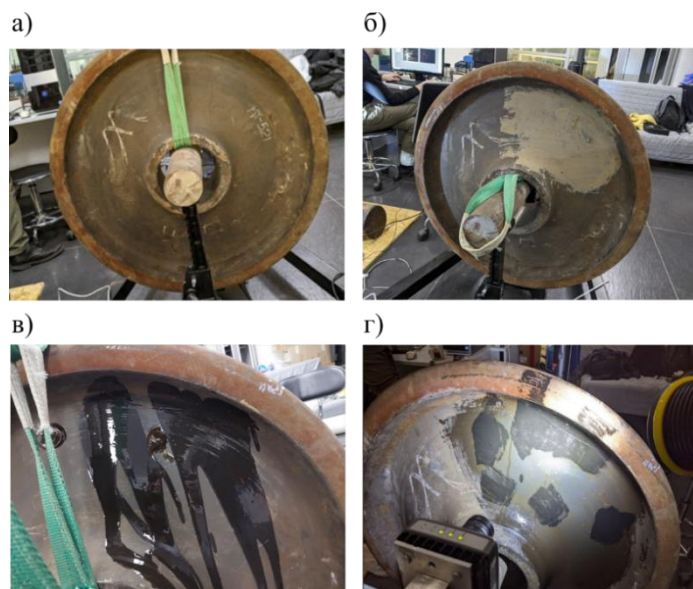
Analysis of the possibility of automation of nondestructive testing of parts of technological equipment in the mining industry

Abstract. Research has been carried out to analyze the possibility of non-contact on-line inspection of technological equipment parts used in the mining industry. On the basis of machine vision technology with different algorithms of data processing for the wheel and axle of the wheel pair of the cargo bogie the images of cracks coming to the surface of the object were obtained. The influence of different types of contamination (oil products, colloidal mixture of dust and earth, paint coating) on the image contrast was investigated. It was obtained that microcrack is identified in the presence of contamination by oil products or paint coating. The principal possibility of non-contact nondestructive testing on the basis of machine vision of elements of mining equipment is shown.

Keywords: machine vision, nondestructive testing, wheelset, wheel disk, surface control.

В настоящее время в связи с усложнением условий добычи полезных ископаемых вопрос безопасности работников горнодобывающей отрасли является ключевым. Данная проблема напрямую связана с необходимостью своевременной и точной диагностики дефектов в оборудовании, которые являются катализатором аварий [1]. Наиболее опасными с точки зрения дальнейшего разрушения деталей являются трещины, выходящие на поверхность объекта контроля. Поэтому актуальным становится автоматизированный бесконтактный on-line контроль данных нарушений [2]. Одной из возможных реализаций такого контроля является машинное зрение.

В рамках данного исследования объектами контроля (ОК) выступало колесо грузовой тележки железнодорожного состава с заранее известным дефектом в виде протяженной поверхностной трещины, длиной 280 мм в области с шириной раскрытия 0,4 мм (рисунок 1). Для имитации условий реальной эксплуатации испытания проводились в четыре этапа: исходное состояние ОК (со следами окисления), ОК с загрязнением в виде коллоидной смеси пыли и земли, ОК с загрязнением нефтепродуктами, ОК с нанесенным лакокрасочным покрытием. На рисунке 1 приведены состояния ОК на каждом этапе исследования.



а) Исходное состояние колеса; б) Нанесенный на область с трещиной слой коллоидной суспензии пыли и земли; в) Нанесенный на область с трещиной слой машинного масла и солидола; г) Нанесенный на область с трещиной слой лакокрасочного покрытия

Рис. 1. Состояние поверхности диска колеса перед проведением испытаний

Для проведения испытаний использовалось следующее оборудование:

Видеокамера Ni 1744 со встроенной программной платформой LabVIEW – Vision Builder AI;

Объектив для видеокамеры (16 мм, 1:1/4, 2/3”).

Светодиодная линейка (световой поток 1200 люмен).

Источник освещения (световой поток 12700 люмен, угол расходимости луча света 15° по уровню FWHM).

Алгоритм измерений с помощью системы машинного зрения следующий:

Видеокамера располагается на расстоянии 0.3–0.5 м от исследуемого образца таким образом, чтобы в поле зрения камеры попадал регистрируемый дефект. Контроль расположения осуществляется по видеопотоку, поступающему на ПК, при выставленном времени экспозиции 10–100 мс.

Источник освещения располагался вблизи видеокамеры на расстоянии 0.1–0.5 м таким образом, чтобы световой поток освещал исследуемую область детали.

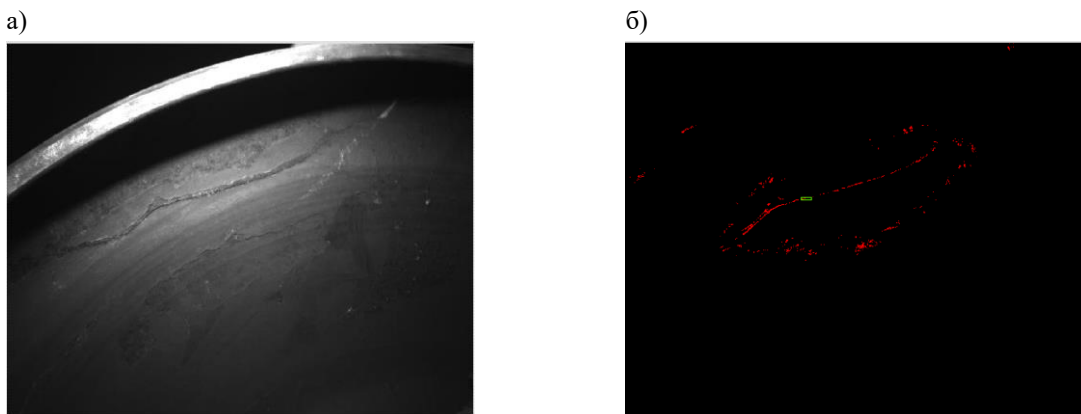
Производится соответствующая подстройка времени экспозиции видеокамеры в диапазоне 0.1–100 мс для согласования динамического диапазона регистрации с интенсивностью отражённого от образца света. Критерием является отсутствие засвеченных групп пикселей на изображении.

Тонкая подстройка положения светового пятна производилась на ОК путём смещения источника света с контролем по видеопотоку для получения контрастного изображения с дефектом, регистрируемым глазом.

Производилась регистрация исследуемых дефектов на образцах.

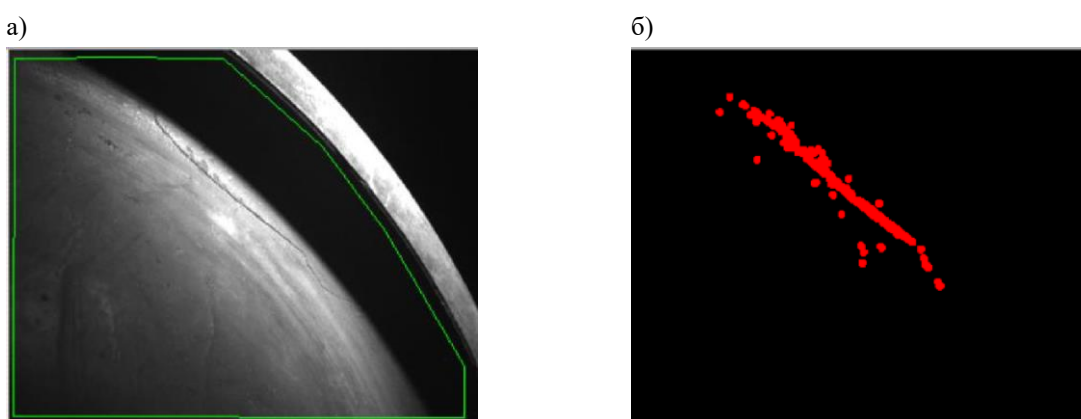
Для обработки изображений было использовано два алгоритма. Алгоритм № 1 позволяет выделять дефект на изображении, соответствующий определенной интенсивности и форме на основе оператора Собеля, в то время как Алгоритм № 2, на основе определения порогового значения, выделяет наиболее контрастные участки изображения, соответствующие, как правило, дефектам.

Примеры обработки изображений с использованием Алгоритма №1 и Алгоритма №2 приведены на рисунках 2 и 3 соответственно.



а) изображение, измеряемое камерой; б) обработанное изображение с выделенной областью дефектов (красный цвет) и зарегистрированным расположением трещины (часть трещины выделена зелёным прямоугольником)

Рис. 2. Детектирование трещины диска с помощью Алгоритма №1



а) изображение, измеряемое камерой;
б) обработанное изображение с детектируемыми дефектами и шумами (красный цвет)

Рис. 3. Детектирование трещины диска с помощью Алгоритма №2

Таблица 2

Результаты измерений на основе оптического метода [составлено автором]

Состояние поверхности	Интенсивность отраженного света	Контрастное изображение	Геометрические размеры определенного дефекта
Исходное состояние	Отсутствие засвеченных пикселей обеспечено	Изображение получено	$L = 276 \pm 24$ мм; $a = 0,54 \pm 0,05$ мм (Алгоритм №1) $L = (284 \pm 24)$ мм; $a = (0,61 \pm 0,06)$ мм (Алгоритм №2)
Загрязнение поверхности нефтепродуктами	Отсутствие засвеченных пикселей обеспечено	Изображение получено. Однако алгоритм фиксирует глянцевые участки	$L = 180 \pm 16$ мм; $a = 0,41 \pm 0,04$ мм (Алгоритм №1) $L = (210 \pm 18)$ мм; $a = (0,61 \pm 0,06)$ мм (Алгоритм №2)
Наличие на поверхности лакокрасочного покрытия	Отсутствие засвеченных пикселей не обеспечено	Изображение получено. Однако алгоритм фиксирует глянцевые участки	$L = (254 \pm 22)$ мм; $a = (0,53 \pm 0,05)$ мм (Алгоритм №1) $L = (164 \pm 14)$ мм; $a = (0,59 \pm 0,06)$ мм (Алгоритм №2)
Наличие на поверхности деталей загрязнений в виде пыли и земли	Отсутствие засвеченных пикселей обеспечено	Изображение не получено	Протяженный артефакт не обнаружен. Фиксируется только часть трещины, регистрируемая глазом

Исходя из проведенных исследований можно сделать вывод, о том, что применение оптического метода на основе машинного зрения позволяет выявлять дефекты в деталях промышленного оборудования. Испытания различных вариантов загрязнений поверхности показали, что применение данных методов возможно при условии наличия нефтепродуктов и лакокрасочного покрытия.

Возможная область применения результатов – автоматизация процесса контроля деталей во время плановых и внеплановых проверок оборудования. Потенциальным эффектом может быть проектирование безлюдной системы контроля в шахтных условиях для минимизации нахождения человека в опасных производственных условиях.

Список литературы.

1. Кузин, Е. Г. Оценка технического состояния редукторов шахтных ленточных конвейеров методами неразрушающего контроля : специальность 05.05.06 «Горные машины» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кузин Евгений Геннадьевич. – Кемерово, 2020. – 141 с.
2. Шпаков, И. И. Мониторинг состояния технических устройств опасных производственных объектов в добывающей промышленности автоматизированными средствами неразрушающего контроля / И. И. Шпаков, Д. А. Слесарев, О. П. Потехин // В мире неразрушающего контроля. – 2019. – Т. 22, № 3. – С. 9-11. – DOI 10.12737/article_5d5fcd90168991.33038309.

Научный руководитель: Черепецкая Елена Борисовна, доктор технических наук, профессор, Университет науки и технологий МИСИС, Москва, Россия

Виноградов Никита Константинович*

Тоичкин Николай Александрович**

Апатитский филиал Мурманского арктического университета, Апатиты, Россия,

** nikitik.2001@mail.ru*

*** toichkin@list.ru*

Разработка модели системы контроля целостности горнодобывающей техники с использованием методов машинного обучения

Аннотация. Представлен проект информационной системы контроля целостности горнодобывающей техники с использованием методов машинного обучения. Цель данного исследования связана с быстрым изнашиванием деталей горной техники. Для решения проблемы предложен способ генерации синтетической обучающей выборки с помощью создания растровых изображений объекта с поломками, под разными углами и наличием белого шума. Реализован алгоритм создания данных для обучения модели свёрточной нейронной сети для достижения описанного в работе материала.

Ключевые слова: машинное обучение, модель, нейронная сеть, горная техника, информационная система, архитектура информационной системы.

Nikita K. Vinogradov*

Nikolay A. Toichkin **

Apatity branch of Murmansk Arctic University, Apatity, Russia,

** nikitik.2001@mail.ru*

*** toichkin@list.ru*

Development of a model of a mining equipment integrity control system using machine learning methods

Abstract. The project of an information system for monitoring the integrity of mining equipment using machine learning methods is presented. The purpose of this study is related to the rapid wear of mining machinery parts. To solve the problem, a method is proposed for generating a synthetic training sample by creating bitmap images of an object with breakages, at different angles and the presence of white noise. An algorithm for creating data for training a convolutional neural network model is implemented to achieve the material described in the work.

Keywords: machine learning, model, neural network, mining technic, information system, information system architecture.

С первой половины XX века и по настоящее время добыча минералов открытым способом является одним из важных методов получения полезных ископаемых ряда стран, включая Россию. Для чего используется большое количество горной техники. В ходе работ детали техники изнашиваются и получают механические повреждения [1], которые можно быстро диагностировать при помощи видеофиксации и сигнализировать водителю об отводе техники на ремонт. При этом вся полученная информация фиксируется в системах хранения для дальнейшего анализа и составления отчётов. Для реализации данного процесса необходимо построить информационную систему, использующую технологии машинного обучения для идентификации поломок.

В работе применяются методы исследования, соответствующие межотраслевому стандарту CRISP-DM для исследования данных в промышленности, он описывает цикл исследования данных, включающий шесть фаз: определение целей анализа данных, сбор и проверка качества данных, очистка и предобработка данных, выбор методов машинного обучения, построение моделей, оценка результатов работы алгоритмов.

В рамках данной работы предлагается использовать архитектуру информационной системы, включающую следующие модули (рис. 1).

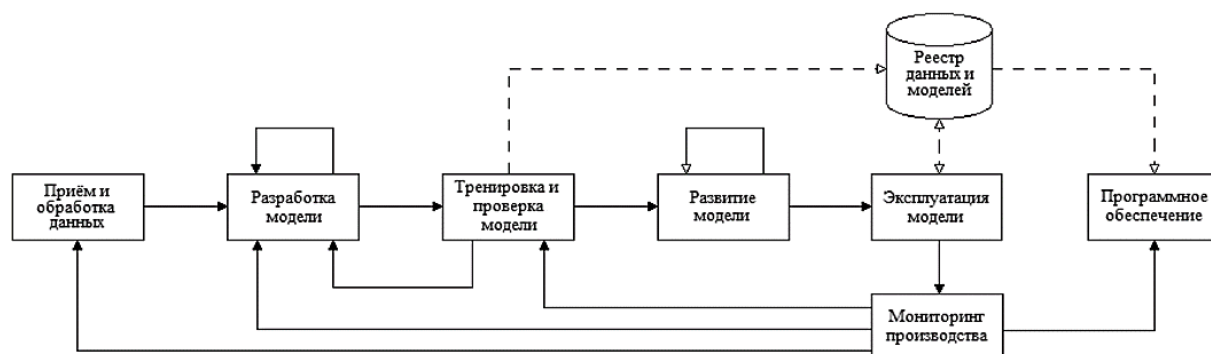


Рис. 1. Архитектура информационной системы контроля целостности горнодобывающего оборудования

Для выполнения поставленной цели в работе используется экскаватор CAT6040 с прямым ковшом [2].

Для выполнения поставленной цели потребуется:

- реализовать программный скрипт, для создания растровых изображений ковша с полочками на основе шаблонов, разработанных в среде Blender;
- добавить равномерный шум и артефакты на изображения, применяя повороты на разные углы;
- обучить модель машинного обучения на созданном наборе данных.

Для имплементации в производственный цикл, моделей машинного обучения, содержащих большое количество данных видеопотока, потребуются современные технологии обработки больших данных (BigData) [3]. В качестве конкретного решения можно применять фреймворк Apache Spark, который по сути является стандартом при работе с большими данными в режиме реального времени.

Разработка модели включает подготовку и разметку данных, выбор модели машинного обучения, подбор гиперпараметров модели, разбиение выборки на тестовую и обучающую части.

Для обучения модели используется синтетические данные [3], т.к. получение реальных данных по полочкам горной техники, затруднительно и сопровождается рядом трудностей, в том числе конфиденциального характера. Такие искусственные данные имитируют наблюдения реального мира, и будут использованы для обучения модели, классифицирующей различные типы повреждений зубьев ковша экскаватора, которые могут возникать в процессе работы горнодобывающего оборудования. Для этого программный скрипт, генерирует растровые изображения на основе шаблонов, разработанных в среде Blender (рис. 2).

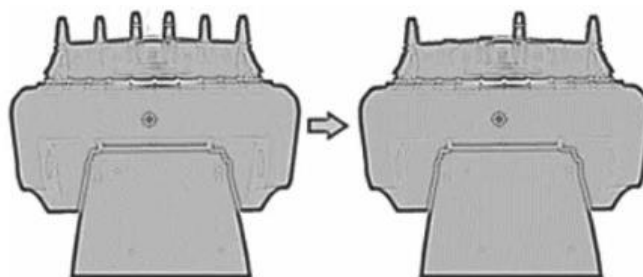


Рис. 2. Пример шаблона данных для обучения

Алгоритм по созданию растровых изображений реализован на языке программирования Python. Это современный язык программирования высокого уровня, удобный для использования в проектах, связанных с машинным обучением, за счет высокой производительности, эргономичности и читаемости кода, а также наличия большого числа специализированных, для данной области, программных библиотек [5].

В программном коде реализации алгоритма сначала объявляются необходимые библиотеки: OpenCV и Pillow для обработки изображений, NumPy для анализа данных, Matplotlib для визуализации данных. Далее реализуются необходимые функции. Первая функция поворачивает картинку при помощи аффинного преобразования изображения. В процессе поворота увеличивается размер изображения, поэтому после поворота, во избежание появления чёрных областей, на получаемых данных, происходит обрезка полученного изображения. Пример кода приведен в листинге 1.

Листинг 1

```
def rotateCenter(image, angle, scale=1):
    h, w = image.shape[:2]
    large_image = np.tile(image, [3,3,1])
    M = cv2.getRotationMatrix2D((w*3/2, h*3/2), angle, scale)
    rotated = cv2.warpAffine(large_image, M, (w*3, h*3))
    image = rotated[w:w*2,h:h*2,:]
    return image
```

Вторая функция затемняет изображения для имитации работы в тёмных условиях (листинг 2).

Листинг 2

```
def darker(image, num):
    image_copy = exposure.adjust_gamma(image, num)
    return image_copy
```

Третья функция добавляет на данные шум Гаусса, так как в процессе работы на будущем получаемом видеопотоке возможны помехи, мелкие песчинки и прочие артефакты (листинг 3).

Листинг 3

```
def addGaussianNoise(image, percetage):
    G_Noiseimg = image.copy()
    w = image.shape[1]
    h = image.shape[0]
    G_NoiseNum = int(percetage * image.shape[0] * image.shape[1])
    for i in range(G_NoiseNum):
        temp_x = np.random.randint(0, h)
        temp_y = np.random.randint(0, w)
        G_Noiseimg[temp_x][temp_y][np.random.randint(3)] =
        np.random.randn(1)[0]
    return G_Noiseimg
```

В главной функции для каждого изображения-образца вызываются представленные выше функции, и выполняется сохранение в формате оттенки серого (листинг 4).

```

if __name__ == '__main__':
    dir_path = r"obj"
    list_angle = [i for i in range(1, 73)]
    save_path = r"archive/train/teeth"
    for file_name in os.listdir(dir_path):
        # Строка пути
        image_file_path = os.path.join(dir_path, '1.png')
        image = cv2.imread('obj/1.png')
        # Поворот изображения
        for i in list_angle:
            rot_image = rotateCenter(image, angle=i*5)
            image_dark5 = darker(rot_image, 1.3)
            noiseimage = addGaussianNoise(rot_image, 0.3)
            rot_image_save_path = "test_{}".format(str(i)) + ".jpg"
            cv2.imwrite(os.path.join(save_path, rot_image_save_path),
                cv2.cvtColor(rot_image, cv2.COLOR_BGR2GRAY))

```

После подготовки и разметки данных, формируется набор, который разделяется на обучающую и тестовую части. В качестве метода машинного обучения в работе применяется свёрточная нейронная сеть, которая имеет 3 свёрточных слоя, 2 полносвязанных слоя и функцию активации для снижения требуемых вычислительных ресурсов [5]. Пример построения модели представлен ниже (листинг 5).

```

model = tf.keras.models.Sequential([
    tf.keras.layers.Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', input_shape=(128,
128, 3)),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D((2, 2)),
    tf.keras.layers.Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D((2, 2)),
    tf.keras.layers.Conv2D(128, (3, 3), activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D((2, 2)),
    tf.keras.layers.Flatten(),
    tf.keras.layers.Dense(128, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dense(1, activation='sigmoid')])

```

Подводя итоги, можно отметить, что благодаря набору искусственных данных была получена модель нейронной сети, которая способна распознавать поломки зубьев в реальном времени. При внедрении на предприятие эта технология позволит оперативно сигнализировать о возникших проблемах операторам. Основные затраты проекта связаны с установкой специальных камер, увеличение вычислительных мощностей и обучение нейронной сети для определения целостности зубьев ковша горной техники. Реализация ИС не потребует существенных изменений в конструкции горной техники, а только установку видео камеры для фиксации изображения диагностируемого объекта, как днём, так и ночью.

Разработанная модель позволяет осуществлять контроль целостности зубьев ковша экскаватора и предназначена для непрерывного мониторинга степени износа коронок зубьев и своевременного оповещения при возникновении нештатных ситуаций.

При последующей интеграции с внешними автоматизированными системами диспетчеризации, такая система имеет ряд следующих возможностей:

- мониторинг степени износа зубьев и контроль отсутствующих зубьев в ковше экскаватора;
- оповещение оператора о нештатных ситуациях в режиме реального времени;
- повышение производительности оборудования;
- понижение отрицательного воздействия человеческого фактора.

Список литературы

1. Болобов, В. И. Влияние вида горной породы на закономерности изнашивания коронки зуба ковша экскаватора / В. И. Болобов, Э. В. Ахмеров, И. В. Ракитин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2022. – № 6-2. – С. 189–204.
2. Тоичкин, Н. А. Постановка задачи машинного обучения для контроля целостности горнодобывающего оборудования / Н. А. Тоичкин, Н. К. Виноградов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2024. – № 4. – С. 109–112.
3. Тихонов, А. А. Большие данные и глубокое машинное обучение в искусственных нейронных сетях / А. А. Тихонов // Наука и образование сегодня. – 2018. – № 6(29). – С. 35–38.
4. Пчелинцев, С. Метод создания синтетических наборов данных для обучения нейросетевых моделей распознаванию объектов / С. Пчелинцев, М. А. Юляшков, О. А. Ковалева // Информационно-управляющие системы. – 2022. – № 3(118). – С. 9-19.
5. Вишневская, Е. Использование современных языков программирования для решения профессиональных задач на примере языка программирования Python / Е. Вишневская // Молодой ученый. – 2016. – № 17-1(121). – С. 67–71.
6. Старостенко, Н. Е. Сравнение нейронной сети Хемминга и свёрточной нейронной сети в задачах распознавания образов / Н. Е. Старостенко // Перспективы развития информационных технологий: Труды Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Кемерово, 29–30 мая 2014 года / Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Международный научно-образовательный центр КузГТУ-Arena Multimedia. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2014. – С. 288–289.

Научный руководитель: Тоичкин Николай Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры Информатики и вычислительной техники, Апатитский филиал Мурманского арктического государственного университета, Апатиты, Россия.

Проектирование информационной системы интеллектуальной технической диагностики производственных процессов

Аннотация. В современном мире промышленное производство играет ключевую роль в экономическом развитии страны и регионов. Для обеспечения эффективной работы предприятий необходимо постоянно совершенствовать методы и технологии, направленные на повышение надежности и безопасности производственных процессов путем разработки систем интеллектуальной технической диагностики. Анализ и исследование методов проектирования систем интеллектуальной диагностики, в данной работе, основываются на стандартах CRISP-DM и MLOps. В рамках данной работы разработаны модели машинного обучения прогнозирования временных рядов, предназначенные для предиктивной диагностики промышленного оборудования. С помощью фреймворка MLflow, разработанные модели регистрируются в рабочей среде для дальнейшей интеграции в производственный цикл.

Ключевые слова: предиктивная диагностика, машинное обучение, рекуррентные нейронные сети, аномалии, временные ряды, информационная система, фреймворк MLflow.

Daniil P. Vorsin*

Nikolay A. Toichkin

Apatity branch of Murmansk Arctic State University, Apatity, Russia

* danil.vorsin89@mail.ru

Design of an information system for intelligent technical diagnostics of production processes

Abstract. In the modern world, industrial production plays a key role in the economic development of the country and regions. To ensure the efficient operation of enterprises, it is necessary to constantly improve methods and technologies aimed at increasing the reliability and safety of production processes by developing intelligent technical diagnostics systems. The analysis and research of methods for designing intelligent diagnostic systems in this paper are based on the CRISP-DM and MLOps standards. Within the framework of this work, machine learning models for forecasting time series designed for predictive diagnostics of industrial equipment were developed. Using the MLflow framework, the developed models are registered in the working environment for further integration into the production cycle.

Keywords: predictive diagnostics, machine learning, recurrent neural networks, anomalies, time series, information system, MLflow framework.

Одним из подходов к построению интеллектуальной части системы предиктивной аналитики, который зарекомендовал себя за последнее десятилетие, является подход, основанный на методах и алгоритмах машинного обучения. Методы машинного обучения позволяют преобразовывать наборы данных в модели. Выбор алгоритма для решения данной задачи зависит от ее типа, характера данных и доступных вычислительных ресурсов. Такие интеллектуальные методы, основанные на данных, в последнее время привлекают все большее число исследователей [1, 2].

В работе разработка системы интеллектуальной диагностики выполняется для барабанно-шаровой мельницы, используемой на горно-обогатительном предприятии компании ФосАгро для измельчения на мелкие фракции твердых рудных материалов. Целью работы является исследование и анализ методов разработки архитектуры системы интеллектуальной диагностики, применяемой для выявления аномалий функционирования

технологического процесса и обеспечения промышленной безопасности, с использованием алгоритмов машинного обучения. На рисунке 1 представлена схема архитектуры системы интеллектуальной диагностики.

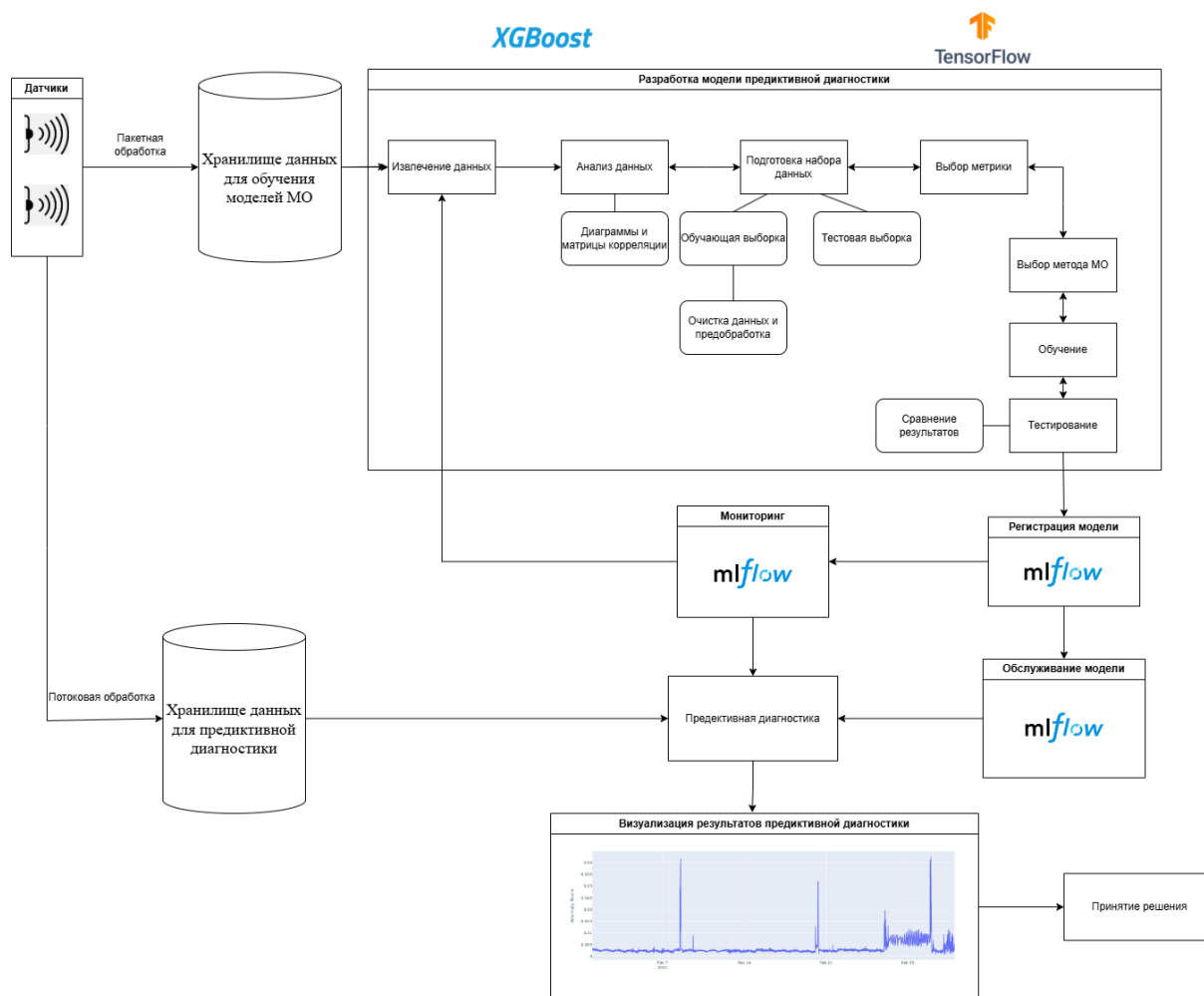


Рис. 1. Схема архитектуры системы предиктивной диагностики

В процессе разработки моделей предиктивной диагностики применяется ряд этапов анализа и исследований данных, соответствующих межотраслевому стандарту CRISP-ML: определение целей анализа данных; сбор и контроль качества данных; очистка и предварительная обработка данных; выбор метрики для оценки качества модели; выбор методов машинного обучения; построение и обучение моделей; оценка результатов работы алгоритмов [3]. Для дальнейшей интеграции разработанной модели машинного обучения в производственный процесс необходимо использовать методы, соответствующие стандарту MLOps: регистрация, мониторинг, развертывание модели и предиктивную диагностику [4]. После осуществления предиктивной диагностики, результат работы модели машинного обучения визуализируется в удобном виде для специалиста, принимающего решение.

Разработка модели предиктивной диагностики, в данной работе, основана на методах прогнозирования временных рядов. Временной ряд содержит информацию об как изменениях заданного параметра с течением времени. Примером временного ряда в работе служат технологические данные с датчиков, установленных на оборудовании барабанно шаровой-мельницы, которые считываются каждые 5 минут [5, 6].

Для разработки моделей предиктивной диагностики используются два набора данных, используемые для обучения и тестирования модели. Первый набор данных содержит информацию о дефектах мельницы. Это журнал простоев – список остановок мельницы на ремонт с указанием дат начала и окончания ремонта и описанием выполненных работ и причин. Второй набор данных содержит исторические данные с 47 датчиков, установленных на шаровой барабанной мельнице и сопутствующем оборудовании, которые содержат реальные характеристики и одну двоичную. Физические характеристики представляют собой значения технологических параметров и описание состояния устройства – включено/выключено.

Прогнозы, выполненные моделью, позволят реализовать предиктивную аналитику, и сравнить полученный результат с реальными данными, собираемыми с промышленной системы, в режиме реального времени, что позволит информационной системе оперативно отследить рост аномальности в работе оборудования.

Перед разработкой моделей МО применяются методы предобработки данных, используемых для обучения моделей. С помощью матрицы корреляции Пирсона отбираются признаки для обучения моделей МО, если существует высокая корреляция между двумя признаками, то один из них отбрасывается из-за их сходства. При превышении 85 % сходства отбрасывается тот признак, который изменяется меньше всего при поломке устройства. Выбранные признаки используются для подготовки обучающей и тестовой выборки. При этом, обучающая выборка включает лишь часть показаний датчиков и состояния мельницы (работоспособное/аварийное). Используются показания датчиков, которые были получены исключительно во время работы устройства, поскольку отключенное устройство уже считается аномальным явлением.

Выявление и устранение выбросов и шумов в обучающей выборке, которые являются прямым результатом несовершенства измерительных приборов, достигается за счет использования межквартильного интервала – статистического показателя, количественно определяющего дисперсию одномерного распределения случайной величины. Для улучшения качества модели предиктивной диагностики данные, масштабируются, поскольку показания датчиков, содержат разные значения, например, давление в 1 бар и температуру в 1 градус, будут восприниматься моделью одинаково, что ухудшит качество обнаружения аномалий.

Для прогнозирования временных рядов используются два метода машинного обучения: градиентный бустинг и рекуррентные нейронные сети [7, 8]. Эти методы применяются для анализа закономерностей и тенденций, присутствующих в данных временных рядов, и для составления прогнозов на будущее. Для разработки алгоритмов с использованием перечисленных выше методов, в работе применяются программные библиотеки XGBoost и TensorFlow, реализованные на языке программирования Python, с помощью которых осуществляется обучение и тестирования моделей машинного обучения. В результате разработанные модели сравниваются между собой, и выбирается наилучшая модель, при этом со всех этапов разработки можно вернуться на предыдущие этапы для доработки модели.

Для того чтобы применить результаты работы полученных моделей машинного обучения, требуется связать их с системами способными обрабатывать огромный объем данных, получаемых с расположенных на устройствах диагностики датчиков, и позволяющих интегрировать модели в рабочую среду. Для осуществления интеграции используется фреймворк MLflow. MLflow – это фреймворк с открытым исходным кодом, предназначенный для управления жизненным циклом моделей машинного обучения [9]. С помощью MLflow модель МО проходит регистрацию в рабочей среде. После чего за зарегистрированной моделью осуществляется обслуживание и ведется постоянный мониторинг производительности и качества прогнозирования, а в случае неудовлетворения

целей предиктивной диагностики, модель снова отправляется в цикл разработки для внесения изменений и тестирования. Ниже представлен фрагмент кода для регистрации модели машинного обучения в MLflow (листинг 1).

Листинг 1

```
!pip install mlflow --quiet
!pip install pyngrok --quiet
import mlflow
from pyngrok import ngrok

with mlflow.start_run(run_name="MLflow on Colab"):
    mlflow.log_metric("m1", 2.0)
    mlflow.log_param("p1", "mlflow-colab")
    get_ipython().system_raw("mlflow ui --port 5000 &")
    ngrok.kill()
    NGROK_AUTH_TOKEN= "2igqPcXaExGyiaqBM9SKIUGIJsJ_7FJ6qxVLcxM8FBuRBK6u8"
    ngrok.set_auth_token(NGROK_AUTH_TOKEN)
    ngrok_tunnel = ngrok.connect(addr="5000", proto="http", bind_tls=True)
    print("MLflow Tracking UI:", ngrok_tunnel.public_url)
    with mlflow.start_run():
        modelGB.load_data()
        modelGB.train()
        modelGB.evaluate()
        mlflow.log_param("tree_depth", max_depth)
        mlflow.log_metric("precision", model.precision)
        mlflow.log_metric("recall", model.recall)
        mlflow.log_metric("accuracy", model.accuracy)
        mlflow.sklearn.log_model(modelGB, "modelGB",
                                registered_model_name="GradientBoosting")
```

Данные, используемые для осуществления предиктивной диагностики на производстве поступают в отдельное хранилище в поточном режиме реального времени, так как они соответствуют текущим показаниям устройств и сравниваются с прогнозом, сделанным моделью предиктивной диагностики. Результаты предиктивной диагностики визуализируются в удобную для восприятия экспертом форму, например, в виде графика на дашборд, где уже на его основе принимаются решения о продолжении работы промышленного оборудования или о приостановке работы устройства для осуществления технического обслуживания. С помощью метрики F β -меры осуществляется поиск оптимального порога классификации являются ли показания датчиков аномальными. Если значение аномальности превышает заданный порог, то тогда на дашборде выводится предупреждение, а затем если ситуация в показаниях устройства не изменилась и степень аномальности параметров продолжает увеличиваться, то выводится информация о необходимости перевода устройства в режим останова, с выдачей предупредительных сигналов о возможной аварии. При этом необходимая информация фиксируется в базе данных.

Таким образом, результатом работы являются модели предиктивной диагностики, разработанные с помощью методов градиентного бустинга и рекуррентных нейронных сетей, осуществляющих прогнозирование аномальных выбросов в временных рядах по отказам и временным остановам оборудования. Модели оцениваются с помощью F β -меры, позволяющей контролировать точность и полноту, а с помощью фреймворка MLflow интегрируются в рабочую среду.

Спроектированная система интеллектуальной диагностики для обеспечения безопасности промышленной системы, позволяет выявлять аномалии в процессе работы

промышленного оборудования в производстве, что в свою очередь дает следующие преимущества: сокращение времени обнаружения неисправностей, повышение эксплуатационной надежности и эффективности работы оборудования, сокращение затрат на ремонт и обслуживание оборудования, увеличение интервалов времени между техническим обслуживанием оборудования.

В результате исследования были разработаны модели машинного обучения для прогнозирования временных рядов, которые могут быть использованы в системах интеллектуальной технической диагностики промышленного оборудования. Применение этих моделей позволит повысить надёжность и безопасность производственных процессов, а также обеспечить эффективную работу предприятий.

Использование стандартов CRISP-DM и MLOps позволяет провести глубокий анализ методов проектирования систем интеллектуальной диагностики. Фреймворк MLflow обеспечивает удобную регистрацию, мониторинг и обслуживание разработанных моделей предиктивной диагностики в рабочей среде, что является важным шагом для их интеграции в производственный цикл.

Список литературы

1. Y. Kong and F. Chu, "Dictionary Learning-based Intelligent Recognition Method Towards Machinery Fault Diagnostics," 2022 IEEE International Conference on Sensing, Diagnostics, Prognostics, and Control (SDPC), Chongqing, China, 2022, pp. 145–149.
2. Стебаков, И. Н. Интеллектуальная диагностика неисправностей роторных систем / И. Н. Стебаков, А. В. Корнаев, Е. П. Корнаева // Энерго- и ресурсосбережение – XXI век: Материалы XIX международной научно-практической конференции, Орёл, 10–12 ноября 2021 года / Под редакцией А. Н. Качанова, Ю. С. Степанова. – Орел: Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, 2021. – С. 100–105.
3. Разработка решений Industry 4.0 на основе управления бизнес-процессами на основе данных / Т. Цветко, А. Куммер, Т. Рупперт, Й. Абоньи // Журнал CIRP по производственной науке и технологиям. – 2022. – Т. 36. – С. 117–132.
4. Yamikov, R. R. Analysis and development of the MLOps pipeline for deploying machine learning models / R. R. Yamikov, K. A. Grigoryan // Electronic libraries. – 2022. – Vol. 25, No. 2. – Pp. 177–196.
5. D. Vorsin and N. Toichkin, "Development of a Machine Learning Model for Production Facility Predictive Diagnostics," 2024 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Sochi, Russian Federation, 2024, pp. 1012–1017.
6. Ворсин, Д. П. Разработка модели предиктивной диагностики барабанно-шаровой мельницы с использованием алгоритмов машинного обучения / Д. П. Ворсин // Актуальные проблемы недропользования: тезисы докладов участников XIX Международного форума-конкурса студентов и молодых ученых, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, 21–27 мая 2023 года / Санкт-Петербургский горный университет. Том 2. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2023. – С. 27–30.
7. Фролов, А. И. Анализ алгоритма градиентного бустинга для целей прогнозирования / А. И. Фролов // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО: XLVIII научная и учебно-методическая конференция Университета ИТМО, Санкт-Петербург, 29 января 2019 года. Том 1. – Санкт-Петербург: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», 2019. – С. 285–288.
8. Базаров, С. А. Архитектуры нейронных сетей для систем прогнозирования / С. А. Базаров, Н. И. Томилова // Актуальные исследования. – 2024. – № 15-1(197). – С. 38–44.
9. Куприянов, С. И. О подходе к построению интеллектуальных систем на основе парадигмы MLOPS / С. И. Куприянов, И. А. Радченко // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 9. – С. 158–161.

Научный руководитель: Тоичкин Николай Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры Информатики и вычислительной техники Апатитского филиала Мурманского арктического государственного университета, Апатиты, Россия.

Разработка алгоритма развития логистических систем предприятия горно-химической промышленности с применением предиктивной аналитики

Аннотация. В работе представлен алгоритм, использующий методы предиктивной аналитики для развития наиболее эффективных логистических систем горно-химического предприятия Нивенский ГОК. Алгоритм основывается на машинном обучении и математическом моделировании, что позволяет прогнозировать спрос, оптимизировать транспортные маршруты и управлять рисками поставок. Использование модели привело к снижению времени доставки на 15 %, уменьшению затрат на логистику на 10 %, и улучшению точности прогнозирования спроса, что сократило избыточные запасы на 20 %. Разработанный подход может быть применен как для существующих, так и для новых проектов в отрасли.

Ключевые слова: логистические системы, машинное обучение, предиктивный анализ, горно-химический, промышленное предприятие, алгоритм.

Iuliia A. Domakhina*
Sergey V. Solodov
NUST MISIS, Moscow, Russia
* idomakhina@misis.ru

Development of an algorithm for the development of logistics systems of a mining and chemical industry enterprise using predictive analytics

Abstract. The authors present an algorithm that uses predictive analytics methods to develop the most efficient logistics systems for the Nivensky GOK mining and chemical plant. The algorithm is based on machine learning and mathematical modeling, which allows demand forecasting, transport routes optimization, and supply risk management. Using the model resulted in a 15 % reduction in delivery time, a 10 % reduction in logistics costs, and an improvement in the accuracy of demand forecasting, which reduced excess inventory by 20 %. The developed algorithm can be applied to both existing and new projects in the industry.

Keywords: logistics systems, machine learning, predictive analysis, mining and chemical, industrial enterprise, algorithm.

Сегодня структура и функционирование промышленных предприятий стали более сложными, в связи с тем, что их логистические системы подвержены влиянию широкого спектра возможных ограничений. Геополитические, экономические, социальные и множество других факторов нарушают системность развития потока реализации продукции, что требует повышение способности предприятия быстро и эффективно реагировать на непредвиденные ситуации, что немаловажно в горно-химической отрасли, где продукция требует специфических условий транспортировки и хранения.

В развитии логистических систем горно-химические предприятия сталкиваются со следующими проблемами:

- нестабильность в цепочках поставок: геополитические риски вызывают перебои в поставках готовой продукции, а также затрудняют доступ к необходимым материалам для развития самого горно-химического производства;
- кризис в транспортной отрасли: зависимость поставок от уязвимой транспортной инфраструктуры, таких как морские порты, железные дороги или автодороги, изменение конъюнктуры в политике возникают ограничения доступности и рост стоимости перевозок;

- деградация транспортно-логистической инфраструктуры в различных регионах России;
- внедрение цифровых технологий и другое.

Вышеперечисленные факторы наиболее актуальны для новых российских проектов горно-химических предприятий. Например, для Нивенского ГОК – проекта предприятия по производству премиальных минеральных удобрений – сульфата калия (далее – SOP), расположенного на территории Нивенского месторождения Калининградской области).

В связи с высокой востребованностью и актуальностью использования минеральных удобрений на мировом рынке эффективное развитие логистических систем Нивенского ГОК, с учетом ограниченности региональных транспортных ресурсов, нехватки мощностей и геополитической ситуации, может быть поддержано с помощью предиктивной аналитики.

В условиях нестабильного рынка и ограниченных ресурсов Нивенскому ГОК необходимо на начальном уровне развития наиболее эффективно прогнозировать спрос и варианты оптимизации транспортных маршрутов. Наиболее практичным решением для преодоления таких сложностей является использование алгоритма развития логистических процессов с использованием методов предиктивной аналитики, включая возможности машинного обучения для прогнозирования и планирования структуры будущих логистических комплексов.

В данной работе методом для прогнозирования является использование разработанного алгоритма, основывающегося на принципах математического моделирования, включая использование моделей машинного обучения. Данная комбинация поможет спрогнозировать, а также в будущем проводить мониторинг эффективности логистических систем в реальном времени и случаев возникновения аномалий.

В представленной исследовательской работе о достижениях цели развития логистических систем нового проекта горно-химического предприятия Нивенского ГОК использован специально сформированный набор данных (выборка исторических и реальных данных о существующих промышленных предприятиях), коррелирующих по параметрам и соответствующим признакам.

Для управления рисками поставок введены входные данные (X), охватывающие различные признаки и их значения, прогнозные значения модели (Y), параметры модели (Θ), представляющие веса или коэффициенты, привязанные к каждому признаку. Стоит подчеркнуть, что основной целью модели машинного обучения является минимизация целевой функции (J), релевантной для выбранного алгоритма и задачи. Эта функция количественно определяет несоответствие между прогнозируемыми значениями и фактическими результатами в данных обучения модели. Конечной целью процесса обучения модели является обнаружение оптимальных значений параметров (Θ^*), которые минимизируют эту целевую функцию, представленную математически. Дополнительно введено критически важные концепции, такие как набор данных для обучения (D_{train}), содержащий помеченные примеры, используемые для перемещения модели, и набор данных для тестирования (D_{test}), используемый для оценки производительности модели. Наконец, в нем упоминаются основные метрики оценки и гиперпараметры, которые влияют на поведение модели.

Алгоритм. Прогностическая аналитика в управлении рисками цепочки поставок:

- 1) входные данные: предварительно обработанный набор данных, выбранные характеристики и переменные отклика;
- 2) выходные данные: обученные прогнозные модели, результаты оценки моделей;
- 3) инициализация пустых списков «feature_list» и «response_list» для хранения выбранных функций и переменных ответа;

- 4) для каждой выбранной функции «feature» в выбранных функциях:
 - а. добавлено «feature» к «feature_list»;
- 5) для каждой выбранной переменной-ответа «ответ» в переменных ответа:
 - а. добавлено «response» в «response_list»;
- 6) подготовлена матрица признаков «X» путем извлечения признаков из предварительно обработанного набора данных с помощью «списка признаков»;
- 7) подготовлен вектор ответа «y» путем извлечения переменных ответа из предварительно обработанного набора данных с помощью «response_list»;
- 8) разделен набор данных на обучающие и тестовые подмножества, обеспечивающий временную целостность, если это применимо;
- 9) для каждой модели прогнозирования «модель», подлежащей обучению:
 - а. инициализирован пустой экземпляр модели с соответствующими параметрами;
 - б. обучена «модель» с использованием обучающегося подмножества, матрицы признаков «X» и вектора отклика «y»;
- 10) выполнена оценка модели с использованием тестового подмножества:
 - а. для каждой обученной модели «model»:
 - i. сделаны прогнозы на тестовом подмножестве с использованием «model» и матрицы признаков «X»;
 - ii. оценены показатели эффективности модели (точность, достоверность, полнота, оценка F1, среднеквадратичное отклонение) на основе прогнозируемых значений и истинных значений отклика;
- 11) выбраны наиболее эффективные прогностические модели на основе показателей оценки или критериев, специфичных для конкретной области;
- 12) произведена настройка гиперпараметров модели для оптимизации ее производительности;
- 13) выведена обученная прогнозная модель «best_model» и результаты оценки модели.

Упрощенно с использованием программного кода данный алгоритм работы выглядит следующим образом:

```
model_arima_fit = model_arima.fit()
forecast_arima = model_arima_fit.forecast(steps=10)
print("Прогноз ARIMA:")
print(forecast_arima)

# Градиентный бустинг для прогнозирования
X = data.drop(columns=['demand'])
y = data['demand']

# Разделение данных на обучающую и тестовую выборки
from sklearn.model_selection import train_test_split
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

# Обучение модели градиентного бустинга
gb_model = GradientBoostingRegressor(n_estimators=100, learning_rate=0.1, max_depth=3)
gb_model.fit(X_train, y_train)

# Прогнозирование
y_pred = gb_model.predict(X_test)
print("Прогноз Градиентного бустинга:")
print(y_pred)

# Симуляция изменения входных данных
def simulate_changes(model, data, change_factor):
    modified_data = data.copy()
    modified_data *= change_factor
    prediction = model.predict(modified_data)
    return prediction

simulation_result = simulate_changes(gb_model, X_test, 1.1)
print("Результаты симуляции:")
print(simulation_result)
```

В целом, представленная математическая модель дает основу для понимания того, как работают алгоритмы машинного обучения в рамках поставленной задачи. Она включает входные данные, параметры модели, целевую функцию, наборы данных для обучения и тестирования.

Благодаря использованной модели разработанного алгоритма были получены следующие результаты:

- сокращено время доставки материалов на 15 % и снижены затраты на логистику на 10 %;
- улучшение точности прогнозирования спроса, что в свою очередь снизило уровень избыточных запасов на 20 %;
- увеличение общего уровня доставки с учетом заявленных ограничений развития Нивенского ГОК.

Разработанный алгоритм по развитию логистических процессов продемонстрировал эффективность в разработке оптимальной стратегии логистической деятельности предприятия, что подтверждается результатами, полученными на основе данных работающих предприятий горно-химической промышленности. Модель успешно сократила уровень запасов на складе и повысила производительность транспортной системы. Важно отметить, что разработанный алгоритм может быть применен не только на существующих производствах, но и при проектировании новых логистических систем.

Список литературы

1. Власова, Н. П. Методы оптимизации логистических систем в условиях неопределенности / Н. П. Власова, И. В. Лебедев. – М.: Изд-во МГТУ, 2022. – 184 с.
2. Васильев, А. В. Логистические технологии в горной промышленности / А. В. Васильев. – Санкт-Петербург: Наука, 2021. – 152 с.
3. Дьяков, С. А. Применение предиктивной аналитики в управлении рисками логистических систем / С. А. Дьяков. – Новосибирск: СибГУ, 2023. – 134 с.
4. Кузнецова, И. Ю. Влияние геополитических рисков на логистику горно-химической отрасли / И. Ю. Кузнецова. – Екатеринбург: УралГТУ, 2021. – 211 с.
5. Михайлов, А. Б. Использование методов машинного обучения для оптимизации логистики / А. Б. Михайлов. – Казань: КНИТУ, 2020. – 178 с.
6. Петрова, О. В. Риски и устойчивость логистических цепочек в горной промышленности / О. В. Петрова. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2022. – 159 с.
7. Christopher, M. Logistics & Supply Chain Management / M. Christopher. – 5th ed. – London: Pearson Education, 2016. – 350 p.
8. He, H. Risk management in global supply chains / H. He, Y. Wang. – Berlin: Springer, 2020. – 275 p.
9. Liu, X. Predictive analytics in supply chain management: A review / X. Liu, J. Zhang. – Journal of Business Research, 2021, vol. 118, p. 439-450. DOI: 10.1016/j.jbusres.2020.07.021.
10. Smith, J. A. Machine Learning for Predictive Analytics in Logistics / J. A. Smith, R. L. Jones. – Cambridge: MIT Press, 2022. – 298 p.

Научный руководитель: Солодов Сергей Владимирович, к.т.н., доцент, директор института компьютерных наук НИТУ МИСИС, Москва, Россия.

Миннахметов Фирдус Фидаилевич^{1*}

Юрченко Яна Александровна¹

Гафуров Наиль Рустемович²

Валеев Эмиль Русланович²

Харитонов Евгений Васильевич²

¹ ФГБОУ ВО «КНИТУ», Казань, Россия

² ГБОУ ВО «АГНИ», Альметьевск, Россия

* mcfirdus@gmail.com

Машинное обучение совместно с модельной установкой – инструмент для оптимизации процессов перекачки углеводородов трубопроводным способом

Аннотация. В условиях современного энергетического рынка оптимизация процессов перекачки углеводородов является важной задачей для повышения эффективности и безопасности транспортировки. Данная работа исследует синергетический эффект использования машинного обучения в сочетании с модельной установкой для оптимизации процессов трубопроводной перекачки углеводородов.

В рамках исследования представлены методы машинного обучения, применяемые для анализа данных, полученных с модельной установки, что позволяет выявлять закономерности, предсказывать поведение системы и обеспечивать адаптивное управление процессами.

Результаты работы подчеркивают важность интеграции современных технологий в традиционные методы транспортировки углеводородов, что открывает новые возможности для повышения надежности и эффективности трубопроводного транспорта.

Ключевые слова: машинное обучение, модельная установка, оптимизация, перекачка углеводородов, трубопроводный транспорт.

Firdus F. Minnakhmetov^{1*}

Yana A. Yurchenko¹

Nail R. Gafurov²

Emil R. Valeev²

Evgeniy V. Kharitonov²

¹ KNRTU, Kazan, Russia

² ASTU HSP, Almet'yevsk, Russia

* mcfirdus@gmail.com

Machine learning in conjunction with a model installation is a tool for optimizing the processes of pumping hydrocarbons by pipeline

Abstract. In the conditions of the modern energy market, optimization of hydrocarbon pumping processes is an important task to improve the efficiency and safety of transportation. This work explores the synergistic effect of using machine learning in combination with a model installation to optimize the processes of pipeline pumping of hydrocarbons.

The research presents machine learning methods used to analyze data obtained from a model installation, which makes it possible to identify patterns, predict system behavior and provide adaptive process management.

The results of the work emphasize the importance of integrating modern technologies into traditional methods of hydrocarbon transportation, which opens up new opportunities to improve the reliability and efficiency of pipeline transport.

Keywords: machine learning, model installation, optimization, pumping of hydrocarbons, pipeline transport.

Современное общество сталкивается с растущими проблемами в области энергетики, что делает эффективность транспортировки углеводородов особенно актуальной темой. Трубопроводный транспорт углеводородов, основной способ доставки нефти и газа потребителям, требует постоянного совершенствования технологий и процессов. Одной из наиболее перспективных областей в этой теме является внедрение методов машинного обучения, которые позволяют анализировать большие объемы данных и выявлять скрытые закономерности, которые способствуют оптимизации процессов перекачки [1, 2].

Модели представляют собой экспериментальные системы, которые воспроизводят реальные условия эксплуатации трубопроводных систем и предоставляют данные, необходимые для анализа. В сочетании с применением машинного обучения модельные блоки открывают новые горизонты для повышения эффективности и надежности трубопроводного транспорта. С помощью методов машинного обучения можно улучшить прогнозирование характеристик транспортируемых потоков, выявить аномалии и оптимизировать режимы работы насосных установок [3, 4, 5].

В этой работе основное внимание будет уделено тому, как можно использовать современные алгоритмы машинного обучения для анализа данных, полученных из конфигурации модели. Основная цель исследования заключается в разработке комплексного подхода к повышению эффективности и безопасности трубопроводной транспортировки углеводородов с использованием инновационных методов.

Анализ и прогнозирование данных будут проводиться с применением Python, что обеспечит эффективное использование различных библиотек и инструментов машинного обучения. Удобство и функциональные возможности языка Python позволят выполнять сложные вычисления, обрабатывать большие объемы данных и создавать точные модели для оптимизации процессов перекачки углеводородов. Использование библиотек, таких как Pandas, NumPy и SciPy для анализа данных, а также Scikit-learn, TensorFlow или Keras для разработки прогностических моделей, позволит достичь высоких результатов в исследовании и оптимизации трубопроводных систем.

Для исследования применения машинного обучения для оптимизации процессов перекачки углеводородов с использованием модельной установки можно выделить несколько основных методов машинного обучения, подходящих для анализа и прогноза данных:

- Регрессия: линейная регрессия используется для прогнозирования значений (например, расхода нефти или давления в трубопроводе) на основе других переменных; полиномиальная регрессия помогает моделировать нелинейные зависимости между переменными.
- Деревья решений используются для построения моделей, которые могут интерпретировать и предсказывать поведение системы на основе набора правил.
- Методы ансамблирования: случайный лес (Random Forest) объединяет несколько деревьев решений для повышения точности предсказаний и уменьшения переобучения; градиентный бустинг (Gradient Boosting) улучшает предсказания за счет последовательного обучения слабых моделей.
- Классификация: логистическая регрессия применяется для бинарной классификации событий (например, утечка или безопасность системы); метод опорных векторов (SVM) используется для классификации и регрессии, эффективно работает с многомерными данными.
- Нейронные сети могут использоваться для сложных зависимостей и обработки больших объемов данных, включая временные ряды.
- Кластеризация помогает в сегментации данных для выявления паттернов и групп в данных, что может быть полезно для анализа аномалий или выявления различных режимов работы системы.
- Анализ временных рядов с моделями ARIMA или LSTM (Long Short-Term Memory) необходимы для анализа и прогнозирования временных зависимостей, таких как динамика давления и расхода в трубопроводе.
- Алгоритмы оптимизации, например, генетические алгоритмы или градиентный спуск применяется для нахождения оптимальных параметров системы [6].

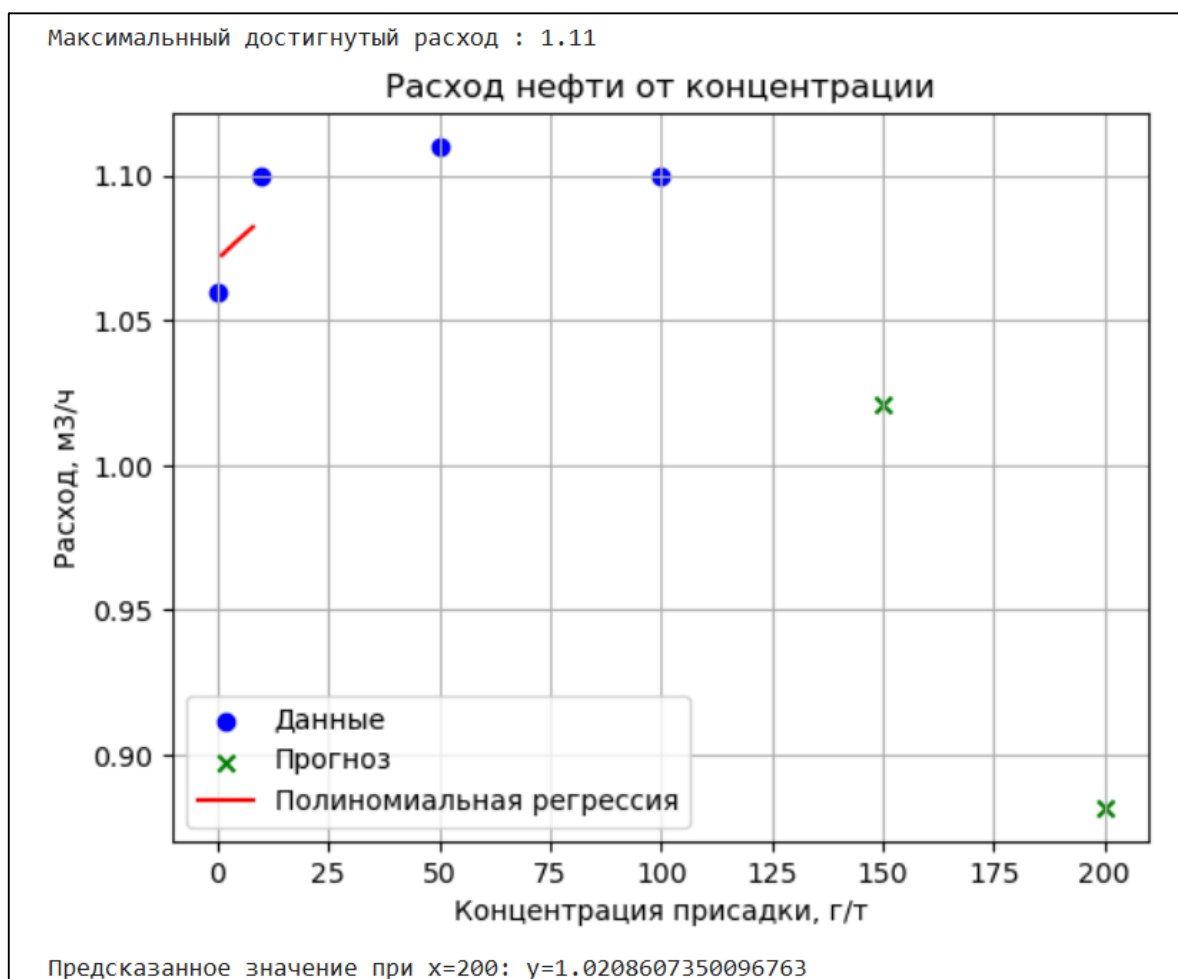


Рис. 1. Пример прогноза расхода нефти от концентрации присадки

Модельные установки позволяют собирать разнообразные экспериментальные данные в режиме реального времени, что способствует более глубокому пониманию процессов, происходящих при перекачке углеводородов. В качестве получаемых данных можно использовать:

- Гидродинамические параметры:
 - Давление в трубопроводе на разных участках системы, которое может меняться в зависимости от расхода и состояния жидкости.
 - Расход углеводорода, который измеряется с использованием расходомеров, позволяя отслеживать эффективность перекачки.
 - Температура, которая может влиять на вязкость и, соответственно, на поведение жидкости в трубопроводе.
- Химическую характеристику, такую как состав транспортируемых углеводородов, включая наличие примесей и их концентрацию, что важно для предотвращения коррозии и образования отложений в трубопроводах.
- Энергетические затраты на перекачку, включая мощность насосов и потребление электроэнергии, позволяющие оценить эффективность работы системы.
- Влияние внешних факторов, таких как температура окружающей среды и давление, которые могут оказывать влияние на процессы внутри трубопровода.

Сочетание машинного обучения с модельными установками для оптимизации процессов транспортировки углеводородов по магистральным трубопроводам оказывает заметное воздействие на энергоэффективность отрасли трубопроводной перекачки углеводородов

на большие дистанции, оптимизируя режим работы насосов, прогнозируя предотвращая аварии, адаптируя управление и подбирая оптимальный материал.

Таким образом, интеграция машинного обучения с модельными установками не только оптимизирует процессы перекачки углеводородов, но и существенно повышает энергоэффективность магистральных трубопроводов. Эти достижения могут привести к значительным экономическим преимуществам, снижению углеродного следа и развитию более устойчивых технологий в сфере транспортировки углеводородов. В условиях глобальных вызовов, связанных с климатическими изменениями и переходом к устойчивому энергетическому развитию, реализация таких инноваций становится важным шагом на пути к обеспечению эффективного и безопасного энергетического будущего.

Список литературы

1. Якубов М. Р. Состав и свойства продуктов взаимодействия асфальтенов тяжелых нефтей с серной кислотой // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 7. – С. 227–233.
2. Технология цифрового двойника для тестирования присадок при перекачке жидкостей по магистральным трубопроводам / Я. А. Юрченко, Э. Р. Валеев, Н. Р. Гафуров, Ф. Ф. Миннахметов // Транспорт и хранение углеводородов : Тезисы докладов V Всероссийской научно-технической конференции молодых учёных, Омск, 26 апреля 2024 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2024. – С. 25–27. – EDN DXXYXL.
3. Харитонов Е. В., Байбекова Л. Р., Шарифуллин А. В., Годящева М. В., Лабораторный стенд для испытания реагентов для трубопроводного транспорта и его модернизация к системе «из насоса в насос» / Вестник технологического университета. 2022, т.25, в.10, с. 36–39
4. Харитонов Е. В., Минеев А. Э., Максимов А. Ф., Годящева М. В., Багеев А. М. Модельная установка магистрального трубопровода для исследования противотурбулентных присадок // Трубопроводный транспорт углеводородов. 2022. С. 44–45.
5. Миннахметов Ф. Ф., Юрченко Я. А., Гафуров Н. Р., Байбекова Л. Р., Харитонов Е. В., Шарифуллин А. В. Применение нейронной сети в использовании модельной установки магистрального трубопровода для улучшения расчетной проработки объектов добычи и транспортировки нефти // Сборник научных трудов по материалам VIII Международной молодежной научной конференции «TATARSTAN UPEXPRO 2024», Казань. – 2024. – С. 163–166.
6. Шлыков С. В. Применение методов машинного обучения для автоматизации процессов в нефтегазовой отрасли // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2023. № 2. С. 46–53

Научный руководитель: Байбекова Лия Рафаэловна, кандидат технических наук, доцент кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, ФГБОУ ВО «КНИТУ», Казань, Россия; Шарифуллин Андрей Виленович, доктор технических наук, профессор кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, ФГБОУ ВО «КНИТУ», Казань, Россия.

Пичахчи Александр Владимирович
*ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,
Донецк, ДНР, Россия, pichakhchi.a.v@yandex.ru*

Особенности диагностирования механического оборудования при использовании стационарных систем вибрационного контроля

Аннотация. Статья посвящена технической диагностике механического оборудования с использованием стационарных систем вибрационного контроля для анализа вибрационных параметров. Описаны принципы работы таких систем на энергетических машинах с моделями износа и повреждений. Рассмотрены методы диагностики для различных типов оборудования, анализ вибрационных трендов, экспертные модули и алгоритмы классификации для оценки состояния и стабильности работы.

Ключевые слова: стационарные системы вибрационного контроля, контроль и защита оборудования, вибрационные параметры, износ оборудования, энергетические машины.

Aleksandr V. Pichakhchi
*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"Donetsk National Technical University",
Donetsk, DPR, Russia, pichakhchi.a.v@yandex.ru*

Features of Mechanical Equipment Diagnostics Using Stationary Vibration Monitoring Systems

Abstract. The article is devoted to technical diagnostics of mechanical equipment using stationary vibration monitoring systems for the analysis of vibration parameters. The principles of operation of such systems on power machines with wear and damage models are described. Diagnostic methods for various types of equipment, vibration trend analysis, expert modules and classification algorithms for assessing the condition and stability of operation are considered.

Keywords: stationary vibration control systems, equipment control and protection, vibration parameters, equipment wear, power machines.

Относительно решения основной задачи технической диагностики (определение технического состояния) стационарные системы вибрационного контроля выполняют функции контроля и защиты. Основные функции – отслеживание текущих значений вибрационных параметров и сигнализация об их превышении. Этот подход используется при построении стационарных систем энергетических машин, работающих в длительном режиме, дополнительно включающий временные ограничения при эксплуатации с повышенным уровнем вибрации. Стабильность технологических нагрузок, частоты вращения, работа в длительном интервале, постепенное накопление повреждений определяют успешное применение износовой модели развития повреждений. Одновременно, появляется возможность реагирования на отказы типа ступенчатых переходов. Эффективность работы стационарных систем связана с исключением длительной работы агрегата с повышенным уровнем вибрации и остановкой для ремонта внепланового, текущего или капитального.

В последнее десятилетие происходит расширение перечня объектов, оборудованных стационарными системами вибрационного контроля, включая шаровые мельницы, бумагоделательные машины, эксгаустеры, механизмы экскаваторов и др. Алгоритм диагностирования включает экспертные модули, расширяя программное обеспечение переносных систем. Постоянно фиксируются и рассчитываются: значения виброскорости и виброускорения по общему уровню и в спектральных составляющих низко и высокочастотных диапазонах, частота вращения и фаза сигнала, огибающая в различных частотных

диапазонах и др. Программное обеспечение соответствует самым высоким требованиям и обеспечивает: паспортизацию выбранного оборудования, составление диагностического каталога узлов и механизмов, привязку экспертных правил, настройку пороговых коэффициентов, углубленный анализ трендов, спектров, каскадов спектров, форм вибрационного сигнала и др.

Успешное решение задачи оценки технического состояния требует наличия и учёта следующих данных:

- о производственной программе, в виде токовых характеристик для электромеханических систем и значений давления для гидравлических, производительности, расходе и давлении для энергетических машин, силовых нагрузках и др.;
- о фактическом, текущем состоянии в виде интерпретации вибрационных характеристик, температуре, поступлении смазочного материала и др.;
- о проведенных ремонтах, стойкости деталей, видах износа, пятнах контакта зубчатого зацепления, зазорах между элементами и др.

Задачи, решаемые переносными и стационарными системами вибрационного контроля различные. Диагностирование при помощи переносных виброанализаторов позволяет зафиксировать текущее состояние объекта в виде статической картины, используя при этом выбор наиболее информативных точек контроля и дополнительных данных визуального осмотра, анализа шумов, температуры узлов в локальных точках и тепловой картины механизма в целом, других субъективных органолептических и приборных методов. В перечень этих методов можно включить интуицию, опыт и знания эксперта.

Стационарная система отслеживает изменение значений диагностических параметров в контрольных точках (не всегда максимально информативных) для получения динамической картины. Отсутствие данных визуального осмотра, реальной программы загрузки, результатов ремонтных операций не может компенсироваться бесконечными возможностями экспертного модуля. Полученные данные должны расширять и дополнять возможности переносных систем, а не вступать с ними в соревнование. Недостаток данных о ремонтных операциях приходится компенсировать анализом трендов. Длительность анализа, в этом случае определяет решаемые задачи и возможности получения дополнительных данных. Анализируемый период ограничивается временем между двумя проводимыми ремонтами по объёму сравнимыми с капитальными – замена основных элементов и восстановление работоспособного состояния на уровень до 80 % от первоначального.

Анализ трендов в этом случае становится основным источником получения дополнительной информации. Рассмотренные далее примеры относятся к группе однотипных механизмов – шаровых мельниц с частотой вращения двигателя мощностью 4000 кВт – 75 об/мин и барабаном диаметром 5,5 м длиной 6,5 м с частотой вращения 13,68 об/мин. Предполагалось определить некоторые логические правила и зависимости при анализе трендов среднеквадратичного значения виброскорости измеренной в частотном диапазоне 10...1000 Гц в контрольных точках. Базовый интервал – месяц.

Следует выделять кратковременные остановки, кратковременные запуски – результат нарушения технологических или ремонтных операций, профилактические и длительные остановки (см. рисунок).

Дополнительным параметром характер остановки, учитываемый по времени простоя: кратковременный, длительный. Эти данные служат для расчёта коэффициента готовности K_r – одного из комплексных показателей надёжности технической системы:

$$K_r = \frac{T}{T + \tau},$$

где T – время работы, τ – время восстановления.

Большое количество остановок по мельницам свидетельствует о наличии трудно устранимой причины неудовлетворительной работы или использования данных механизмов в качестве «горячего» резерва. При анализе трендов по мельнице появляются признаки: кратковременных запусков и экспоненциального снижения виброскорости после запуска. Они сочетаются с простоями длительностью в несколько суток.

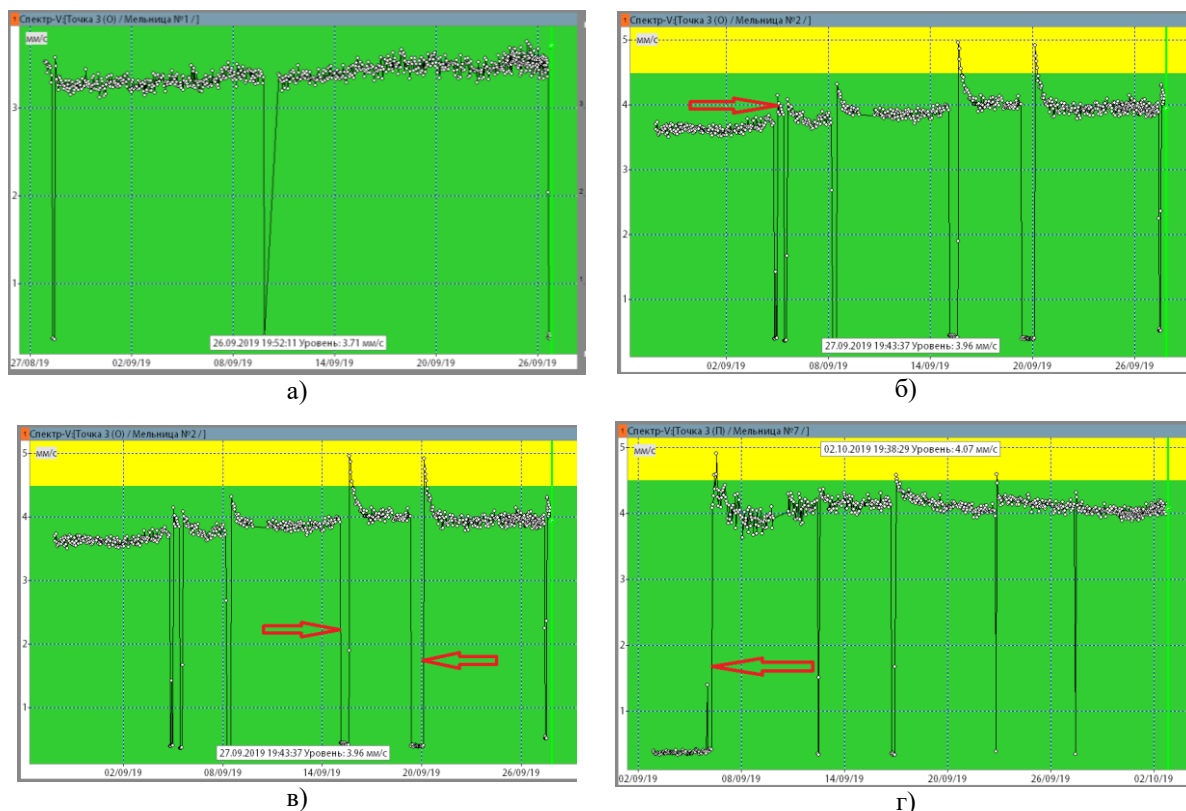


Рис. 1. Виды остановок:

а) кратковременные остановки; б) кратковременные запуски; в) профилактические; г) длительные

При длительной работе можно выделить несколько режимов: стабильной работы, снижения виброскорости, повышения виброскорости, нестабильный. Для оценки нестабильности необходимо учитывать размах пиковых значений, причины увеличения и снижения виброскорости, фиксируемые с периодичностью опроса датчиков – 20 минут.

Очевидно, что у каждого из режимов есть свои причины такого поведения. Стабильная работа соответствует неизменности технического состояния и не требует принятия дополнительных решений о ремонте или техническом обслуживании. Снижение виброскорости может происходить по мере износа шаров и снижении действующей неуравновешенной силы. Повышение виброскорости является признаком действия дополнительных сил или снижения жёсткости подшипниковых опор при ослаблении резьбовых соединений.

В работе стационарной системы по трендам можно установить периоды сбоя и ошибки в проведении измерений. Ошибки при измерении могут быть вызваны электрическими (нарушениями контактов или соединений) и механическими (ослабление крепления, повреждения датчика) причинами.

После запуска вибрация по точке может оставаться постоянной, без изменений, увеличиваться, снижаться или снижаться после запуска. О причинах данных последствий можно рассказать после анализа проводимых ремонтных операций - увеличение вибрации может произойти после замены или дополнительной загрузки шаров.

При работе мельниц наблюдаются отдельные выбросы с увеличением или снижением значений виброскорости. Вопрос состоит в том, как долго ждать принятия решения после таких резких изменений.

Приведенные примеры являются частью возможных реализаций значений виброскорости технической системы во времени. Основные признаки должны быть формализованы и введены в экспертные модули для принятия решений. Например, накопления данных о случаях кратковременного превышения виброскорости, введения показателя стабильности работы, оценки состояния после ремонта и др.

Выводы:

1. Анализ трендов в настоящее время проводится субъективно без учёта качества ремонтных операций и технологических режимов.
2. Приведенные примеры показывают необходимость классификации основных видов трендов и формулировки логических решающих правил.
3. Полученная информация должна учитываться экспертной системой при принятии решений.

Список литературы

1. Шарапов, Р. Р. Шаровые мельницы замкнутого цикла / Р. Р. Шарапов. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2008. – 270 с
2. Амосов, Е. А. Некоторые закономерности работы шаровых мельниц / Е. А. Амосов // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2012. – № 1(33). – С. 219–222.
3. Yoshida T., Kuratani F., Ito T. Taniguc K. Vibration characteristics of an operating ball mill. Journal of Physics Conference Series. 2019;1264(1):012016. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1264/1/012016>.
4. Gauthier N. K., Chiementin X., Rasolofondraibe L., Boujelben A. Diagnostic de défauts d'engrenages assisté par jumeau numérique «Application à la surveillance des broyeurs à boulets». May 2022. <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.28847.41129>.

Научный руководитель: *Сидоров Владимир Анатольевич, д.т.н, профессор, ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет, Донецк, ДНР, Россия.*

Слободин Виктор Андреевич*

Бажин Владимир Юрьевич**

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург, Россия*

** victorslobodin2002@mail.ru*

*** bazhin_vyu@pers.spmi.ru*

Программное обеспечение для балансовых расчетов процессов получения титана

Аннотация. Титановые сплавы являются стратегическими материалами, обеспечивающим устойчивую работу многих отраслей отечественной промышленности. Важной задачей для развития металлургической отрасли является разработка новых месторождений и строительство предприятий по обогащению и переработке титаносодержащих руд. При проектировании и строительстве новых металлургических предприятий необходимо использовать современные информационные системы управления, которые позволяют улучшить показатели и рассмотреть различные сценарии развития технологического процесса. Разработано программное обеспечение (ПО) в среде Python для расчета материальных потоков технологии переработки ильменитовых концентратов. Программы опубликованы в официальном бюллетене Роспатента «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топология интегральных микросхем».

Ключевые слова: титан, разработка ПО, ильменитовые концентраты, титановые шлаки, титаносодержащее сырье, стратегические ресурсы, хлорирование, магниетермия, материальный баланс.

Viktor A. Slobodin*

Vladimir Yu. Bazhin**

*Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
Saint Petersburg, Russia*

** victorslobodin2002@mail.ru*

*** bazhin_vyu@pers.spmi.ru*

Software for balance calculations of titanium production processes

Abstract. Titanium alloys are strategic materials that ensure the sustainable operation of many branches of domestic industry. An important task for the development of the metallurgical industry is the development of new deposits and the construction of enterprises for the enrichment and processing of titanium-containing ores. When designing and building new metallurgical enterprises, it is necessary to use modern information management systems that allow improving performance and considering various scenarios for the development of the technological process. Software has been developed in the Python environment for calculating the material flows of ilmenite concentrate processing technology. The programmes are published in Official Bulletin of Rospatent "Computer programs. Databases. TIC".

Keywords: titanium, software development, ilmenite concentrates, titanium slags, titanium-containing raw materials, strategic resources, chlorination, magnetothermy, material balance.

Титан называют металлом XXI века. Титаносодержащее сырье является стратегическим и геополитическим ресурсом [1]. Без титановых сплавов невозможно представить работу таких отраслей промышленности, как металлургия, энергетика, медицина, авиация, ракетостроение и военно-промышленный комплекс. Отечественная сырьевая база титана может полностью закрыть потребность РФ в этом металле, но на данный момент титановая промышленность всё ещё сильно зависит от импортных концентратов [2].

В связи с включением титана в список дефицитных и стратегически важных металлов, ему уделяется особое внимание в Стратегии развития металлургической промышленности России на период до 2030 г. На территории Российской Федерации запускается

несколько крупных титановых проектов, из них выделяется проект компании «РУСТИ-ТАН» по разработке месторождений Среднего Тимана (Республика Коми), так как запасов Ярегского и Пижемского месторождений хватит на несколько столетий [3].

Проектирование новых предприятий по переработке титановых руд до титановой губки должно сопровождаться разработкой программного обеспечения по расчету материальных балансов отдельных переделов и всей технологической цепочки в целом, что и является целью данной работы [4].

В работе использованы методы идеализации, анализа, обобщения, аналогии и математического моделирования.

Идея работы заключается в создании комплекса программ на базе алгоритмов действия в рамках технологических схем, позволяющих автоматизировать расчеты составов реагентов и продуктов, участвующих в металлургических переделах производства титана [4, 5].

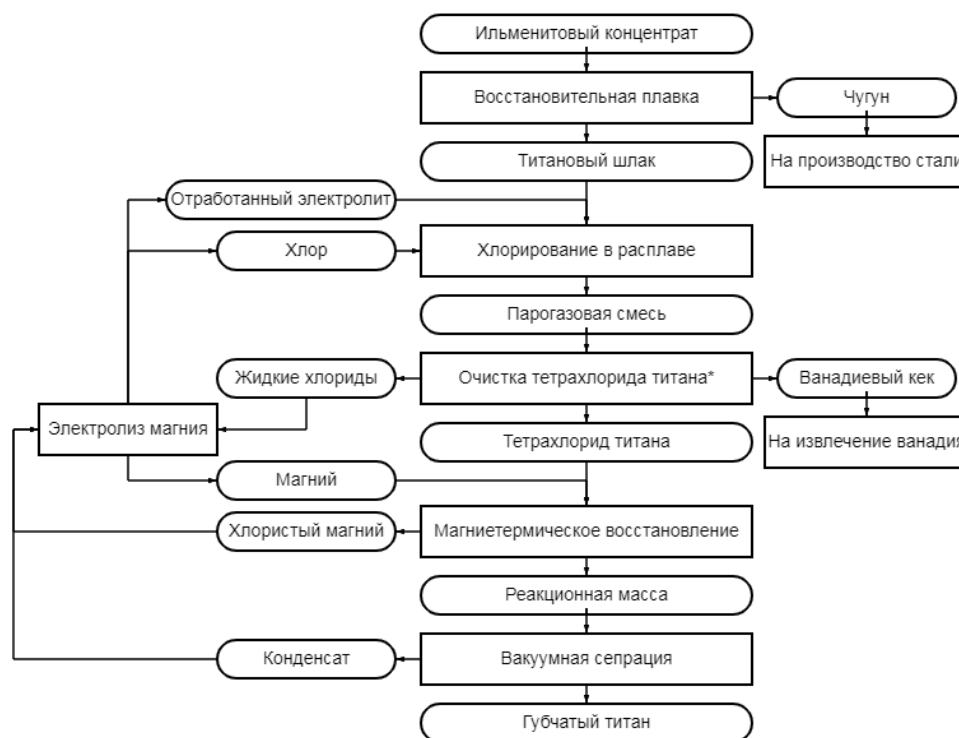


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема производства титана [4]

Ранее были рассмотрены два первых технологических этапа переработки ильменитовых концентратов (рис 1): восстановительная плавка концентрата и хлорирование титанового шлака в расплаве [4]. Продолжение работы стала разработка программ для расчета материального баланса следующих этапов переработки, а именно: очистки тетрахлорида титана, магнито-термического восстановления и вакуумной сепарации реакционной массы [6–7].

«Программа для расчета материального баланса процесса выделения и очистки тетрахлорида титана из парогазовой смеси» и «Программа для расчета материальных балансов процессов магнито-термического восстановления титана и вакуумной сепарации реакционной массы» работают на тех же принципах, что и программы первых двух этапов: среда программирования Python, использование MS Excel и результаты расчетов предыдущих программ для ввода данных, вывод круговых диаграмм составов продуктов и таблиц материальных балансов отдельных процессов. В последней программе [7] выводится итоговая схема со всеми составами продуктов и реагентов технологической цепи, составленная на

результатах работы четырех программ. Для тестовых расчетов были использованы данные, описанные в технической литературе по выбранной тематике [5].

На рисунке 2 представлен укрупненный алгоритм решения поставленной задачи.

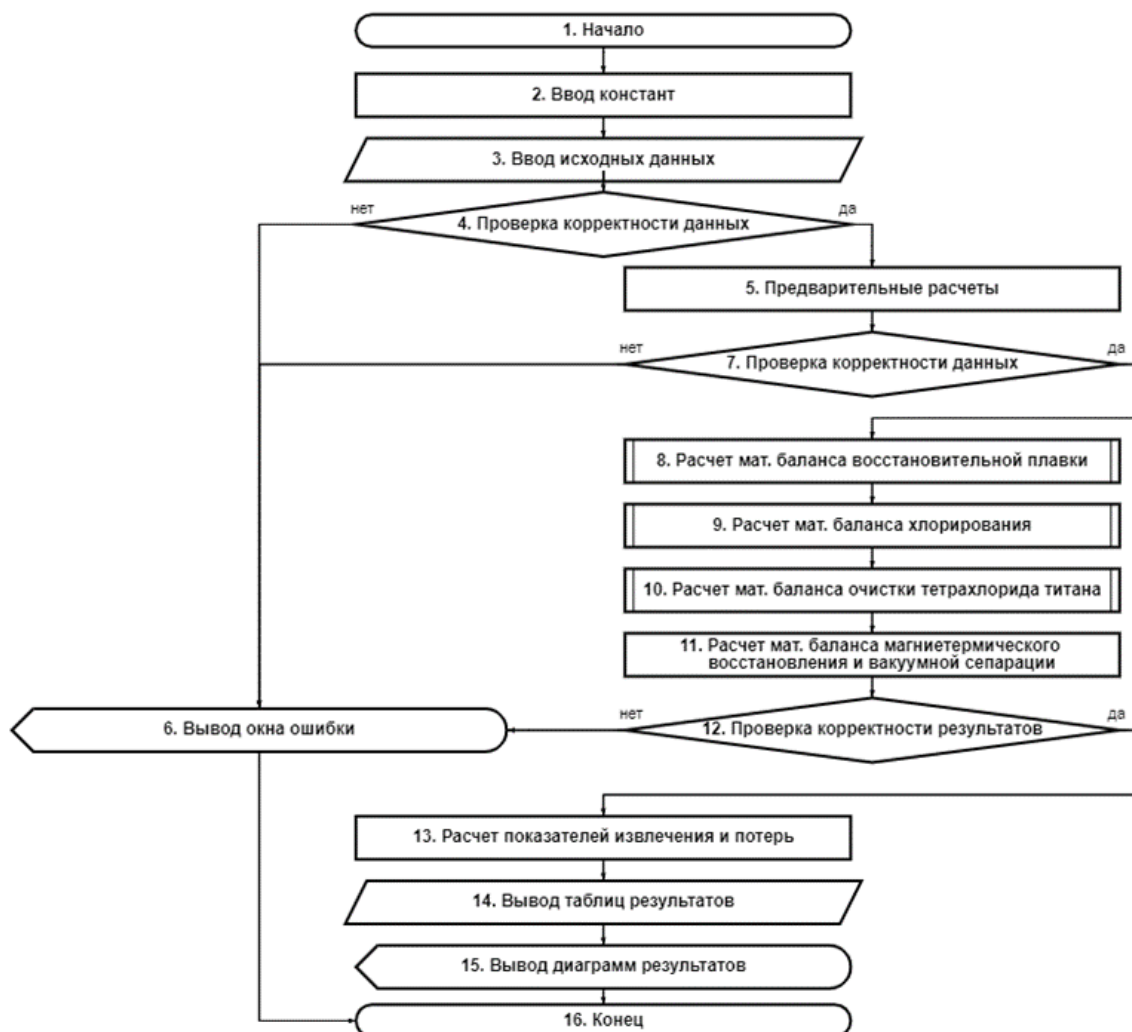


Рис. 2. Блок-схема алгоритма программы «Программа для расчета материальных балансов процессов магнитермического восстановления титана и вакуумной сепарации реакционной массы»

В результате выполненных расчетов невязка в балансах составила менее 0,2 %. Комплекс выводит таблицу (табл.1) и круговую диаграмму структуры потерь по технологической цепи.

Таблица 1

Таблица показателей извлечения и потерь титана по переделам [10]

Технологическая операция	Извлечение		Потери		
	%	кг	%	кг	отн. %
Восстановительная плавка	93,366	7080,567	6,634	503,1	31,006
Хлорирование в расплаве	99,667	7056,965	0,333	23,602	1,455
Очистка тетрахлорида титана TiCl_4	87,083	6145,424	12,917	911,541	56,178
Магнитермическое восстановление	97,5	5991,788	2,5	153,636	9,468
Вакуумная сепарация	99,487	5961,0609	0,513	30,727	1,894
Итого по всей технологии	78,604	5961,0609	21,396	1622,606	100

Из таблицы 1 следует, что всего по технологии рассеивается порядка 21,3 % титана, не переходя в целевой продукт, что свидетельствует о необходимости повышения сквозного извлечения. Часть потерь – это возвратные оборотные промпродукты или незавершенное производство. В первую очередь, стоит обратить внимание на стадию очистки тетрахлорида (IV) и восстановительную плавку, так как там происходят наибольшие потери – 12,9 % и 6,6 % соответственно.

По итогам продолжения исследования процесса получения титана из ильменитовых концентратов были получены еще 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ [6–7]. В ходе работы получен большой массив данных по распределению соединений и элементов в технологическом процессе получения титана, использование которого позволит снизить количество материальных потерь за счет определения канала потерь и безвозвратного техногенного рассеивания титана, тем самым повысив эффективность переработки. Комплекс программ может быть использован для автоматизации расчетов при проектировании новых предприятий по переработке титаносодержащего сырья (РУСТИТАН, ВСМПО-АВИСМА), а также в образовательном процессе для студентов, обучающихся на специальности 22.03.02 «Металлургия» в рамках изучения дисциплин «Металлургия легких металлов», «Металлургия редких металлов» и другие [4], а высококвалифицированные кадры – это обязательный фактор бесперебойного функционирования проектируемых предприятий титановой промышленности и всей отрасли в целом.

Список литературы

1. Литвиненко В. С., Петров Е. И., Василевская Д. В., Яковенко А. В., Наумов И. А., Ратников М. А. Оценка роли государства в управлении минеральными ресурсами // Записки Горного института. – 2023. – № 259. – С. 95–111. <https://doi.org/10.31897/PMI.2022.100>.
2. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2020 г. Государственный доклад. М.: Министерство природных ресурсов и экологии РФ, 2021. 572 с. <https://www.rosnedra.gov.ru/article/13930.html> (27.09.2024).
3. Макеев А. Б., Брянчанинова Н. И., Красоткина А. О. Уникальные титановые месторождения Тимана: проблемы генезиса и возраста // Записки Горного института. – 2022. – Т. 255. – С. 275–289. DOI: 10.31897/PMI.2022.32.
4. Слободин В. А. Использование Python 3.0 для расчета материальных балансов процессов переработки ильменитовых концентратов / В. А. Слободин, В. Ю. Бажин // Перспективы развития, совершенствования и автоматизации высокотехнологичных производств: материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Иркутск, 24–26 апреля 2024 г.). – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2024. – 312 с.
5. Титан: свойства, сырьевая база, физико-химические основы и способы получения / [В. А. Гармата, А. Н. Петрунько, Н. В. Галицкий и др.]; под ред. В. А. Гарматы. – Москва: Металлургия, 1983. – 558 с.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024619022 Программа для расчета материального баланса процесса выделения и очистки тетрахлорида титана из парогазовой смеси. Авторы: Слободин В. А., Бажин В. Ю., Фокина С. Б. Оpubл. 18.04.2024 Бюл. № 4.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024619022 Программа для расчета материальных балансов процессов магнитермического восстановления титана и вакуумной сепарации реакционной массы. Авторы: Слободин В. А., Бажин В. Ю., Ануфриев А. С. Оpubл. 12.04.2024 Бюл. № 4.

Научный руководитель: Бажин Владимир Юрьевич, д.т.н., проф., заведующий кафедрой металлургии, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

О перспективах использования дискретных цифровых моделей в задачах информационного моделирования горного предприятия

Аннотация. Дискретные модели не имеют широкого распространения при решении задач в технологии информационного моделирования строительных объектов. Однако использование некоторых дискретных моделей позволит включать в состав ЦИМ (цифровой информационной модели) логистические потоки, такие как движение породы или потоки в инженерных коммуникациях. В работе рассмотрены возможности применения дискретных моделей к цифровым информационным моделям горных предприятий, описаны математически результаты и обоснован полученный эффект от проделанной работы для технологии информационного моделирования на примере горного предприятия. Предложенный подход позволяет использовать полученные данные логистических потоков на стадиях проектирования, эксплуатации и ликвидации горного предприятия такие как транспортировка породы или потоки в инженерных коммуникациях.

Ключевые слова: технология информационного моделирования, цифровая информационная модель, дискретная модель, логистические потоки, горное предприятие, транспортировка породы.

Pavel V. Sutupov
NUST MISIS, Moscow, Russia, sutupov.pv@misis.ru

On the prospects of using discrete digital models in the tasks of information modeling of a mining enterprise

Abstract. Discrete models are not widely used in solving problems in the technology of information modeling of construction projects. However, the use of some discrete models will make it possible to include logistic flows, such as rock movement or flows in engineering communications, into the DIM (digital information model). The paper considers the possibilities of applying discrete models to digital information models of mining enterprises, describes mathematically the results and justifies the obtained effect of the work done for information modeling technology on the example of a mining enterprise. The proposed approach allows using the obtained data on logistic flows at the stages of design, operation and liquidation of a mining enterprise, such as transportation of rock or flows in utility lines.

Keywords: technology of information modeling, digital information model, discrete model, logistic flows, mining enterprise, rock transportation.

Технология информационного моделирования (далее ТИМ) позволяет сегодня формировать цифровые информационные модели (далее ЦИМ) практически любой сложности, что позволяет осуществлять контроль строительства в т.ч в режиме реального времени. Уровень детализации ЦИМ зависит от поставленной задачи, сложности объекта, объемов финансирования и т.д. Во многих случаях проектирования рудника, шахты или любого другого подземного сооружения по ТИМ, расчеты конструкции крепи, обоснование и выбор транспортного оборудования и расчет производительности, логистика транспортировки породы (руды, грунта) рассчитывается за пределами единой цифровой информационной модели, и согласно действующим стандартам не входит в структуру ЦИМ, как и моделирование логистических потоков. Несмотря на это, существует объективная потребность в формировании моделей, учитывающих тесную связь потоков в инженерных коммуникациях с логистическими потоками.

Учитывая, что современные средства моделирования позволяют существенно усовершенствовать (дополнить) ЦИМ сооружаемого объекта, представляется целесообразным развитие моделей связи логистических потоков и потоков в инженерных коммуникациях объектов горных предприятий.

Целью работы является: разработать дискретную цифровую модель логистических потоков горного предприятия по движению породы на основе технологии информационного моделирования.

Понятие ТИМ законодательно вступило в силу в 2019 году на основании федерального закона №151-ФЗ. Технология информационного моделирования зданий является отечественным аналогом международной технологии моделирования BIM (Building Information Model). Согласно информационному portalу Минстроя России ТИМ должен внедряться во все жизненные циклы модели объекта строительства: проектирование, эксплуатация, реконструкция и ликвидация строительного объекта, что позволит снизить расходы и повысить качество принимаемых решений. Начиная с 2024 года использование ТИМ станет обязательной при проектировании жилищного фонда, и уже с 2025 года станет обязательным на этапе строительства. Очевидно, что введение новых требований постепенно затронет этапы жизненного цикла объектов горнодобывающей отрасли.

Ниже приведен пример вскрытия месторождения штольней. В данном случае перепуск руды с верхних горизонтов на нижние осуществляют по рудопускам, транспортирование руды по штольне производится электровозной откаткой, а от штольни до обогатительной фабрики локомотивным или конвейерным транспортом.

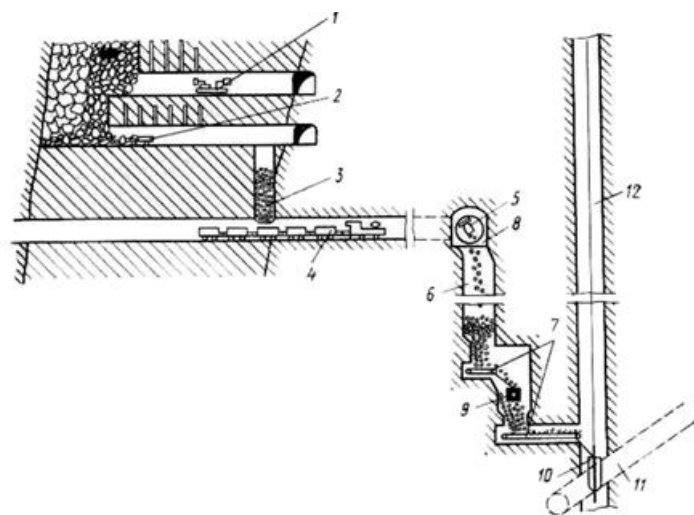


Рис. 1. Технологическая схема доставки, транспортирования и подъема руды [1]:
1 – буровой станок; 2 – погрузочно-транспортная машина; 3 – рудопуск; 4 – состав электровозной откатки;
5 – опрокидыватель вагонеток; 6 – бункер; 7 – питатель; 8 – грохот; 9 – дробилка; 10 – скип;
11 – подъемный ленточный конвейер; 12 – вертикальный шахтный ствол

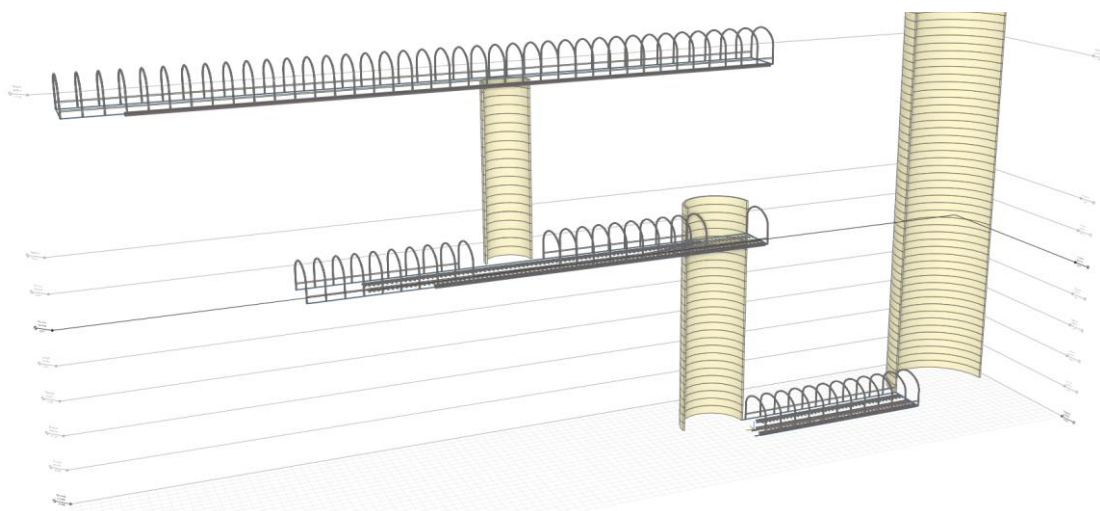


Рис. 2. Цифровая информационная модель рудника

При моделировании рудника в отечественной BIM-системе Renga в качестве примера была принята технологическая схема из учебника Ю. С. Пухова «Рудничный транспорт». Исходя из представленной ЦИМ отражающую транспортировку породы, то процесс транспортировки породы представляется возможным отобразить в виде графовой модели.

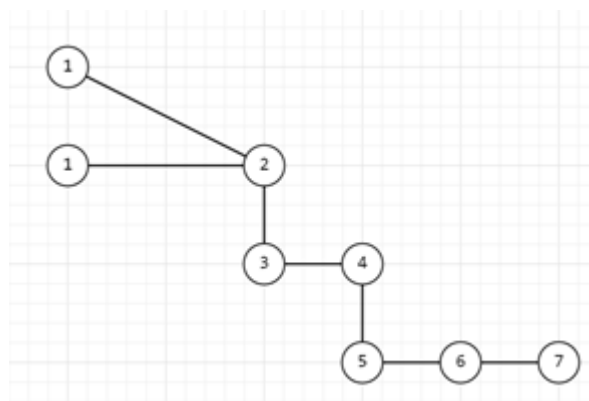


Рис. 3. Статическая графовая модель транспортировки породы:

1 – транспортировка породы на горизонтах; 2 – транспортировка породы по рудоспуску; 3 – откатка породы на электровозах; 4 – опрокидывание породы; 5 – транспортировка породы по бункеру; 6 – транспортировка породы через дробилку; 7 – откатка породы на ленточный конвейер

Где ребра служат линией движения породы на определенном участке, которые отражают расстояние от одной вершины до другой. А вершины графа соответственно отображают начало и конец транспортировки породы по данному участку. Данный граф имеет определенную направленность, т.е. из одной вершины в другую можно попасть только одним способом. Проходя через вершины графа, порода может менять свое состояние как в случае с вершиной №6 где происходит процесс дробления породы, по отсутствует деление по фракциям. В связи с этим представляется возможным отобразить движение объема разрабатываемой породы по горным выработкам в виде дискретной динамической модели и впоследствии привязать эти данные к ЦИМ с помощью квазиклеточной сети.

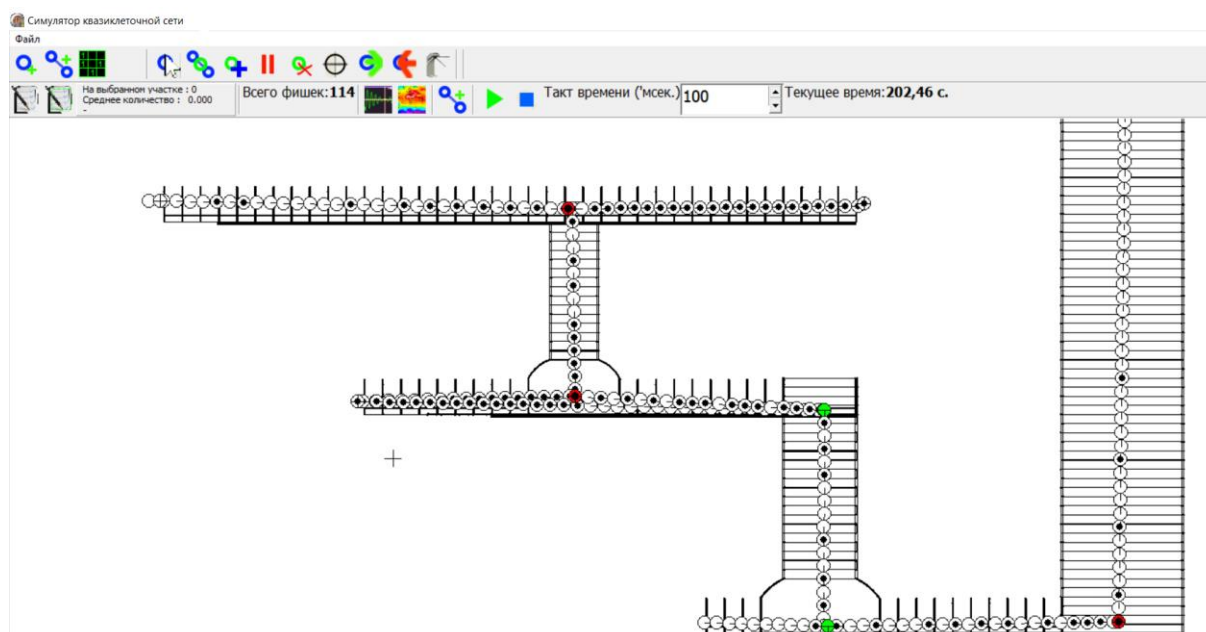


Рис. 4. Динамическая дискретная модель транспортировки породы

Полученная графовая модель становится динамической квазиклеточной сетью, в которую представляется возможным внести следующие данные: турникеты для искусственного торможения движения породы, закрашенные вершины некий объем породы, и пустые вершины соответственно. Проходя путь от вершины № 1 до вершины № 7 (рис. 3) объем транспортируемой породы проходит через турникеты, установленные в вершинах графа, что позволяет моделировать объем проходящей породы, оценивать время на транспортировку. Так же представляется возможным получать данные с тепловой карты, выгружать данные в виде графика транспортировки породы и получить математические данные в матричном отображении.

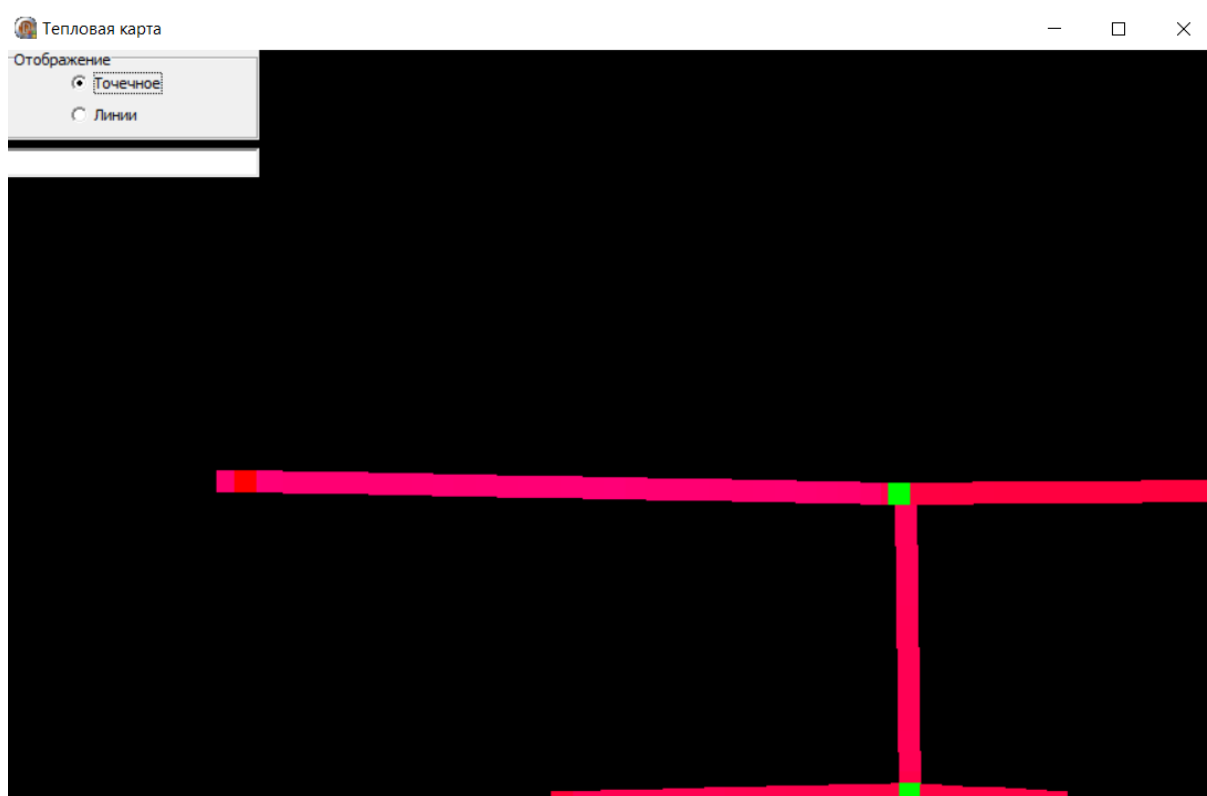


Рис. 5. Пример тепловой карты

В результате рассмотрены возможности применения дискретных моделей к цифровым информационным моделям горных предприятий и обоснован полученный эффект от проделанной работы для технологии информационного моделирования на примере транспортировки руды на горном предприятии.

Список литературы

1. Ю. С. Пухов Рудничный транспорт, Москва Недра, 1991год, 225 с.
2. А. О. Аристов Теория квазиклеточных сетей: научная монография – М: МИСиС, 2014 – 188 с.
3. Хаггарти Р. Дискретная математика для программистов, Издание 2-е, 2012 – 400 с.

Научный руководитель: Аристов Антон Олегович, доктор технических наук, профессор, НИТУ МИСИС, Москва, Россия.

Управление технологическим процессом на основе нечеткой логики нейронных сетей

Аннотация. Для получения медных катодов в металлургических предприятиях проводятся ряд алгоритмических процессов от обработки горных пород до получения готового продукта. В это ряд технологических процессов входит плавка шихты в доменных печах. Чтобы получить определенный концентрат шлака и штейна нужно контролировать такие параметры как давление и температура внутри печи, расход топлива подаваемое на вход плавильного агрегата. Автоматическое регулирование в нагревательных печах можно проводить путем частичной или полной автоматизации управления тепловыми процессами. Наиболее распространенными в системах автоматизации печей являются узлы регулирования температуры, горения топлива, то есть соотношения топливо – воздух; давления в печи, расхода и давления газа. Автоматическое регулирование температурного режима, как правило, является основной задачей системы автоматизации нагревательных печей.

Ключевые слова: нечеткая логика, функция принадлежности, нейронные сети, система автоматического управления.

Dildora A. Yulchibaeva
AF NITU MISIS, Almalyk, Uzbekistan, ulcibaevaasiya@gmail.com

Process control based on fuzzy logic of neural networks

Abstract. To obtain copper cathodes in metallurgical enterprises, a number of algorithmic processes are carried out from processing rocks to obtaining the finished product. This series of technological processes includes charge melting in blast furnaces. To obtain a certain concentrate of slag and matte, it is necessary to control such parameters as pressure and temperature inside the furnace, fuel consumption supplied to the input of the melting unit. Automatic control in heating furnaces can be carried out by partially or fully automating the control of thermal processes. The most common in furnace automation systems are temperature control units, fuel combustion, that is, the fuel-air ratio; furnace pressure, gas flow and pressure. Automatic temperature control, as a rule, is the main task of the automation system of heating furnaces.

Keywords: fuzzy logic, membership function, neural networks, automatic control system.

Для множества технических систем процесс изменения параметров является монотонным по мере накопления энергии внешних воздействующих факторов. Это позволяет обычно линеаризовать зависимость параметра или функции параметра от величины внешней нагрузки. Проблемы оценки прочностных характеристик сложного объекта возникают в случае неоднородности информации при разных данных, что является следствием событий разной физической природы. Кроме того, следует учитывать отсутствие необходимого количества априорной информации для осуществления прогноза с требуемой достоверностью. Вследствие этого вероятностные методы прогнозирования событий, использующие классический аппарат математической статистики и теории случайных функций, могут быть неэффективными.

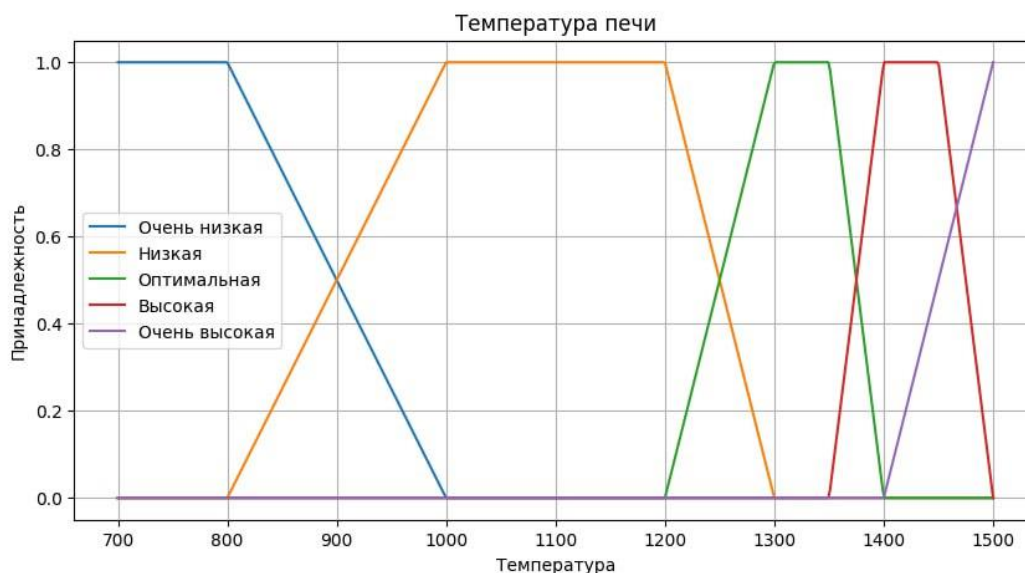
Идея работы регуляторов на основе нечеткой логики состоит в аппроксимации нелинейного оператора регулятора системой нечеткого вывода с базой данных в виде продукционных правил, определяемых специалистами в области управления данным объектом.

На основе примера регулирования температуры в печи можем ознакомиться с принципом работы нечеткого регулятора на основе нечеткой логики.

```

ling_var_name="Температура печи"
num_terms=5
term_names=["Очень низкая", "Низкая", "Оптимальная", "Высокая", "Очень высокая"]
max_scale_value=150
zero_one_points=[
    (None, None, 800, 1000),
    (800, 1000, 1200, 1300),
    (1200, 1300, 1350, 1400),
    (1350, 1400, 1450, 1500),
    (1400, 1500, None, None)
]
]
x=np.linspace(start=700, stop=max_scale_value, num=(num_terms*100))
plt.figure(figsize=(10, 5))
plt.title(ling_var_name)
plt.ylabel("Принадлежность")
plt.xlabel("Температура")
plt.grid(True)
for term_names, points in zip(term_names, zero_one_points):
    points=[0 if point is None and i < 2 else max_scale_value if point is None else point for
i, point in enumerate (points)]
    membership_function = fuzz.trapmf(x, points)
    plt.plot(x, membership_function, label=term_names)
plt.legend()
plt.show()

```



Результат регулирования температуры в печи на основе нечеткой логики

Существенным недостатком нечеткого регулятора является то, что набор постулируемых правил формируется экспертом человеком и может оказаться неполным или даже противоречивым. Вид и параметры функции принадлежности выбираются также субъективно и могут оказаться не вполне отражающими действительность. Указанные обстоятельства приводят к тому, что рассматриваемые нечеткие регуляторы в ряде случаев не позволяют получить удовлетворительного качества управления.

Основное достоинство систем с нечеткой логикой – это способность использовать условия и методы решения задач, описанные на языке, близком к естественному. Однако классическим системам с нечеткой логикой, не способным автоматически обучаться, свойственен и определенный недостаток: набор нечетких правил, вид и параметры функций принадлежности, описывающие входные и выходные переменные системы, а также вид алгоритма нечеткого вывода выбираются субъективно экспертом человеком и могут быть отвергнуты, не вполне адекватными действительности. Для устранения данной проблемы было предложено устройство нечетких нейронных сетей.

Нечеткая нейронная сеть – это многослойная нейронная сеть, в которой слои выполняют функции элементов системы нечеткого вывода. Нейроны данной сети характеризуются набором параметров, настройка которых производится в процессе обучения, как у обычных нейронных сетей.

Нечеткие нейронные сети могут использоваться во многих структурах нейросетевых систем автоматического управления.

Интеллектуальные системы автоматического управления (САУ), использующие устройство искусственных нейронных сетей и нечеткую логику, предоставляют возможность проводить идентификацию сложных нелинейных динамических объектов и синтезировать для них нелинейные законы управления, что дает возможность решать рассматриваемую задачу синтеза САУ в условиях неопределенности на основе имеющихся экспериментальных данных, полученных на объекте. Применение искусственных нейронных сетей в задачах синтеза САУ имеет существенный недостаток: информацию об объекте управления нейронная сеть получает в процессе обучения, а для этого необходим большой объем экспериментальных данных. Избежать данного недостатка возможно путем применения структур нечеткой логики, позволяющей обеспечить формализацию качественных, размытых в смысловом отношении, понятий и связей. На основе методов нечеткой логики удастся проектировать САУ, способные эффективно функционировать в условиях наличия информации об объекте управления лишь качественного характера.

Анализ существующих нейро-нечетких моделей зависит выбора типа модели и многих факторов. В качестве ориентира используются для повышения «интеллекта»: быстрота обучения, онлайн адаптивность, достижение глобального уровня ошибок и недорогие вычисления.

Автоматические системы управления могут быть реализованы как на основе традиционных четких подходов, например на основе ПИД-регуляторов, так и на основе нечеткой логики и искусственных нейронных сетей, причем нейронные сети могут быть использованы как для настройки параметров четких систем управления (например, ПИД регуляторов), так и в качестве систем управления на основе нечетких нейронных сетей, комбинирующих методы искусственных нейронных сетей и систем на нечеткой логике.

Список литературы

1. Особенности применения нейро-нечетких моделей для задач синтеза систем автоматического управления – Фундаментальные исследования (научный журнал).
2. Регуляторы на основе нечеткой логики, Регуляторы на основе нечетких нейронных сетей – Интеллектуальные мехатронные системы.
3. [ispolzovanie-nechetkoy-logiki-i-neyronnyh-setey-v-sistemah-avtomaticheskogo-upravleniya.pdf](#)
4. Экстраполяция изменений параметров сложных систем на основе периодической нечеткой клеточной нейронной сети.

Научный руководитель: Маманазаров Улугбек Бахтиярович, ассистент кафедры ИТиАТПП АФ НИТУ МИСИС, Алмалык, Узбекистан.

Секция 11.
МАШИНОСТРОЕНИЕ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 62-93

Варламов Павел Павлович*

Бредихин Никита Витальевич

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия,*

** varlamov.pavel@yandex.ru*

**Разработка и исследование измельчителя
с винтообразным исполнением рабочего органа**

Аннотация. Разработана конструкция валков с винтообразным исполнением с использованием электронно-цифровой модели, смоделирован процесс измельчения в программе «RockyDem», изготовлена пластиковая модель с применением 3D-печати, проверена работоспособность измельчителя с использованием хрупкого материала небольшой влажности с размером частиц от 5 до 10 мм. На выходе получена смесь мелкозернистых и пылевидных частиц. Изготовлена лабораторная установка измельчителя в металле. Проведены натурные постановочные эксперименты по измельчению мела. Получен патент на полезную модель № 227899 Российской Федерации.

Ключевые слова: измельчитель, дробилка, валок, изгиб, винтообразная поверхность, измельчение, исследование, степень измельчения.

Pavel P. Varlamov*

Nikita V. Bredikhin

*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
Belgorod, Russia,*

** varlamov.pavel@yandex.ru*

**Development and research of a shredder
with a screw-like design of the working body**

Abstract. The design of the rolls with a screw-like design using an electronic digital model was developed, the grinding process was simulated in the «RockyDem» program, a plastic model was made using 3D-printing, the efficiency of the shredder was tested using a brittle material of low humidity with a particle size from 5 to 10 mm. The output is a mixture of fine-grained and dust-like particles. A laboratory installation of a shredder in metal was made. Full-scale staged experiments on grinding chalk were carried out. The patent for utility model No. 227899 of the Russia was obtained.

Keywords: shredder, crusher, roll, bending, helical surface, grinding, research, degree of grinding.

Валковые дробилки нашли широкое применение для измельчения нерудных полезных ископаемых [1, 2, 3], а также рекомендованы для использования на рудоподготовительном переделе [4]. Достоинством дробилок является простота конструкции и эксплуатации, надежность работы, металлоемкость, размер выходного куска. К недостаткам следует отнести сравнительно невысокую степень измельчения (4–6).

В БГТУ им. В. Г. Шухова коллективом авторов получен патент на полезную модель – измельчитель [5], новизна конструкции которого заключается в винтообразном изгибе вокруг своих осей вращения навстречу друг к другу валка с выпуклыми участками – на 90° и валка с углубленными участками – 60° (рис. 1).

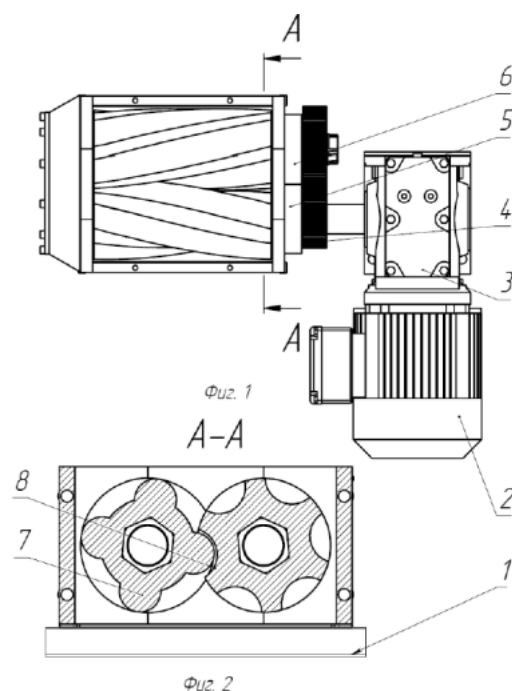


Рис. 1. Измельчитель:

1 – рама; 2 – электродвигатель; 3 – редуктор; 4 – открытая зубчатая передача;
5, 6 – подшипниковые опоры; 7 – выпуклый валок; 8 – вогнутый валок

Измельчитель работает следующим образом.

Исходный материал, поступаая в пространство между вращающимися на встречу друг к другу валками 7 и 8 увлекается в зазор между ними подвергаясь раздавливанию, раскалыванию, истиранию и излому.

Валки установлены в подшипниковых опорах 5 и 6, опираются на раму 1 и приводятся в движение электродвигателем 2 через редуктор 3 и зубчатую передачу-синхронизатор 4.

Правильность выбора технического предложения проверяли с помощью симуляции процесса измельчения электронно-цифровой модели в программе «RockyDem» (рис. 2) с диаметром рабочего органа 60 мм. Степень измельчения при этом составила десять.

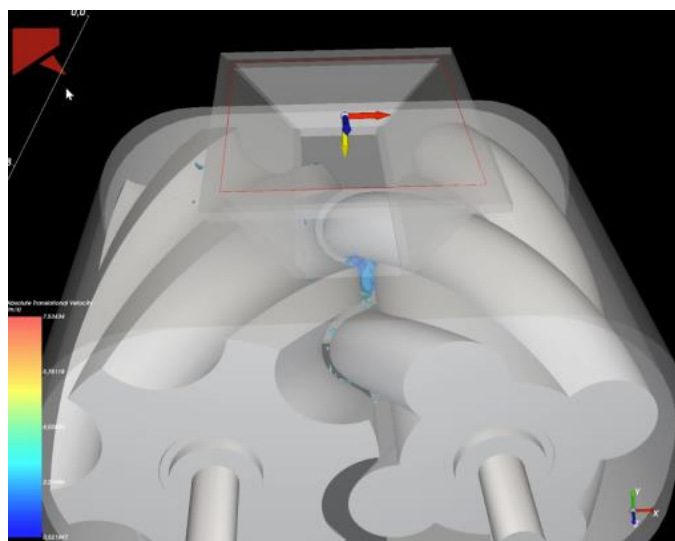


Рис. 2. Электронно-цифровая модель

Для понимания процесса измельчения материалов и проверки работоспособности измельчителя, в соответствии с электронно-цифровой моделью (рис. 2) изготовлена пластиковая модель с применением 3Д печати (рис. 3).

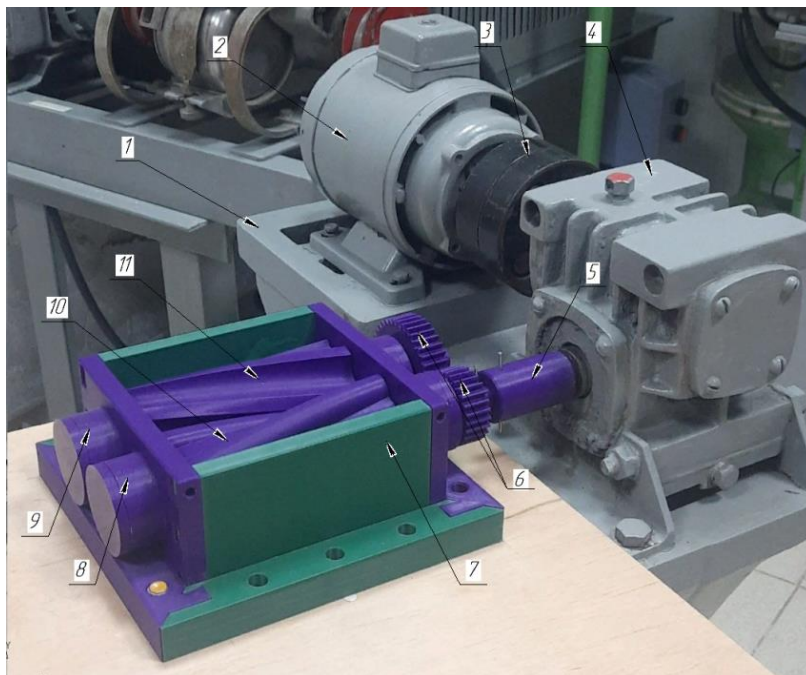


Рис. 3. Модель измельчителя изготовленная на 3Д принтере:

1 – станина; 2 – электродвигатель; 3, 5 – муфта; 4 – редуктор; 6 – зубчатая передача – синхронизатор;
7 – корпус; 8, 9 – подшипниковая опора; 10, 11 – валки

На установке проведены постановочные эксперименты по измельчению хрупкого материала небольшой влажности с размером частиц от 5 до 10 мм. На выходе получена смесь мелкозернистых и пылевидных частиц. Процесс измельчения носил стабильный характер.

На основании конструкторской документации изготовлена лабораторная установка в металле с диаметром валков 60 мм (рис. 4).



Рис. 4. Лабораторная установка измельчителя

Проведен постановочный эксперимент по измельчению мела Чураевского месторождения (Белгородской области) со средневзвешенным размером исходных кусков 17,1 мм неправильной формы [6]. На выходе получена смесь мелкозернистых (неправильной формы) и пылевидных частиц со средневзвешенным размером 1,28 мм (рис. 3). Степень измельчения составила 13,35 мм.

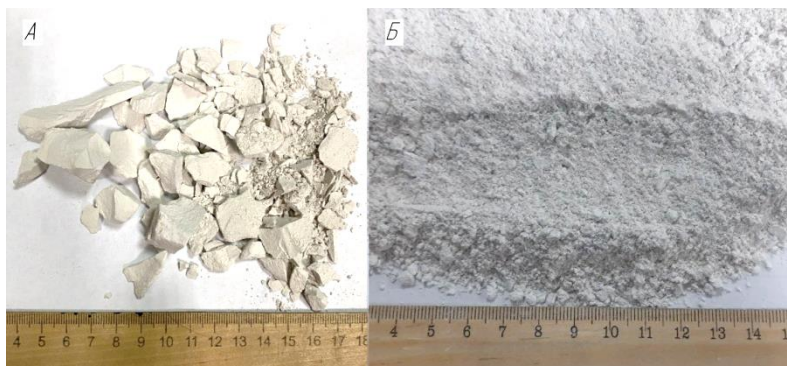


Рис. 3. Мел: а – исходный продукт; б – конечный продукт

На основании постановочных экспериментов можно сказать, что измельчитель доказал свою работоспособность.

Дальнейшая работа состоит в проведении экспериментальных исследований по отработке режимных параметров измельчителя, и постановочных экспериментов по измельчению горных пород с различным коэффициентом крепости и естественной влажности.

Список литературы

1. Дмитриенко В. Г., Несмеянов Н. П., Герасименко В. Б. / Горные машины и оборудование: лабораторный практикум – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 128 с.
2. Ким В. А., Гурьянов Г. А. Предварительная оценка работоспособности валковой дробилки с выпукло-вогнутой формой валков / В. А. Ким, Г. А. Гурьянов // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2017. – 1 (11). – 8 с.
3. Серго Е. Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых: Учебник для вузов / Е. Е. Серго. – М. Недра, 1985. – 285 с.
4. Ефимов Д. А., Господариков А. П. Техничко-технологические аспекты использования валков с профилем в форме треугольника Рело в дробящих агрегатах на рудоподготовительном переделе // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 10-2. – С. 117–126. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_102_0_117.
5. Патент № 227899 Российская Федерация, МПК В02С 4/30 (2006.01), В02С 4/30 (2024.01). Измельчитель: № 2024115455: заявл. 05.06.2024: опубл. 08.08.2024 / Дмитриенко В. Г., Шеметов Е. Г., Варламов П. П., Дмитриенко М. В.; заявитель БГТУ. – 6 с.: ил.
6. Оценочные работы на мел Чураевского месторождения в Шебекинском районе Белгородской области, с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.2009 : отчет – Белгород, 2009. – 130 с.

Научный руководитель: Дмитриенко Виктор Григорьевич, канд. техн. наук, доц., Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, Белгород, Россия.

Проблемы внедрения высокоскоростной обработки в производство

Аннотация. В статье рассматриваются сложности внедрения технологии высокоскоростной обработки в металлообрабатывающей промышленности. Данная статья направлена на анализ основных видов проблем, возникающих при внедрении высокоскоростной обработки в производственные процессы. Анализируются проблемы, связанные с вибрацией, износом инструментов и высокими начальными затратами на приобретение и внедрение оборудования. Основное внимание уделяется техническим и организационным аспектам модернизации оборудования.

Ключевые слова: высокоскоростная обработка, модернизация оборудования, ЧПУ, вибрация, износ инструментов, металлообрабатывающая промышленность, производительность, режущий инструмент.

Alexander A. Dzyuba
Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, s210470@stud.spmi.ru

Problems of introducing high-speed processing into production

Abstract. The article discusses the difficulties of implementing high-speed processing technology in the metalworking industry. This article is aimed at analyzing the main types of problems that arise when introducing high-speed processing into production processes. The problems associated with vibration, tool wear and high initial costs for the purchase and implementation of equipment are analyzed. The main focus is on the technical and organizational aspects of equipment modernization.

Keywords: high-speed machining, equipment modernization, CNC, vibration, tool wear, metalworking industry, productivity, cutting tools.

В последние годы промышленность сталкивается с растущими требованиями к эффективности и скорости производства, что обусловлено стремительным развитием технологий и увеличением конкуренции на мировом рынке. Одним из ключевых направлений для достижения этих целей является внедрение высокоскоростной обработки (ВСО), которая позволяет обеспечивать высокое качество обработанной поверхности при производительности, которая в несколько раз превышает производительность при обычных, хорошо известных методах обработки. Однако несмотря на очевидные преимущества, процесс интеграции высокоскоростной обработки в производственные процессы сопряжен с рядом проблем [1].

Ключевой проблемой внедрения ВСО в производство является модернизация оборудования. Высокоскоростная обработка требует от оборудования не только повышенной точности и устойчивости, но и способности выдерживать экстремальные механические, термические и динамические нагрузки. Соответственно, многие предприятия сталкиваются с необходимостью замены старого оборудования или его значительной модернизации, чтобы обеспечить совместимость с высокоскоростными технологиями. При внедрении высокоскоростной обработки существующие станки и оборудование часто оказываются неподготовленными к новым условиям работы по ряду причин [2].

Стандартное оборудование, используемое на традиционных производственных линиях, обычно не рассчитано на работу при высоких скоростях резания. Это ограничивает возможности по увеличению производительности и снижает эффективность внедрения ВСО.

При высоких скоростях обработки возникает значительное увеличение вибраций и динамических нагрузок. Оборудование с недостаточной жесткостью конструкций может не выдерживать таких нагрузок, что ведет к снижению точности обработки и износу станков.

Устаревшие системы управления и программное обеспечение не поддерживают современные алгоритмы обработки, требующие высокой скорости вычислений и точной синхронизации работы всех узлов оборудования.

Модернизация оборудования для высокоскоростной обработки связана с рядом новых требований, которые должны быть учтены для эффективного функционирования производственной системы: наличием высокоскоростных шпинделей, систем управления ЧПУ с высокой скоростью обработки данных, высокой жесткости конструкции станка, интеграции цифровых технологий и мониторинга.

Для работы на высоких скоростях требуются шпиндели, способные развивать обороты от 10000 до 60000 об/мин в зависимости от типа обработки. Это требует применения высокопрочных материалов и прецизионных подшипников, а также интеграции систем мониторинга в реальном времени, таких как датчики вибраций, температуры и нагрузки. Это позволяет контролировать состояние станка и предотвращать аварийные ситуации.

Высокоскоростная обработка требует точной координации движений инструмента и подачи материала, что возможно только с использованием современных систем числового программного управления (ЧПУ). Эти системы должны обеспечивать высокую частоту обновления данных, работу с большими объемами информации и поддержку многоосевых режимов обработки.

Для работы на высоких скоростях станки должны иметь повышенную жесткость, что минимизирует деформации и вибрации при обработке. Данные станки весьма чувствительны к колебаниям основания, вследствие чего при установке такого оборудования необходима его виброизоляция для защиты от вредного воздействия отмеченного фактора. Виброизоляция станка может осуществляться установкой его на упругие опоры, расположенные непосредственно под станком, или его установкой на дополнительный упруго опертый бетонный блок. Однако наиболее простое средство, которое в ряде случаев позволяет избежать недопустимых колебаний станков, вызываемых колебаниями основания – это правильное размещение их на производственной площади. Способ установки целесообразно выбирать на основе анализа работоспособности конкретного станка в конкретных условиях. При установке станков на перекрытиях способ установки рационально определять на основе общих соображений, подбирая параметры опор [3].

Также одной из ключевых проблем внедрения ВСО в производство является износ и долговечность инструментов при данной виде обработки. При увеличении скорости обработки значительно возрастает нагрузка на режущие и измерительные инструменты, что приводит к их более быстрому износу, снижению точности обработки и увеличению затрат на эксплуатацию и замену инструментов. Для осуществления ВСО требуется тщательный индивидуальный подбор режимов резания для каждого вида обработки и материала. Так как неправильный подбор режимов приведет к росту температуры в зоне резания и интенсивности трения, что способствует быстрому разрушению инструмента. Выделяется также важность стабильности подачи инструмента и условий резания, так как резкие изменения данных параметров могут привести к повышению динамических нагрузок, что приводит к появлению вибраций, которые в свою очередь разрушают режущие кромки инструмента. Последствиями ускоренного износа инструмента являются снижение точности обработки, повышение затрат на замену инструмента, а также увеличение времени на обслуживание станков, так как появляется необходимость чаще останавливать станочное оборудование для замены и регулировки инструментов [4].

Одной из главных преград на пути к внедрению нового оборудования для высокоскоростной обработки является его высокая стоимость. Современные высокоскоростные станки и инструменты стоят значительно дороже своих традиционных аналогов. Это связано с применяемыми в них технологиями, которые обеспечивают высокую точность и скорость обработки. Помимо самой покупки, необходимо учитывать доставку, установку и наладку оборудования, что также может значительно увеличить первоначальные затраты [5]. Для многих предприятий такие инвестиции могут быть весьма ощутимыми, особенно если речь идет о массовой замене оборудования. Не маловажным также является стоимость обслуживания данного оборудования, для поддержания оборудования в рабочем состоянии может потребоваться дополнительный штат технического персонала. Риски поломок и дорогостоящих ремонтов также должны быть учтены, так как простои в производстве могут привести к значительным потерям.

Исходя из вышеперечисленной информации, можно прийти к заключению, что внедрение высокоскоростной обработки представляет значительный потенциал для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятий металлообрабатывающей отрасли. Однако процесс интеграции ВСО сопряжен с рядом сложностей, включая необходимость модернизации оборудования, износ режущих инструментов и высокие затраты на внедрение новых технологий. Это замедляет процесс внедрения ВСО в отечественное производство, данные факторы и далее будут определять место и долю высокоскоростной обработки.

Список литературы

1. Халимоненко А. Д., Шмакова Ю. Р., Адмакина О. Н., Куфаев В. Г. Особенности высокоскоростного торцевого фрезерования деформируемых алюминиевых сплавов / Цветные металлы, № 6, Т 1, 2024. С 81–88.
2. Jain A., Bajpai V. Introduction to high-speed machining (HSM) //High Speed Machining. – Academic Press, 2020. – С. 1–25.
3. Каминская, В. В. Фундаменты и установка металлорежущих станков / Каминская В. В., Решетов Д. Н. – М.: Машиностроение, 1975. – 208 с.
4. Matuszak, J.; Zaleski, K.; Zyśko, A. Investigation of the Impact of High-Speed Machining in the Milling Process of Titanium Alloy on Tool Wear, Surface Layer Properties, and Fatigue Life of the Machined Object. Materials 2023, 16, 5361.
5. Alderman, N., & Davies, S. (1990). Modelling Regional Patterns of Innovation Diffusion in the UK Metalworking Industries. *Regional Studies*, 24(6), 513–528.

Научный руководитель: Злотников Евгений Глебович, кандидат технических наук, доцент машиностроения, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия. **Scientific supervisor:** Evgeny G. Zlotnikov, Ph.D, Associate Professor of Mechanical Engineering, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia.

Повышение надежности и ремонтпригодности скважинных электроцентробежных насосов, эксплуатирующихся в условиях интенсивного гидроабразивного износа

Аннотация. В статье приведены основные сведения об эксплуатации скважинных электроцентробежных насосов (ЭЦН) в условиях интенсивного гидроабразивного износа. Представлены результаты ранее проводившихся исследований, в ходе которых было установлено, что наибольшую опасность для ЭЦН представляют крупные частицы механических примесей в скважинной жидкости. Рассмотрены подходы к повышению износостойкости ЭЦН. Предложено техническое решение, которое позволяет повысить надежность и ремонтпригодность ЭЦН, эксплуатируемых в условиях интенсивного гидроабразивного износа.

Ключевые слова: скважина, электроцентробежный насос, гидроабразивный износ, механические примеси.

Vadim K. Kartavcev*
Yuriy G. Korotkov
FSAEI HE «PNRPU», Perm, Russia
* vadm10@yandex.ru

Increasing of reliability and maintainability of well electric centrifugal pumps exploiting in conditions of intensive hydro-abrasive wear

Abstract. In the article the main information about well electric centrifugal pumps (ECP) exploitation in conditions of intensive hydro-abrasive wear is given. The results of earlier studies are presented, during which it was found that the greatest danger to ECP is posed by large particles of mechanical impurities in the well's fluid. Approaches to improving the wear resistance of ECP are considered. The increase reliability and maintainability of ECP exploiting in conditions of intensive hydro-abrasive wear technical solution is offered.

Keywords: well, electric centrifugal pump, hydro-abrasive wear, mechanical impurities.

На сегодняшний день скважинные электроцентробежные насосы (ЭЦН) широко применяются для нефтедобычи, а также используются при эксплуатации водопонижающих скважин в системах водоотлива горнодобывающих предприятий, ведущих разработку полезных ископаемых открытым способом.

Установки электроцентробежных насосов зачастую эксплуатируются в повторно-кратковременных режимах работы в силу непостоянства притока жидкости в скважину, что обусловливает вынос большого количества твердых частиц горных пород в скважинную жидкость, откачиваемую ЭЦН. Это неизбежно приводит к интенсификации гидроабразивного износа элементов насосного оборудования.

В результате длительного гидроабразивного изнашивания постепенно изменяются геометрия меридиональных сечений (рисунок 1, а, б) и профили лопаток рабочих колес и направляющих аппаратов, происходит отделение части рабочих колес от вала насоса, потеря герметизирующих свойств уплотнениями, что обуславливает деградацию напорно-расходных характеристик ЭЦН. Интенсивному гидроабразивному износу так же подвержены корпуса насосов, в результате чего в отдельных случаях происходит перерезание корпуса (рисунок 1, в) и падение части насосной установки в скважину [1].

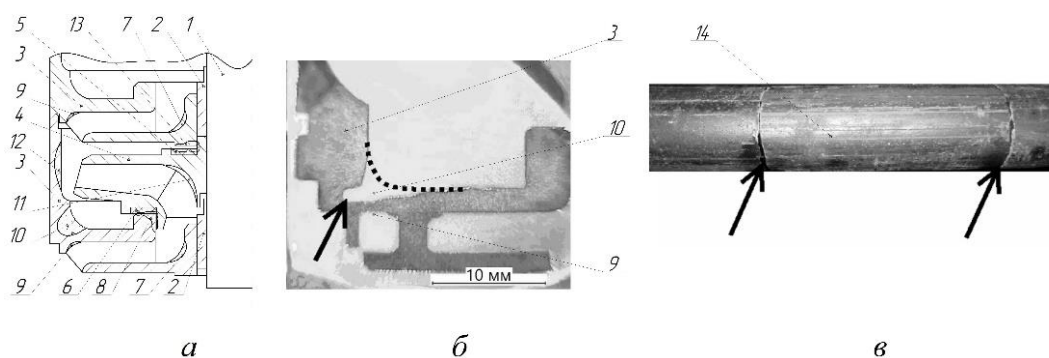


Рис. 1. Износ элементов скважинных электроцентробежных насосов:

- а – принципиальная схема ступени насоса;
 б – сечение изношенного направляющего аппарата;
 в – перерезание корпуса;
 1 – вал; 2 – втулка; 3 – направляющий аппарат; 4 – рабочее колесо;
 5, 6 – верхняя и нижняя опорные шайбы рабочего колеса;
 7–13 – места локализации гидроабразивного износа

Интенсивный гидроабразивный износ является причиной до 40 % отказов ЭЦН [2]. Таким образом, решение задачи по повышению надежности и ремонтпригодности скважинных электроцентробежных насосов, эксплуатируемых в условиях интенсивного гидроабразивного износа, является актуальным и представляет научный и практический интерес.

Наибольший износ в рамках одной ступени наблюдается у направляющего аппарата ЭЦН в районе верхнего диска (см. рис. 1, б), что обусловлено постепенным накоплением частиц механических примесей между нижним диском рабочего колеса и верхним диском направляющего аппарата, где в процессе работы насоса происходит вращение объема жидкости под рабочим колесом с возникновением вторичных вихревых течений [2].

Интенсивность гидроабразивного износа зависит от физико-механических свойств, размеров и формы твердых частиц механических примесей в потоке перекачиваемой жидкости. Оценить изнашивающую способность абразивных частиц можно, например, по методике Американского института нефти (API) по величине комплексного показателя, количественная оценка которого осуществляется следующим образом:

$$AI = 0,3M_{-0,25\%} + 10(2 - K_o - K_s) + 0,25(M_{н.о.\%} + M_{кв.\%}), \quad (1)$$

где AI – показатель абразивности механических примесей, %; $M_{-0,25\%}$ – массовая доля абразивных частиц механических примесей размером менее 0,25 мм, %; K_o – коэффициент округлости частиц механических примесей; K_s – коэффициент сферичности частиц механических примесей; $M_{н.о.\%}$ – массовая доля нерастворимого остатка (частиц, не растворимых в кислоте), %; $M_{кв.\%}$ – доля частиц кварца в общей массе примесей, %.

В ранее проводившемся исследовании изменения абразивности твердых частиц механических примесей при прохождении ими рабочих ступеней ЭЦН [2] было установлено, что частицы малого размера (до 0,3 мм) имеют показатель AI в пределах 60...70 %, который незначительно увеличивается при прохождении нескольких десятков ступеней ЭЦН, при этом абразивность частиц большего размера (~ 0,6 мм) существенно возрастала (AI до 90 %) в результате их интенсивного измельчения. В другом ранее проводившемся исследовании изменения интенсивности износа рабочих ступеней ЭЦН в зависимости от размера частиц [3] было установлено, что наибольший вклад в износ рабочих ступеней приносят относительно крупные частицы (радиусом 0,8...1,0 мм), отмечается, что износу такими частицами менее подвержены рабочие ступени насоса на его выходе, что

опять же может быть обусловлено измельчением крупных частиц при прохождении рабочих ступеней, при этом, что касается частиц малого диаметра (радиусом 0,01...0,02 мм), износу ими, напротив, в меньшей степени подвержены начальные ступени ЭЦН, что может быть связано с их накоплением по ходу потока от входа к выходу насоса. Из вышесказанного следует, что наименее опасны для ЭЦН, с точки зрения гидроабразивного износа, частицы малого диаметра, соответственно, необходимо предпринимать меры по отсечению крупных частиц от потока гидроабразивной смеси перед входом в насос, например, с помощью включения в компоновку насосной установки самоочищающихся входных фильтров ЭЦН [4-5] тонкостью очистки 0,2...0,3 мм, позволяющих обеспечить длительную наработку насосных установок.

Существует ряд технических решений, направленных на повышение устойчивости непосредственно конструкции ЭЦН к гидроабразивному износу, таких как выполнение в верхнем диске направляющего аппарата ЭЦН отверстий для сброса частиц механических примесей обратно в перекачиваемый поток, увеличение сечений проходных каналов ступеней и выполнение на верхнем диске направляющего аппарата ЭЦН защитных ребер, замедляющих скорость движения абразивных частиц, выполнение на верхнем диске рабочего колеса ЭЦН вихревых лопаток, препятствующие движению гидроабразивной смеси к уплотнениям вблизи вала.

Авторами предложено техническое решение [6], позволяющее избежать наиболее неблагоприятного вида отказа в следствие гидроабразивного износа – перерезания корпуса погружного оборудования и полета части установки в скважину. Сущность предлагаемого способа заключается в том, что в корпусе ЭЦН в местах наиболее интенсивного гидроабразивного износа выполняются отверстия (рис. 2, а) или пазы (рис. 2, б).

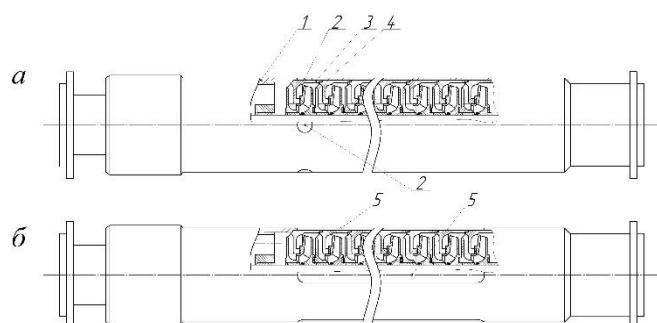


Рис. 2. Предлагаемая модификация корпуса ЭЦН, выполненная в виде:

а – отверстий; б – пазов;

1 – корпус насоса; 2 – отверстие; 3 – направляющий аппарат; 4 – рабочее колесо; 5 – паз

Отверстия или пазы служат для отвода вместе с потоком гидроабразивной среды скопившихся в месте наибольшего износа направляющего аппарата ступени ЭЦН твердых частиц механических примесей. При разрушении направляющего аппарата ступени ЭЦН, проточная часть насоса сообщается с затрубным пространством, что сопровождается резким падением напора на устье скважины и срывом подачи насоса, что так же является отказом, однако последствия такого отказа относительно легко устранимы и не требуют существенных текущих и капитальных затрат на устранение аварии горнодобывающего предприятия. После подъема ЭЦН из скважины его можно подвергнуть дефектовке и ремонту, после чего вновь ввести его в эксплуатацию. Помимо этого так же предлагается элементы ЭЦН, наиболее подверженные гидроабразивному износу и находящиеся в месте вероятного перерезания корпуса, выполнять из износостойких материалов, например, из сплава марки ВК-8.

Место наиболее интенсивного гидроабразивного износа ступеней ЭЦН, и соответственно, место вероятного перерезания корпуса, определяется экспериментально или с помощью компьютерного моделирования.

Предложенные технические решения не требуют внесения существенных изменений в конструкцию ЭЦН и технологический процесс их изготовления, тем самым, внедрение этих решений не вызовет заметного роста издержек для нефте- и горнодобывающих предприятий на приобретение модернизированных ЭЦН, при этом предложенные технические решения позволяют повысить надежность и ремонтпригодность скважинных электроцентробежных насосов, эксплуатируемых в условиях интенсивного гидроабразивного износа.

Исследования выполнены при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSNM-2023-0005).

The research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russia (project No. FSNM-2023-0005).

Список литературы

1. Островский В. Г., Шишлянников Д. И., Воробель С. В. Исследования процесса изнашивающего воздействия частиц механических примесей на узлы электроцентробежных насосов // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2019. – № 3(11). – С. 12–16. DOI: 10.33285/1999-6934-2019-3(11)-12-162.
2. Шишлянников Д. И., Лавренко С. А., Зверев В. Ю., Муравский А. К., Микрюков А. Ю. Исследование гидроабразивного износа рабочих ступеней скважинных электроцентробежных насосов, перекачивающих жидкости с высоким содержанием механических примесей // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – № 7. – С. 5–20. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_7_0_5.
3. Островский, В. Г. Механизм гидроабразивного износа ступеней нефтяных насосов / В. Г. Островский, М. О. Перельман, С. Н. Пещеренко // Бурение и нефть. – 2012. – № 10. – С. 36–38.
4. Щелевой фильтр: пат. № 2807658, Российская федерация, C1; заявл. 11.07.2023, опубл. 21.11.2023, Бюл. № 33. – 11 с.
5. Щелевой фильтр: пат. № 2811164, Российская федерация, C1; заявл. 30.05.2023, опубл. 11.01.2024, Бюл. № 2. – 12 с.
6. Способ предотвращения перерезания газосепаратора при добыче пластовой жидкости с высоким содержанием газа и твердых частиц механических примесей с использованием установки электроцентробежного насоса с газосепаратором: пат. № 2800182, Российская Федерация, C1; заявл. 15.12.2022, опубл. 19.07.2023, Бюл. № 20. – 10 с.

Научный руководитель: Шишлянников Дмитрий Игоревич, д.т.н., доцент, профессор кафедры «Горная электромеханика», ФГАОУ ВО «ПНИПУ», Пермь, Россия. **Scientific Supervisor:** Dmitrij I. Shishlyannikov, doctor of technical sciences, associate professor, professor of of the Department of Mining Electromechanics, FSAEI HE «PNRPU», Perm, Russia.

К вопросу о критериях и технологических требованиях создания шагающей платформы добычи торфяного сырья климатически нейтральным способом

Аннотация. На сегодняшний день разработка торфяных месторождений сопряжена с процедурами осушения, которые составляют 78 % от общих затрат всего технологического цикла разработки, при этом водопонижение негативно сказывается на состоянии окружающей среды, данная ситуация требует развития новой техники и технологий для реализации добычи торфяного сырья, позволяющих осуществлять добычу, минуя стадию водопонижения, а также обладающими автономностью, универсальностью и плавучестью, что было представлено в данной работе, а также описаны критерии и технологические требования для машин, реализующих предлагаемую технологию.

Ключевые слова: обводненное месторождение, торфяная залежь, автономный комплекс.

Alina A. Myakotnykh
Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, Myakotnykh_AA@pers.spmi.ru

On the issue of criteria and technological requirements for the creation of a walking platform for the extraction of peat raw materials in a climate-neutral manner

Abstract. The development of peat deposits is associated with drainage procedures now, which account for 78 % of the total costs of the entire technological development cycle, while water reduction has a negative impact on the environment, this situation requires the development of new equipment and technologies for the implementation of peat extraction, allowing extraction, bypassing the stage of water reduction, as well as having autonomy, versatility and buoyancy, which was presented in this paper, as well as criteria and technological requirements for machines are described, implementing the proposed technology.

Keywords: flooded deposit, peat deposit, autonomous complex.

В России сосредоточено около 60 % мировых запасов торфа, большая часть которых находится в Западной Сибири [1]. Благодаря такому расположению торфяных месторождений, они выступают доступным источником энергии для отдалённых и изолированных районов. Это позволяет обеспечить регионы более дешёвым топливом по сравнению с другими энергоресурсами, за счет оптимизации затрат на транспортировку сырья к промышленным и жилищно-коммунальным объектам.

Торфяная залежь в природном состоянии отличается повышенной влажностью. Энергозатраты на понижение уровня воды при разработке торфяных месторождений, составляют 78 % от общих затрат на технологический процесс. При этом, водопонижение отрицательно воздействует на состояние окружающей среды, оно приводит к потерям производительности почв и их проседанию, к снижению качества питьевой воды и уровня грунтовых вод на территориях окружающих месторождение и другим последствиям.

В связи с тем, что основным способом разработки торфяных месторождений является поверхностно-послойная разработка, доля осушенных полей составляет большую часть от всех разработанных месторождений. Данный способ предполагает применение широкой номенклатуры узкоспециализированной техники и требует больших площадей торфяных месторождений. Разработка месторождений таким способом носит сезонный

характер, так как сушка слоя торфа происходит за счет солнечной энергии [2]. Другие направления разработки торфяных месторождений также требуют водопонижения на участках добычи. Поэтому актуальным является развитие способов добычи торфяного сырья с тенденцией на разработку новых подходов, направленных на достижение климатической нейтральности при добыче сырья, что возможно благодаря геотехнологиям, позволяющим реализовывать добычу, минуя осушительные мероприятия с применением новых машин, обладающих автономностью, универсальностью и плавучестью.

Формирование процесса разработки торфяного месторождения, а также транспортировка извлеченного сырья обеспечивает эффективность добычи торфа, а также отражается на степени антропогенного воздействия. Для реализации технологии, исключаящей процедуру водопонижения на торфяных полях предложена технологическая схема разработки обводненного месторождения [2]. Для реализации описанной технологии предложен комплекс «Мостовая плавучая платформа» [3].

В процессе проведения расчетов были выявлены основные технологические требования, предъявляемые к такому комплексу. К таким требованиям относится потребный диаметр опор равный 2 м, при условии, что полный вес платформы равен 60 т, также было определено необходимое количество опор равное 8.

Исходя из условия, что мост в определенный момент остается только на 6 опорах, был проведен расчет нагрузки, который показал, что при данных технологических требованиях обеспечивается гарантированное удержание комплекса над обводненной залежью, а нагрузка на дно колодца сокращается на 20 %.

Кроме того, за счет самостоятельного погружения и всплытия опор, достигаемого использованием заборной воды, работающей как балласт, обеспечивается энергоэффективность комплекса.

Особенности конструкции данного комплекса обеспечивают его устойчивость на заболоченных участках, а принцип работы комплекса гарантирует автономность его применения. Применение такой технологии позволит добывать торф на заболоченных территориях, уменьшить воздействие на окружающую среду благодаря отказу от осушения при подготовке торфяных месторождений к разработке, эффективно осваивать месторождения благодаря независимости от сезонности проведения работ и создавать возможности для использования дополнительных источников энергии в отдалённых регионах страны.

Список литературы

1. Толстопятова А. А. Перспективы торфяной промышленности в России //Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2017. – № 1. – С. 84–87.
2. Мякотных А. А., Иванова П. В., Иванов С. Л. Критерии и технологические требования создания мостовой платформы добычи торфяного сырья для климатически нейтральной геотехнологии. Горная промышленность. – 2024. – № 4. – С. 116–120. DOI: 10.30686/1609-9192-2024-4-116-120
3. Пат. 2807666 Российская Федерация, МПК E02C 5/02); E02F 9/06; E21C 49/02; B63B 35/44 Мостовая плавучая платформа / А. А. Мякотных, С. Л. Иванов, П. В. Иванова, заявитель и патентодержатель Санкт-Петербургский горный университет – 2023115181; заявл. 09.06.2023; опубл. 21.11.2023 Бюл. № 33 – 11 с.

Научный руководитель: Иванов Сергей Леонидович, д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Влияние условий обработки на свойства стали с метастабильным аустенитом

Аннотация. В статье приведены результаты исследования структуры и свойств стали 10X13Г6 с повышенным содержанием марганца. Выявлено, что сталь относится к аустенитно-мартенситному классу. Холоднодеформированный подкат характеризуется высокой прочностью и очень низкой пластичностью вследствие образования мартенсита деформации и наклепа. Термическая обработка способствует снижению прочности (на 40–60 %), и повышению пластичности (до 57 %). Износостойкость стали 10X13Г6 в холоднодеформированном состоянии на 30 % выше, чем хромоникелевой стали 08X18Н10. Актуальность работы обусловлена поиском более дешевых альтернатив хромоникелевым коррозионностойким сталям аустенитного класса.

Ключевые слова: хромоникельмарганцевая сталь, метастабильный аустенит, мартенсит деформации, износостойкость, коррозионная стойкость, термическая обработка.

Ekaterina A. Savula*

Vitaly N. Krymov

Donetsk National Technical University, Donetsk, Russia

* katya.savula.01@mail.ru

The effect of processing conditions on the properties of steel with metastable austenite

Abstract. The article presents the results of a study of the structure and properties of 10X13G6 steel with a high manganese content. It was revealed that the steel belongs to the austenitic-martensitic class. The cold-deformed lining is characterized by high strength and very low ductility due to the formation of martensite deformation and riveting. Heat treatment helps to reduce strength (by 40–60 %), and increase plasticity (up to 57 %). The wear resistance of 10X13G6 steel in the cold-formed state is 30 % higher than chrome-nickel steel 08X18H10. The relevance of the work is due to the search for cheaper alternatives to chromium-nickel corrosion-resistant austenitic steels.

Keywords: chrome nickel manganese steel, metastable austenite, martensite deformation, wear resistance, corrosion resistance, heat treatment.

Проблема коррозии в настоящее время актуальна для большинства сфер промышленности. Для защиты от нее широко используют различные методы, однако наиболее широко применяются коррозионностойкие марки сталей, в частности хромоникелевые стали аустенитного класса (например, 08X18Н10). Они, хоть и имеют высокую коррозионную стойкость и удовлетворительный комплекс свойств, отличаются высокой стоимостью вследствие большого содержания никеля и хрома, что является поводом для поиска альтернатив. Целью работы является исследование структуры и свойств стали 10X13Г6 в исходном холоднодеформированном состоянии и после дополнительных термических обработок и сравнение ее по отдельным показателям со сталью 08X18Н10.

В качестве материала для исследования использовали образцы подката из стали 10X13Г6 сечением 5,5х5 мм. Часть образцов исследовались в исходном холоднодеформированном состоянии, остальные были подвергнуты дополнительной термической

обработке в печи СУОЛ-0,15.1.4/12. Термообработка осуществлялась по следующим режимам:

- рекристаллизационный отжиг при 650°C;
- отжиг при 950°C с охлаждением на воздухе;
- закалки с разных температур (950°C, 1000°C, 1050°C, 1100°C) с охлаждением в воде.

Химический анализ проводился спектральным методом на приборе «Spectrolab».

Твердость образцов по Виккерсу измеряли на стационарном твердомере «NOVOTEST TC-МКВ». Механические свойства при испытаниях на растяжение определяли по ГОСТ 1497-84 на универсальной испытательной машине FP-100.

Коррозионные испытания проводили в кислой (1 % раствор H₂SO₄) и нейтральной средах (3 % раствор NaCl) при полном погружении образцов. Коррозионную стойкость оценивали по массовому показателю:

$$K_m^- = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau}; \quad (1)$$

где Δm – убыль массы образца за период испытания, г; S – площадь поверхности образца, м²; τ – продолжительность испытания, ч.

Исследование износостойкости проводили по методу трения о незакрепленный абразив при удельной нагрузке 0,4 кг/см², путь износа составлял 100 м. Количественную оценку износа проводили по показателю потери массы:

$$И = \frac{\Delta m}{S \cdot L}; \quad (2)$$

где Δm – убыль массы образца за период испытания, г; S – площадь поверхности образца, подвергаемая износу, м²; L – путь износа, м.

Химический состав стали 10X13Г6 приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав стали 10X13Г6, % масс.

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu
0,106	0,41	6,65	0,02	0,165	13,7	0,45	0,53	2,1

Из таблицы видно, что сталь характеризуется низким содержанием никеля, которое скомпенсировано повышенным содержанием марганца. Согласно многим источникам [1, 2] изменения химического состава приводят к изменению фазового состава коррозионностойких сталей. В частности, частичная замена никеля марганцем приводит к переходу стали в класс аустенито-мартенситных [3].

Исследуемая сталь по типу структуры относится к аустенито-мартенситному классу, что подтверждается основными фазовыми диаграммами нержавеющей сталей.

Термообработка оказывает значительное влияние на свойства исследуемой стали, что отмечается даже по изменению характера диаграммы растяжения образцов. Для деформированного образца она имеет форму, характерную для большинства конструкционных сталей, в то время как после термической обработки становится больше похожей на диаграмму сжатия (усилие по мере пластической деформации непрерывно возрастает, что говорит о постоянном и очень сильном упрочнении при деформации и об отсутствии локальной деформации). Такое явление может быть объяснено не только высокой склонностью марганцовистого аустенита к наклепу, но и образованием мартенсита деформации, развивающимся постепенно по рабочей длине образца. Таким образом, данная сталь, являясь сталью с метастабильным аустенитом, демонстрирует поведение классической ПНП-стали.

Результаты оценки влияния термических обработок на механические свойства приведены на рисунке 3.

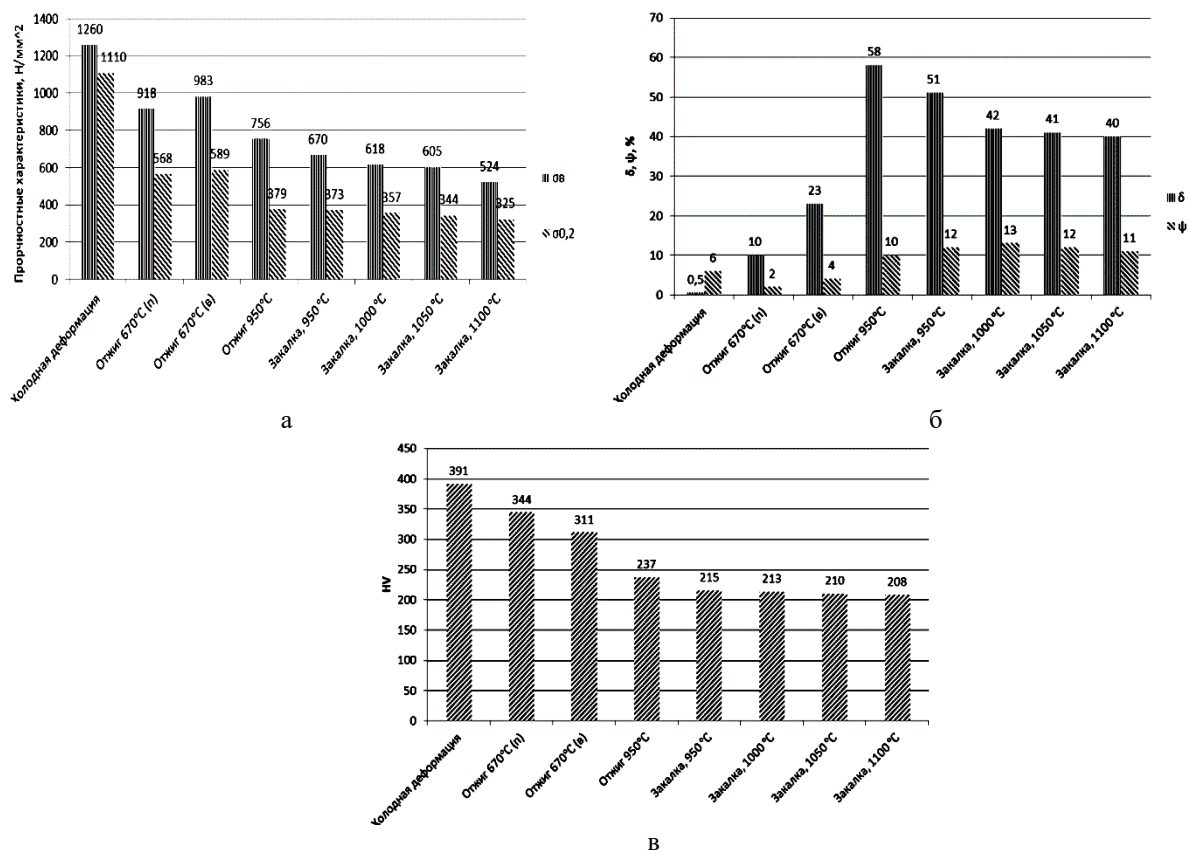


Рис. 3. Влияние термообработки на свойства стали 10X13Г6
(а – характеристики прочности, б – характеристики пластичности, в – твердость)

Из графиков видно, что наибольшей прочностью и твердостью обладает сталь в холоднодеформированном состоянии, при этом наблюдается низкая пластичность, что связано с наклепом и выделением мартенсита деформации. Результаты испытания подтверждают, что дополнительная термическая обработка позволяет получить комплекс свойств, характеризующийся меньшей прочностью и твердостью, однако более высокой пластичностью. Наилучший комплекс свойств, согласно приведенным данным, обеспечивает высокотемпературный отжиг при 950°C, а также закалка от 950°C.

Сравнение стали 10X13Г6 со сталью 18X18Н10 проводили по основным технологическим свойствам – износостойкости и коррозионной стойкости (рисунок 5, таблица 2).

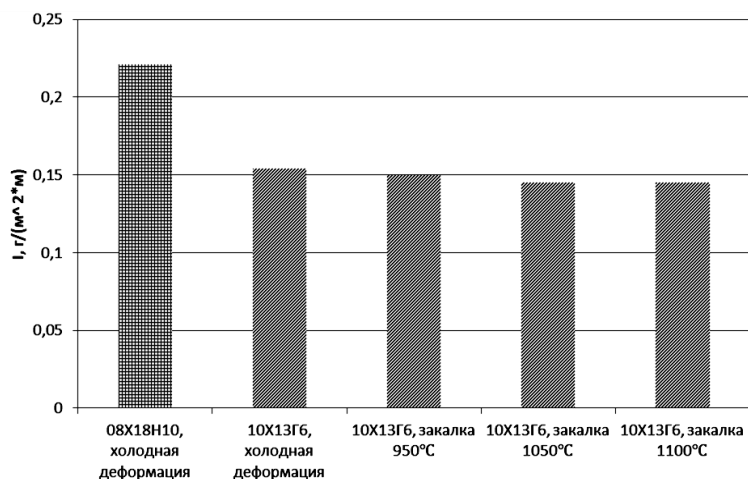


Рис. 5. Удельный износ образцов

Из полученных данных видно, что удельный износ стали 10X13Г6 в холоднодеформированном состоянии на 30 % меньше, чем стали 08X18Н10 при такой же обработке. Отмечается, что дополнительная термическая обработка стали 10X13Г6 позволяет незначительно повысить износостойкость. Наиболее целесообразной обработкой с точки зрения повышения износостойкости является закалка от температуры 950°C.

Таблица 2

Показатель изменения массы образцов в ходе коррозионного процесса

Сталь и обработка	Показатель изменения массы K_m , г/(м ² ·ч)
Нейтральная среда (3 % раствор NaCl)	
08X18Н10, холодная деформация	-0,0070
10X13Г6, холодная деформация	-0,0085
10X13Г6, отжиг	-1,0907
10X13Г6, закалка	-0,0083
Кислая среда (1 % раствор H ₂ SO ₄)	
08X18Н10, холодная деформация	-0,1238
10X13Г6, холодная деформация	-0,4019
10X13Г6, отжиг	-7,9380
10X13Г6, закалка	-3,4512

Исходя из полученных данных, наибольшей коррозионной стойкостью характеризуются холоднодеформированные образцы, особенно это заметно при испытании в кислой среде. Однако, сравнение сталей 08X18Н10 и 10X13Г6 показало, что сталь 08X18Н10 обладает несколько большей коррозионной стойкостью, чем исследуемая. Дополнительная термообработка приводит к еще большему снижению коррозионной стойкости, особенно в кислой среде.

Таким образом, рассмотренная сталь 10X13Г6 может быть использована как альтернатива марки 08X18Н10 в условиях, требующих повышенной износостойкости, однако с незначительными коррозионными воздействиями; особенно ограничено применение рассмотренной стали в условиях с преобладанием кислых агрессивных сред.

Список литературы

1. Бугай, Д. Е. Коррозионностойкие стали и сплавы : учебное пособие / Д. Е. Бугай; Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Уфа : УГНТУ, 2003. – 72 с.
2. Metal Progress : электронный журнал. – URL: https://archive.org/details/sim_metal-progress_1949-10_56_4/page/600/mode/2up (дата обращения: 01.11.2024). – Текст : электронный
3. Кемхадзе, В. С. Коррозия и защита металлов во влажных субтропиках / В. С. Камхадзе. – Москва : Наука, 1983. – 108с.

Научный руководитель: Горбатенко Владимир Петрович, д.т.н., проф., Донецкий национальный технический университет, Донецк, Россия.

Совершенствование конструкции плоского планетарно-дискового исполнительного органа проходческо-очистного комбайна для добычи калийных руд

Аннотация. Реализация перспективной перекрестной схемы резания возможна путем применения плоских планетарно-дисковых исполнительных органов в конструкциях проходческо-очистных комбайнов. Указаны недостатки, не позволяющие в настоящее время использовать проходческо-очистные комбайны, оборудованные плоскими планетарными исполнительными органами. Актуальной задачей является совершенствование конструкции плоско-дисковых исполнительных органов. Предложены и запатентованы конструкции плоско-дисковых исполнительных органов, исключающие недостатки известных ранее моделей.

Ключевые слова: перекрестная схема резания, проходческо-очистной комбайн, плоский планетарно-дисковый исполнительный орган, труднообогатимые классы руды, добыча калийных руд.

Ibragim Kh. Tyubeev
*Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russia, tyubeev2001@mail.ru*

Improving the design of a flat planetary-disk executive body of a road-going miner for mining potash ores

Abstract. The implementation of the cross-cutting scheme perspective is possible by using flat planetary-disk actuators in the designs of heading-and-cleaning combines. The above-mentioned disadvantages do not currently allow the use of heading-and-cleaning combines equipped with planetary actuators. The relevant part is the improvement of the design of flat-disk actuators. Designs of flat-disk actuators have been proposed and patented, eliminating the disadvantages of previously known models.

Keywords: cross cutting scheme, tunneling and cleaning combine, flat planetary disk executive body, difficult to enrich ore classes, potash ore mining.

Применение плоских планетарно-дисковых исполнительных органов в конструкциях проходческо-очистных комбайнов позволяет реализовать процесс разрушения горных пород перспективной перекрестной схемой резания, использование которой способствует повышению энергоэффективности процесса разрушения горного массива до 20 % и снижению доли пылевидных фракций в продуктах разрушения до 10...15 % по сравнению с традиционными схемами резания (шахматная и последовательная) [1].

Плоские планетарные исполнительные органы нашли широкое распространение в конструкциях механизированных щитов (Л-1, 105К, ПЩМ-5,6 и др.), а так же известны экспериментальные образцы проходческо-очистных комбайнов для добычи калийных руд, оснащенные плоскими планетарно-дисковыми исполнительными органами, однако серийно данные машины так и не выпускаются [2].

Одним из существенных недостатков проходческо-очистных комбайнов, оборудованных плоскими планетарно-дисковыми исполнительными органами, является трудоемкость процесса приведения комбайна в транспортное положение для его безаварийного отгона от забоя задним ходом, при котором необходимо развернуть исполнительные органы комбайна в положение, исключающее контакт режущего инструмента

со стенками выработки. Данная вспомогательная операция характеризуется значительными временными затратами, что приводит к снижению эксплуатационной производительности комбайна.

Следует также отметить, что во время работы плоско-дисковых органов разрушение периферийных участков забоя происходит резами малой толщины, а отбитая руда, находящаяся в призабойном пространстве, контактирует с вращающимися резцовыми дисками. Указанное приводит к интенсивному измельчению руды, и, как следствие, к увеличению массовой доли труднообогатимых классов как на этапе отбойки руды от массива, так и на этапе погрузки.

Указанные существенные недостатки могут быть устранены, например, путем применения плоского планетарно-дискового исполнительного органа, конструкция которого позволяет изменять угол наклона резцовых дисков относительно плоскости забоя, путем использования телескопических выходных валов редукторов-рукоятей [3].

Применение указанной конструкции, разработанной и запатентованной при участии автора, позволяет существенно упростить процесс приведения плоских планетарно-дисковых исполнительных органов в транспортное и рабочее положение, тем самым снизить временные затраты на выполнение вспомогательных операций и повысить эксплуатационную производительность проходческо-очистного комбайна.

Однако данная конструкция не решает недостатка, связанного с разрушением периферийных частей забоя резами малой толщины и интенсивным измельчением отбитой руды в призабойном пространстве.

Комплексно решить указанные недостатки позволяет конструкция плоского планетарно-дискового исполнительного органа (рис. 1) [4]. Согласно данной конструкции, основная часть забоя разрушается установленными на торцевых поверхностях дисков 1 резцами 2. Центральная часть забоя разрушается роторным забурником 3 с резцами 4, а периферийные участки забоя разрушаются гребенками 5, выполненными в виде подгребавших лопаток с установленными на них резцами 6. Отделенная от массива горная масса поступает в призабойное пространство, откуда подается гребенками 5 на погрузочные органы проходческо-очистного комбайна. Таким образом, минимизируется вероятность контакта вращающихся резцовых дисков 1 с горной массой, что снижает ее измельчение на этапе погрузки.

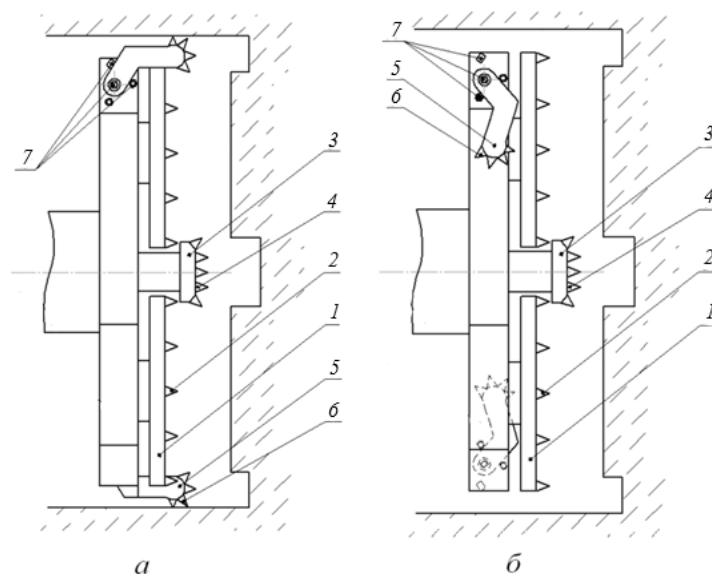


Рис. 1. Схема плоского планетарно-дискового исполнительного органа (вид сбоку):

а – рабочее положение гребенок;

б – транспортное положение гребенок при отгонке комбайна из выработки

При отгонке комбайна от забоя крепежи 7 отсоединяются, гребенки 5 переводятся в транспортное положение (см. рис. 1, б), что минимизирует вероятность контакта элементов исполнительного органа с почвой и стенками выработки при движении комбайна задним ходом.

При работе исполнительного органа (рис. 2) большая часть забоя разрушается перекрестными резами 3, а периферийные и центральные участки – шахматными резами 2 и 1 соответственно.

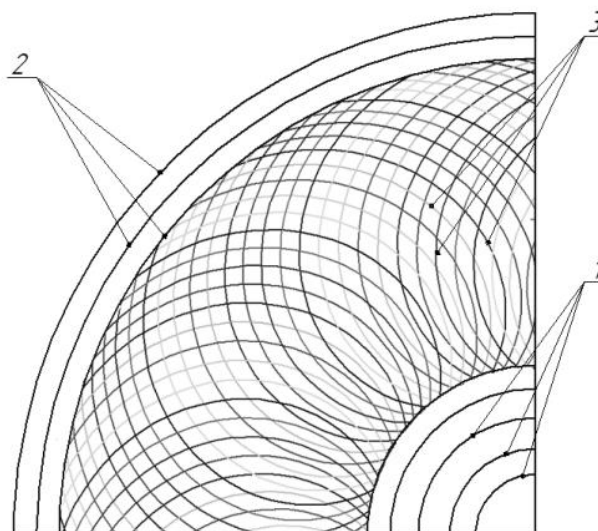


Рис. 2. Схема расположения резов на забое при работе плоского планетарно-дискового исполнительного органа с гребенками

Таким образом, использование описанной конструкции плоского планетарно-дискового исполнительного органа позволяет обеспечить повышение качества гранулометрического состава добываемой руды на этапах отделения от забоя и погрузки, снизить временные затраты на приведение исполнительного органа в транспортное положение, а также повысить эксплуатационную производительность проходческо-очистного комбайна.

Список литературы

1. Харламова Н. А. Исследование механизма разрушения соляных горных пород резцовым инструментом: дис... канд. техн. наук, 05.15.11 / Харламова Нелли Артемьевна. – Пермь, 1998. – 173 с.
2. Шишлянников Д. И. Совершенствование оборудования и режимов работы проходческо-очистных комбайнов калийных рудников как энергоэффективных объектов функционирования: автореф. дис... докт. техн. наук. – М.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». – СПб., 2021. – 42 с.
3. Патент 2828781 Российская Федерация, МПК E21C2727/24 (2006.1), E21C31/10 (2024.08). Исполнительный орган проходческо-очистного комбайна: №2024105951; заявлено 05.03.2024; опубликовано 18.10.2024 / Д. И. Шишлянников, И. Х. Тюбеев, Д. А. Ситников, Д. С. Грибов, Д. А. Лосев; заявитель АО «ВНИИ Галургии». Бюл. №29. – 14 с.
4. Патент 2755193 Российская Федерация, МПК E21C27/24 (2006.1). Исполнительный орган проходческо-очистного комбайна: №2021101728; заявлено 26.02.2021; опубликовано 14.09.2021 / Д. И. Шишлянников, А. Л. Васильев; заявитель АО «ВНИИ Галургии». Бюл. № 26. – 14 с.

Научный руководитель: Шишлянников Дмитрий Игоревич, доктор технических наук, профессор, доцент кафедры «Горная электромеханика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия.

Влияние легирования атомами углерода и азота и деформационно-термических обработок на механические свойства высокоэнтропийного сплава Кантора

Аннотация. В условиях крайнего севера большинство материалов становятся хрупкими, однако сплав Кантора показывает высокую прочность и пластичность при криогенных температурах. Препятствием для конструкционного применения данного сплава является низкая прочность при нормальной температуре. Целью данной работы является повышение прочности без потери пластичности сплава при комнатной температуре и выше путем легирования атомами углерода и азота. Проведенные исследования показали, что легирование сплава Кантора атомами углерода повышает прочность, в то же время легирование атомами азота повышает прочность и пластичность материала.

Ключевые слова: высокоэнтропийный сплав, сплав Кантора, легирование атомами углерода/азота, микротвердость, статические испытания, деформационно-термическая обработка, структура.

Neylya A. Khaybulina*
Ruslan K. Nafikov
FSBEI HE UUST, Ufa, Russia
* nkhaibulinaw@yandex.ru

The influence of alloying with carbon and nitrogen atoms and deformation-thermal treatments on the mechanical properties of high-entropy Cantor alloy

Abstract. In the conditions of the extreme north, most materials become brittle, but Cantor alloy shows high strength and plasticity at cryogenic temperatures. The obstacle to the structural use of this alloy is its low strength at normal temperatures. The purpose of this work is to increase the strength without losing the plasticity of the alloy at room temperature and above by alloying with carbon and nitrogen atoms. The studies have shown that alloying Cantor alloy with carbon atoms increases the strength, while alloying with nitrogen atoms increases the strength and plasticity of the material.

Keywords: high-entropy alloy, Cantor alloy, carbon/nitrogen alloying, microhardness, static testing, deformation-heat treatment, structure.

Первые исследования высокоэнтропийных сплавов были проведены в начале 20-ого века. Главное отличие данных сплавов от традиционных заключается в том, что в них нет «основного» компонента, так как содержание каждого элемента в сплаве одинаково, также в создание высокоэнтропийного сплава участвует от 5 до 13 элементов [1]. На сегодняшний день актуальной проблемой является использование материалов в условиях крайнего севера, большинство материалов в климатических условиях с низкими температурами становятся хрупкими, однако сплав Кантора при низких температурах показывает хорошую пластичность [2–3]. Наибольший интерес для изучения представляет сплав Кантора, так как практическое его применение затруднено из-за дороговизны элементов, однако его существование оправдывает возможность создание с датчиков с использованием сплава Кантора, применение его как сверхтвёрдого сплава, также применение его как материала для датчиков, мембран, способных поглощать водород. Проблема состоит в том, что полученные высокие прочностные свойства значительно снижают пластичность материала. Для решения этой проблемы было предложено легировать сплав Кантора атомами углерода и азота разным процентном содержании легирующих элементов.

В данной работе был взят сплав Кантора легированный атомами углерода и азота в разных процентах, составы приведены в таблице 1.

Таблица 1

Состав высокоэнтропийного сплава Кантора легированного атомами углерода и азота (вес %)

Сплав	Fe	Mn	Cr	Ni	Co	C	N
Чистый	20,6	17,8	17,8	21,4	22,0	-	-
1C	19,9	20,0	20,0	20,0	19,0	1,1	-
2C	19,9	20,0	20,0	20,0	17,3	2,8	-
0,1N	19,9	20,1	20,0	19,9	19,3	-	0,8
0,2N	19,7	20,0	20,0	19,9	19,0	-	1,4

Для определения твердости отдельных структурных составляющих, провели измерения микротвердости путем вдавливания в образец индентора с наконечником в виде четырехгранной пирамиды. Механические испытания на статическое растяжение проводили при комнатной температуре со скоростью 10^{-3} с^{-1} с расчетной длиной образца 4 мм.

Ниже приведены кривые после легирования атомами углерода и азота, рисунок 1.

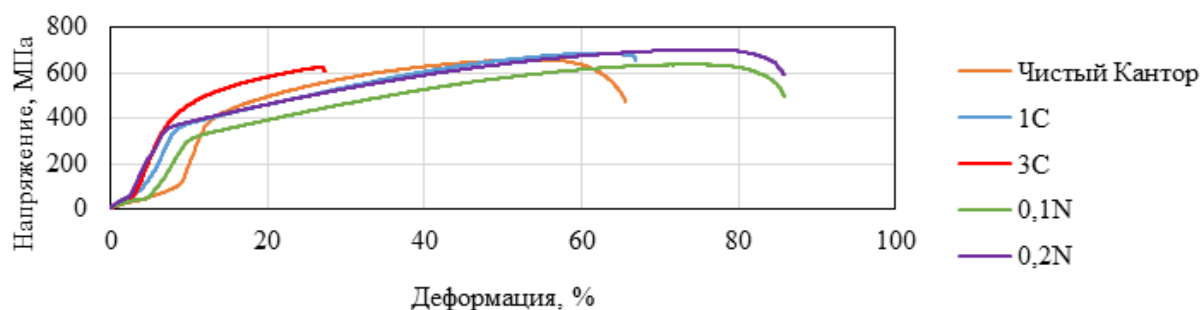


Рис. 1. Кривые после механических испытаний на статическое растяжение сплава Кантора легированного атомами углерода и азота

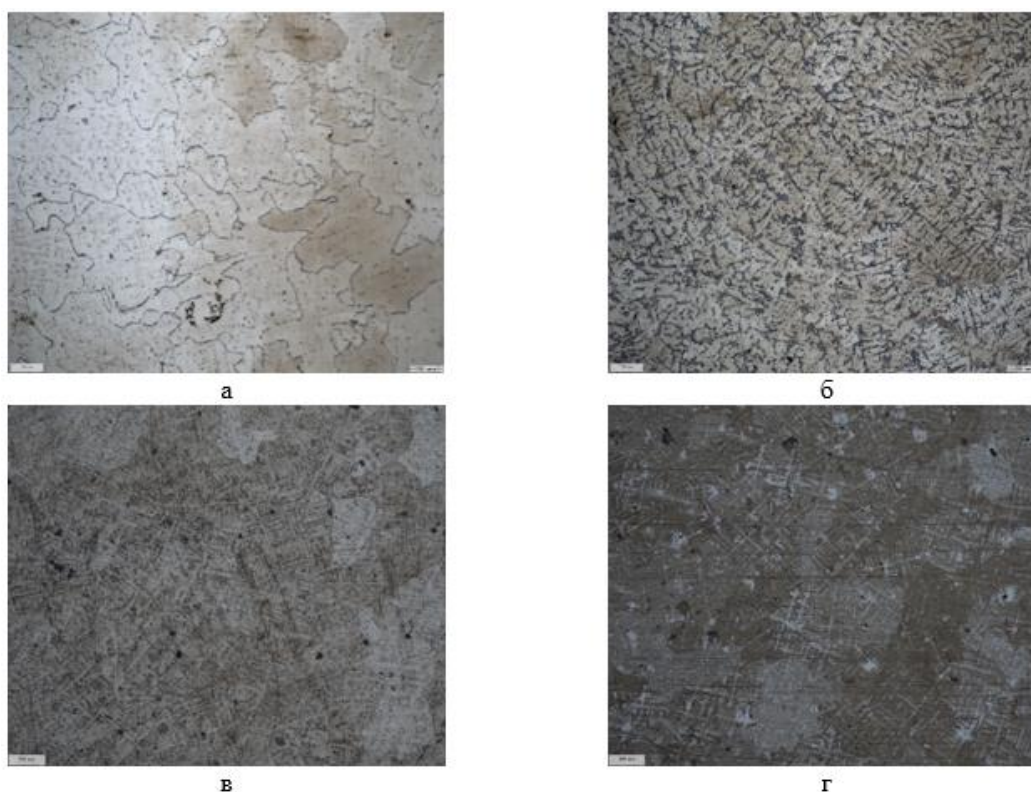


Рис. 2. Структура сплава Кантора: а – 1C при x50; б – 3C при x50; в – 0,1N при x50; г – 0,2N при x50

Структура сплавов представляет собой дендритные зерна произвольной геометрической формы с включениями карбидов (рисунок 2 а, б) и нитридов (рисунок 2 в, г). В отличие от 1С, пластичность которого достигает 53 % (предел прочности 692 МПа) карбиды у сплава 3С концентрируются на границах зерен, что уменьшает пластичность материала до 17,6 % (предел прочности 625 МПа). Содержание нитридов в сплаве увеличивает пластичность материала за счет своего меньшего размера, в сравнении с карбидами. Повышение содержания азота в сплаве увеличивает пластичность материала с 635 МПа до 700 МПа (пластичность 17,6 % для сплава 0,1N и 18,6 % для сплава 0,2N). Для повышения механических характеристик был использована интенсивная пластическая деформация кручением под высоким давлением при температурах 20°C и 300°C, в результате получили диски толщиной около 1 мм и диаметром 20 мм, далее из них вырезали образцы с расчетной длиной 4 мм. Результаты проведенных механических испытаний представлены на рисунке 3.

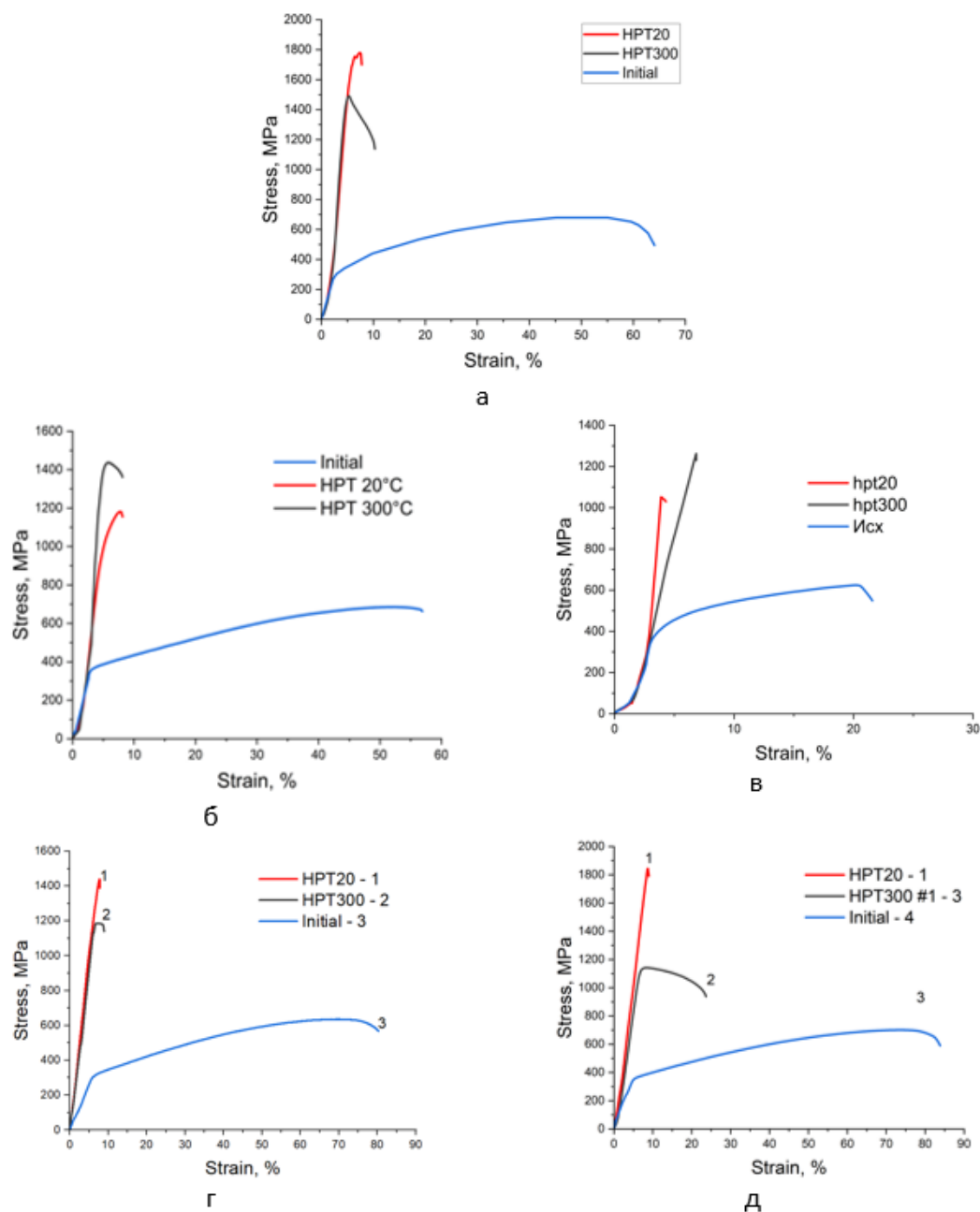


Рис. 3. Результаты механических испытаний:
а – сплав Кантора чистый, б – сплав 1С, в – сплав 3С, г – сплав 0,1N, д – сплав 0,2N

В таблице 2 приведены механические свойства сплавов.

Таблица 2

Механические свойства сплавов

Состояние	Микротвердость, HV	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	δ_r , %
Кантор чистый	350	270	630	61,0
Кантор чистый КВД при 20°C	535	1600	1780	2,0
Кантор чистый КВД при 300°C	560	1270	1490	6,5
1С	205	360	690	53,0
1С КВД при 20°C	550	1140	1190	1,5
1С КВД при 300°C	600	1270	1490	4,2
3С	260	320	630	17,6
3С КВД при 20°C	650	1000	1050	0,1
3С КВД при 300°C	590	830	1100	2,0
0,1N	255	300	640	86,0
0,1N КВД при 20°C	585	1120	1440	11,1
0,1N КВД при 300°C	605	1130	1180	9,5
0,2N	310	340	700	87,0
0,2N КВД при 20°C	600	1840	1850	8,7
0,2N КВД при 300°C	570	1070	1140	25,5

Исследования показывают, что в повышение прочности сплава при легировании большой вклад вносит деформационно-термическая обработка. Оптимальным состоянием является сплав 0,2N подвергнутый кручению под высоким давлением при 300°C, так как в нем сочетаются высокие прочностные свойства и хорошая пластичность, достаточные для конструктивного применения материала.

Список литературы

1. Zhang Y., Zuo T.T., Tang Z., Gao M.C., et al. Microstructures and properties of high-entropy alloys // Progress in materials science. – 2014. – V. 61. – P. 1–93.
2. Yeh, J.W., Chen, S.K., Lin, S.J., Gan, J.Y., Tsau, T.S. and Chang, S.Y. Nanostructured High-Entropy Alloys with Multiple Principal Elements: Novel Alloy Design Concepts and Outcomes. Advanced Engineering. // Materials. 2009. V.11, № 8. Pp. 641-644.
3. Yeh J.-W., Chen Y.-L., Lin S.-J., Chen S.-K. High-entropy alloys – a new era of exploration // Materials science forum. – 2007. – V. 560. – P. 1–9.

Научный руководитель: Ганеев Артур Вилевич, к.ф.-м.н., доцент, ФГБОУ ВО УУНУТ, Уфа, Россия.

Эссельбах Роман Вадимович¹
Корсунов Константин Анатольевич²

¹ аспирант кафедры радиофизики,
ФГБОУ ВО «Донбасский государственный технический университет»,
Алчевск, Россия, diabazer@yandex.ru

² доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет им. В. Даля»,
Луганск, Россия

Закалка контактных поверхностей подушек прокатных валков в плазмотроне с жидким электродом

Аннотация. Упрочнение прокатных валков плазмотроном с жидким электродом является эффективным методом улучшения механических свойств, таких как прочность, твердость и износостойкость. В работе проведен анализ существующих методов упрочнения прокатных валков и указаны их недостатки. Представлены результаты воздействия электролитно-плазменной обработки на структурно-фазовые превращения в исследуемых образцах, продемонстрировано повышение основного показателя плазменного упрочнения – твердости. Представленные данные показывают, что твердость поверхности после обработки в плазмотроне может превышать значения твердости, полученные при любом другом способе обработки. Изучена микроструктура образцов до и после обработки. Выявлены преимущества рассмотренного метода обработки по сравнению с другими технологиями.

Ключевые слова: фазовая структура, плазменное упрочнение, жидкий электрод, прокатные валки, закалка, твердость.

Roman V. Esselbakh¹
Konstantin A. Korsunov²

¹ Postgraduate student of the Department of Radiophysics,
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"Donbass State Technical University",
Alchevsk, Russia, diabazer@yandex.ru

² Doctor of Technical Sciences, Professor,
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"Lugansk State University named after V. Dahl",
Lugansk, Russia

Hardening of the contact surfaces of the rolling roller pads in a plasma torch with a liquid electrode

Abstract. Hardening of rolling rolls with a plasma torch with a liquid electrode is an effective method for improving mechanical properties such as strength, hardness and wear resistance. The paper analyzes the existing methods of hardening of rolling rolls, the disadvantages are indicated. The results of the effect of electrolytic plasma treatment on structural and phase transformations in the studied samples are presented, and an increase in the main indicator of plasma hardening, hardness, is demonstrated. The presented data show that the hardness of the surface after treatment in a plasma torch can exceed the hardness values obtained with any other processing method. The microstructure of the samples before and after processing was studied. The advantages of the considered processing method in comparison with other technologies are revealed.

Keywords: phase structure, plasma hardening, liquid electrode, rolling rolls, hardening, hardness.

В настоящее время актуальным является поиск оптимального метода упрочнения прокатных валков. Износ контактных поверхностей подушек валков связан с постоянным взаимодействием валков с прокатываемым материалом. В процессе прокатки на поверхностях возникают механические повреждения, такие как царапины, риски и микротрещины. Также возможно появление коррозии и химического износа. Износ

контактных поверхностей подушек валков приводит к изменению геометрии, что влияет на качество проката. Например, уменьшение диаметра валков может привести к снижению точности размеров и формы изделий, а также к ухудшению механических свойств металла.

Для повышения усталостной прочности и износостойкости прокатные валки упрочняют. Это необходимо для обеспечения стабильной работы прокатных станов при увеличении эксплуатационных параметров и контактных напряжений. Существуют следующие методы упрочнения:

- термомеханическая обработка (закалка с нагревом ТВЧ и ТПЧ) позволяет значительно увеличить прочность без значительных потерь в свойствах пластичности материала [2], применим для углеродистых, конструкционных, инструментальных, легированных и пружинных сталей [1,2]. Недостатками термомеханического метода обработки являются высокая стоимость, возникновение внутренних напряжений в обрабатываемом материале, изменения в микроструктуре, повреждение поверхности (трещины, прожоги или обесцвечивание), низкая эффективность, поскольку метод медленный и неэффективный для обработки больших деталей [3];

- детонационно-газовое напыление – процесс напыления промышленных покрытий, в основе которого лежит нагрев напыляемого материала с последующим его ускорением и переносом на напыляемую деталь с помощью продуктов детонации [4]. К недостаткам метода можно отнести большой расход рабочих газов, большой тепловой поток на подложку, ограниченный срок службы сверхзвукового сопла;

- борирование – процесс химико-термической обработки, диффузионного насыщения поверхности металлов и сплавов бором при нагреве и выдержке в химически активной среде. Недостатки: недолгий срок службы активных ингредиентов расплава, сложность соблюдения баланса ингредиентов в смеси, неоднородность поверхности изделия [5];

- ультразвуковая поверхностно-пластическая деформация (ППД) – обработка деталей давлением, при которой пластически деформируется только их поверхностный слой, обрабатываемая поверхность подвергается выглаживающему воздействию твердосплавного индентора, жёстко связанного с концентратором ультразвукового преобразователя. Он ударяет по поверхности с частотой 18–24 кГц и одновременно с этим вдавливается в поверхностный слой статической силой под постоянным давлением [6];

- накатывание – поверхностное деформирование валов, осей, втулок, дисков, зубьев зубчатых колёс, плоских деталей с помощью специальных инструментов – роликов, накатников, плашек. Недостатками являются снижение пластичности материала, возникновение остаточных напряжений в поверхностном слое детали, что негативно сказывается на её прочности [6];

- выглаживание алмазное – процесс поверхностного пластического деформирования, который осуществляется при скольжении индентора с рабочей частью из природного алмаза по локально контактирующей с ним поверхности детали, при этом обеспечивается параметр шероховатости $Ra=0,05-0,2$ мкм с одновременным упрочнением поверхностного слоя, что тем самым увеличивает износостойкость деталей работающих в условиях трения. Недостатками являются низкая производительность по сравнению с другими методами обработки, такими как шлифование и полирование, необходимость использования специальных станков и инструментов, что повышает стоимость процесса, ограничение по типам поверхностей [7];

- химико-термическая обработка (цементация) – нагрев и выдержка металлических материалов при высоких температурах в химически активных средах. Недостатки - затраты времени, для цементации на глубину 0,1 мм требуется около 1 часа,

низкая производительность процесса, громоздкое оборудование и сложность автоматизации [8];

- лазерная обработка позволяет осуществить быстрый нагрев поверхностного слоя обрабатываемого материала до температуры плавления и быстрое охлаждение за счет отвода тепла в объем материала, который остается практически холодным. К недостаткам можно отнести высокую стоимость лазерных технологических комплексов, малая зона тепловой обработки, глубина упрочняемого слоя обычно не превышает 1–1,5 мм. [9];

Плазменное поверхностное упрочнение валков при помощи плазмотрона с жидким электродом. Применение данного метода создает на поверхности вала твердый слой, повышая устойчивость к истиранию и абразивному износу. Упрочненный слой может иметь твердость до 70 HRC и выше, в то время как толщина слоя может составлять всего несколько микрон, поэтому обеспечивается сочетание высокой твердости и гибкости. Обработанная плазмой поверхность имеет низкий коэффициент трения, что уменьшает износ и задиры. Упрочненный слой также обладает низкой адгезией, что предотвращает налипание материалов к поверхности. Улучшается термостойкость к тепловому окислению и обезуглероживанию. Это делает обработанные валки более устойчивыми к высоким температурам и тепловым циклам, плазменное поверхностное упрочнение создает зоны сжимающих напряжений на поверхности, что повышает усталостную прочность. Упрочненный слой предотвращает образование трещин и распространение усталости [10].

Для исследования процесса упрочнения валков в плазмотроне с жидким электродом [11] было взято колесо (рис. 1) из низкоуглеродистой стали, сходной со сталью 45 содержанием углерода (C) примерно 0,45 %.



Рис. 1. Закаливаемый образец, колесо и привод

Перед проведением эксперимента был произведен отжиг, который включает в себя нагрев выше точки A_{c3} , где сталь переходит в однофазное аустенитное состояние, на 30–50°C с последующим охлаждением в печи для акклиматизации стали [12]. Этот относительно медленный процесс охлаждения приводит к тому, что микроструктура становится практически равновесной, а перлит занимает примерно 55 % всей площади поля зрения. Твердость стали по HRC составила 4–6 единиц. Структура стали после отжига (рис. 2).



Рис. 2. Структура стали после отжига

Затем была проведена поверхностная обработка колеса в плазмотроне с жидким электродом. Для этого поверхность нагревалась до температуры на 30–50°C выше точки A_{c3} (820–850°C), с последующим быстрым охлаждением в электролите, являющимся катодом плазмотрона.

После закалки произошло изменение структуры. Она представляет собой игольчатый мартенсит. Его кристаллы имеют форму тонких линзообразных пластин, которые в разрезе на шлифе выглядят иглами (рис. 3). Такая форма мартенсита соответствует минимуму энергии упругих искажений при его образовании в аустенитной матрице. Оценка твердости поверхности прибором ТКС-1М составила 52-55 единиц HRC. Можно сделать вывод, что при помощи такого метода закалки возможно добиться высокой твердости на рабочих поверхностях, что в свою очередь снизит износ и позволит в несколько раз увеличить срок службы валков [12].

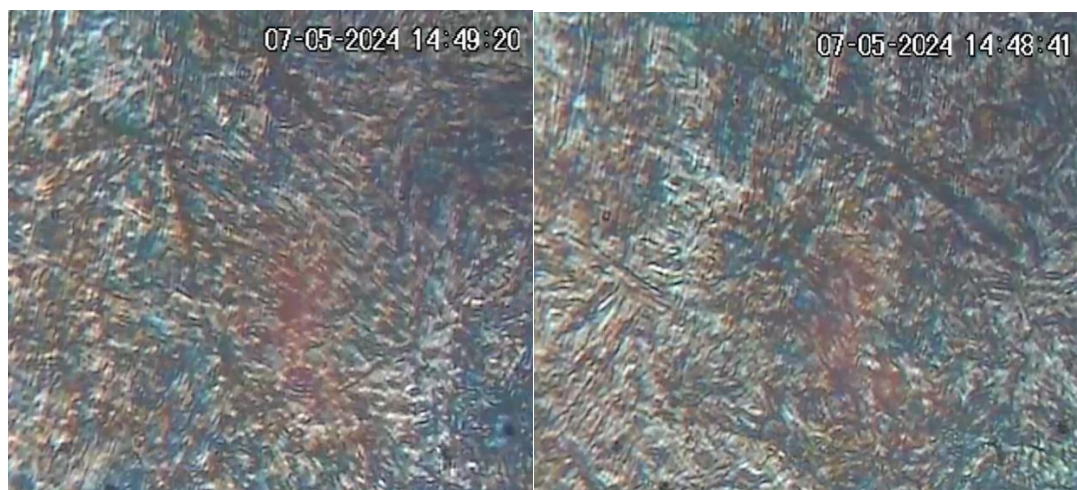


Рис. 3. Структура стали после обработки

Таким образом, плазмотрон с жидким электродом является эффективным и инструментом для поверхностного упрочнения валков, обладающим рядом преимуществ перед другими методами обработки: относительная простота установки для упрочнения, которая не требует дорогостоящего оборудования. Анодом в такой установке выступает сама обрабатываемая деталь, а жидкий катод дополнительно выполняет функцию охлаждающей среды с возможностью регулирования температуры для требуемой скорости

охлаждения детали. Возможность автоматизации процесса обработки, возможность управления толщиной закаленного слоя, высокая эффективность и скорость обработки, минимальное воздействие на основной материал.

Список литературы

1. Колеров, В. С. Термическая обработка сталей: метод. указания / О. К. Колеров, В. С. Уварова, И. А. Дроздов, Г. З. Бунова. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2008. – 68 с.
2. Гончаров, В. С. Методы упрочнения конструкционных материалов. Функциональные покрытия: электронное учебное пособие / В. С. Гончаров. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2017. – 205 с.
3. Картонова, Л. В. Теория и технология термической обработки : учеб. пособие / Л. В. Картонова, В. А. Кечин; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2020 – 128 с.
4. Селиванов, В. В. Взрывные технологии : учебник для вузов / В. В. Селиванов, И. Ф. Кобылкин, С. А. Новиков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014 – 519, [1] с. : ил.
5. Ворошнин Л. Г. Борирование промышленных сталей и чугунов : (Справ. пособие) / Л. Г. Ворошнин. – Минск : Беларусь, 1981. – 205 с.
6. Смелянский В. М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. М. : Машиностроение, 2002 С. 300.
7. Швецов А. Н., Скуратов Д. Л. Определение рациональных условий обработки на операциях алмазного выглаживания деталей ГТД и авиаагрегатов: методические указания / А. Н. Швецов, Д. Л. Скуратов, – Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2017 – 29 с.
8. А. А. Попов А. А. Цементация, нитроцементация и азотирование стальных изделий : учебное пособие / М. В. Майсурадзе, М. А. Рыжков, С. В. Беликов, О. Ю. Корниенко, М. С. Карабаналов, А. Ю. Жилияков; М-во науки и высшего образования РФ. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2021 – 102 с.
9. Гаврилов Е. Н. Особенности формирования структуры сталей при лазерном термическом цикле / Г. Н. Гаврилов, В. Кастро, И. Брауэр, Е. С. Беляев // Заготовительные производства в машиностроении. – 2011. – № 12. – С. 38–41.
10. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов / И. В. Суминов, П. Н. Белкин, А. В. Эпенфельд [и др.]: Под общ. ред. И. В. Суминова: в 2-х томах. Том I. – М.: Техносфера, 2011. – 464 с.
11. Корсунов К. А., Малюта Е. Р., Эссельбах Р. В. Плазменное поверхностное упрочнение плазмотроном с жидким электродом // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2024. № 5 (165). С. 30–39. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-5-30-39.
12. Малюта, Е. Р., Эссельбах, Р. В., Корсунов, К. А. Упрочнение конструкционных материалов плазмотроном с жидким электродом / Е. Р. Малюта, Р. В. Эссельбах, К. А. Корсунов // «МЕТАЛЛУРГИЯ XXI СТОЛЕТИЯ ГЛАЗАМИ МОЛОДЫХ». – Донецк, 2024. – С. 177–179.

Научный руководитель: Корсунов Константин Анатольевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет им. В. Даля», Scopus ID/ORCID, korsunof@mail.ru.

Секция 12. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА В МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОМ КОМПЛЕКСЕ

УДК 621.313.333.2

Воробьева Валерия Антоновна*

Добуш Василий Степанович

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург, Россия*

* Vorobyova-Valeriya0928@yandex.ru

Исследование подшипниковых токов асинхронного двигателя при питании от преобразователя частоты

Аннотация. Токи, протекающие в подшипниках, оказывают на них негативное влияние и приводят к их ускоренному износу. В работе проведено исследование вопроса подшипниковых токов: выделены основные причины их возникновения и контуры протекания, а также выделены наиболее перспективные методы измерения данных токов. Проведенный эксперимент доказывает наличие проблемы возможного существования подшипниковых токов в двигателях любых габаритов, однако не является достаточным для точного диагностирования тока в подшипнике.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, диагностика, подшипниковые токи, измерение токов подшипников, преобразователь частоты, асимметрия магнитного поля.

Valeriya A. Vorobeva*

Vasily S. Dobush

*Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University
Saint Petersburg, Russia*

* Vorobyova-Valeriya0928@yandex.ru

Investigation of bearing currents of induction motor powered by frequency converter

Abstract. Currents flowing in bearings have a negative effect on them and lead to their accelerated wear. In this paper we have investigated the issue of bearing currents: the main causes of their occurrence and contours of their flow, as well as the most promising methods of measuring these currents. The conducted experiment proves the existence of the problem of possible existence of bearing currents in motors of any dimensions, but is not sufficient for accurate diagnosis of the current in the bearing.

Keywords: induction motor, diagnostics, bearing currents, measurement of bearing currents, frequency converter, magnetic field asymmetry.

Среди наиболее часто возникающих повреждений асинхронных двигателей повреждения подшипников занимают третье место (12 % от общего количества повреждений) [1]. Одной из причин повреждений подшипников является протекание по ним токов. Длительное протекание токов вызывает нагрев колец и тел качения, нагрев масляной пленки, возможно образование электрических дуг и горение масла, эрозия. Подшипники, долгое время подвергающиеся такому воздействию, имеют на своей поверхности характерные бороздки (рис. 1).



Рис. 1. Характерные повреждения подшипников качения при протекании тока

При этом возникновение дефектов в подшипниковых узлах может оказывать негативное влияние на электрические и энергетические характеристики электрического привода [2].

Токи могут возникать по различным причинам, однако во всех случаях они будут протекать тогда, когда напряжение, приложенное к подшипнику, будет достаточным для пробоя изоляции смазки него.

Напряжения, приложенные к подшипникам, можно разделить на высокочастотные и низкочастотные. Основной причиной возникновения низкочастотных напряжений является асимметричное распределение магнитного потока внутри двигателя. В свою очередь, асимметрия магнитного поля может возникать из-за электромагнитного дисбаланса или механического дисбаланса [3]. Такие эффекты в большей степени характерны для двигателей мощностью более 400 кВт.

Высокочастотное напряжение может возникать из-за наличия преобразователя частоты и использования в нем полупроводниковых ключей с высокой частотой коммутации [4]. Протекающие в результате токи могут вызывать различные негативные эффекты и характерны для двигателей всех габаритов.

Высокочастотные токи, протекающие через подшипники, можно разделить на: уравнительные токи, токи заземления вала и токи емкостного разряда. Они имеют разные причины возникновения и контуры протекания. В работе рассматриваются в основном уравнительные токи, индицирующиеся магнитным потоком высокой частоты, протекающим по ярму статора. Они протекают по контуру «вал – подшипники – станина». Высокочастотные уравнительные токи могут накладываться на низкочастотные, образуя сложный сигнал протекающих токов.

На данный момент не существует прямых способов измерения подшипниковых токов, а в качестве основных косвенных методов используется измерение потенциала на валу различными методами и применение катушки Роговского для определения протекающих по валу токов.

Для изучения явления протекания подшипниковых токов авторами был проведен эксперимент по измерению потенциала на валу асинхронного двигателя при питании от преобразователя частоты. Схема эксперимента приведена на рисунке 2.

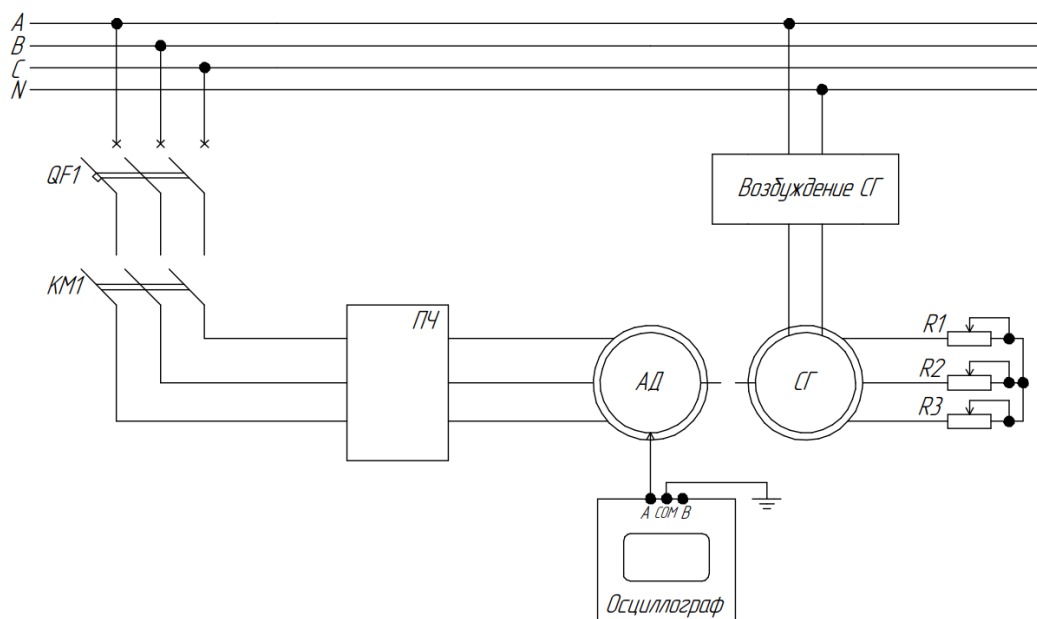


Рис. 2. Принципиальная схема эксперимента

В таблице 1 приведены параметры основного используемого оборудования.

Таблица 1

Основные параметры оборудования

Наименование	Р, кВт	U _{ном} , В	f _{ном} , Гц	П _{ном} , об/мин	Кол-во фаз
АД	5,5	380	50	2870	3
СГ	5	380	50	3000	3
ПЧ	5,5	380-500	-	-	3

Для измерения потенциала на валу использовался скользящий контакт, конструкция которого ограничивала возможность снятия характеристик на высоких частотах. Было проведено два измерения: при частоте задания 1,5 Гц и 5,2 Гц. Результаты представлены на рисунке 3.

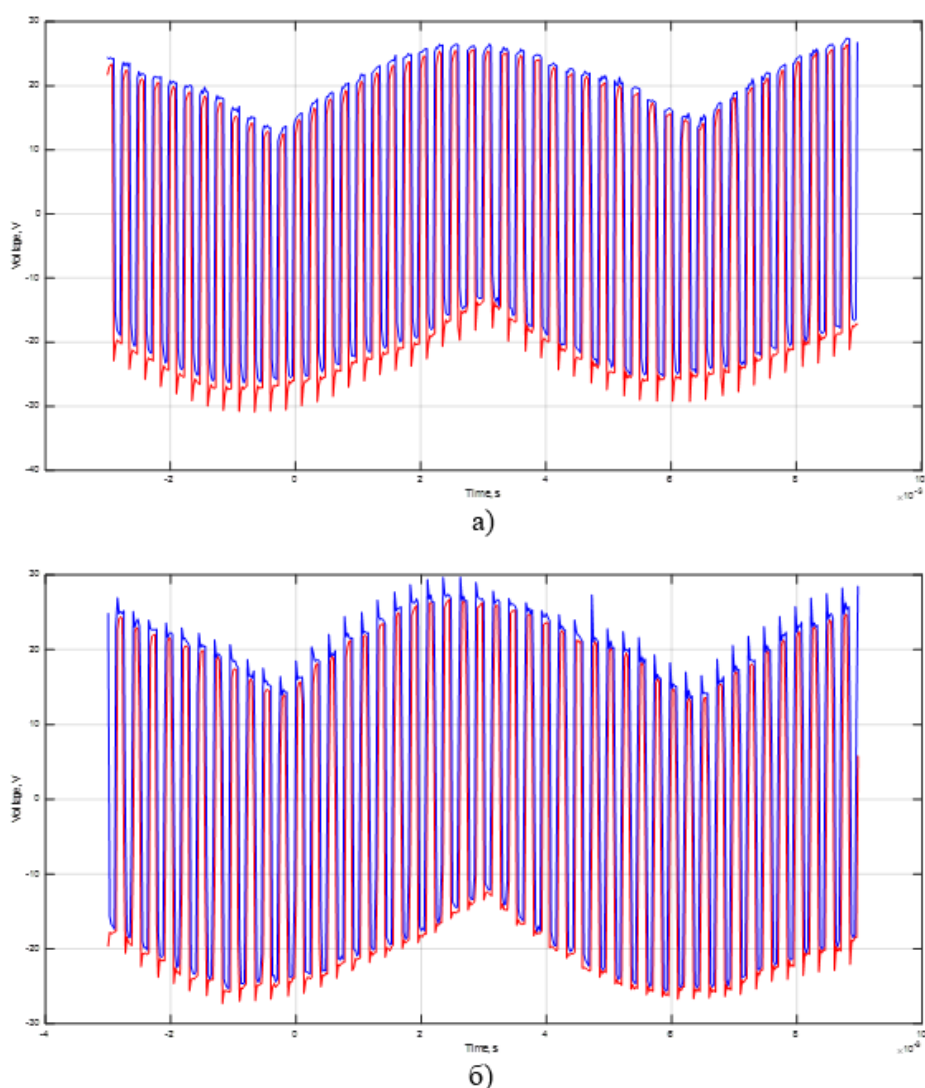


Рис. 3. Осциллограммы потенциала на валу при задании: а) 1,5 Гц, б) 5,2 Гц

Модулирующий сигнал имеет частоту 4 кГц, равную частоте коммутации ключей в преобразователе частоты, при обоих измерениях.

Частота фазы основного сигнала в первом случае равна 47,6 Гц, а во втором – 55,5 Гц. Максимальное напряжение при этом составляет 26,5 В и 27 В соответственно.

Однако, однозначно зафиксировать протекание токов через подшипники при помощи такого измерения не удастся. В качестве дальнейшей работы планируется усовершенствование конструкции скользящего контакта для проведения эксперимента на скоростях вращения двигателя, близких к номинальным, по результатам чего будет построена зависимость частот и величин напряжения на валу двигателя в зависимости от задания на преобразователе частоты. Также одним из этапов последующей работы станет составление математической модели для расчета протекающих токов, для чего необходимо провести дополнительные исследования и замерить сопротивления контуров возможного протекания токов.

В дальнейшем планируется применять выявленные измерения подшипниковых токов способы и полученные зависимости к двигателям большей номинальной мощности, находящимся в промышленной эксплуатации на объектах топливно-энергетического комплекса.

Устранение подшипниковых токов является важным процессом с точки зрения повышения эффективности преобразования энергии и продления срока службы оборудования, что, в свою очередь, является частью концепции снижения нерационального потребления ресурсов.

Список литературы

1. Мухторов А. Ф., Гафуров М. О., Норбоев А. А. Асинхронные машины, возникающие дефекты и их профилактика // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. – 2020.
2. Королев Н. А., Жуковский Ю. Л., Булдыско А. Д., Баранов Г. Д., Чен П. Оценка энергетического ресурса на основе диагностики технического состояния электромеханического оборудования минерально-сырьевого комплекса // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2024. – № 5. – С. 158–181.
3. Васильев Б. Ю., Козярук А. Е. Подшипниковые токи приводных машин в электроприводах с полупроводниковыми преобразователями // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. – 2016. – № 3. – С. 93–100.
4. Chen S., Lipo T. A. Circulating Type Motor Bearing Current in Inverter Drives // IEEE Industry Applications Magazine. – 1998. – P. 32–38.

Научный руководитель: Добуш Василий Степанович, к.т.н., доцент каф. Общей электротехники, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Гаджиева Айханум Сеферовна*
Муратова Валерия Михайловна

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»,
Ханты-Мансийск, Россия
* gaykhanoom@bk.ru

Инфракрасный анализатор для оперативного контроля качества трансформаторного масла

Аннотация. В данной работе предложен ИК-анализатор в качестве прибора, используемого для анализа качества трансформаторных масел в полевых и лабораторных условиях. Цель настоящей работы заключается в расширении возможности использования метода инфракрасной спектроскопии для оценки качества трансформаторного масла. Для анализа использовался метод ИК-Фурье-спектроскопии. В результате исследования впервые разработан портативный ИК-анализатор для анализа трансформаторных масел по трем показателям: содержание антиокислительной присадки-ионол, кислотного числа и эфирного числа. Кроме этого создана измерительная ячейка однократного применения толщиной 2 мм. Полипропиленовая пленка (толщиной 19 мкм) была выбрана за ее высокую прозрачность и низкое поглощение. Погрешность измерений не превышает 1 %.

Ключевые слова: ИК-спектроскопия, кислотное число, ионол, анализатор, трансформаторные масла, анализ

Aykhanum S. Gadzhieva*
Valeria M. Muratova

Ugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia
* gaykhanoom@bk.ru

Infrared analyzer for operational quality control of transformer oil

Abstract. This study proposes an infrared analyzer as a device for analyzing the quality of transformer oils in both field and laboratory conditions. The aim of this work is to expand the applicability of infrared spectroscopy for assessing the quality of transformer oil. Fourier transform infrared spectroscopy was used for the analysis. As a result of the research, a portable IR analyzer has been developed for the first time to analyze transformer oils based on three parameters: ionol antioxidant additive content, acid number, and ester number. Additionally, a single-use measuring cell with a thickness of 2 mm has been created. Polypropylene film (with a thickness of 19 μm) was chosen due to its high transparency and low absorption. The measurement error does not exceed 1 %.

Keywords: IR spectroscopy, acid number, ionol, analyzer, transformer oils, analysis.

Современные силовые трансформаторы представляют собой высоковольтное оборудование, предназначенное для измерения уровня напряжения переменного тока. Такие трансформаторы подразделяются на сухие и маслonaполненные. Важным компонентом маслonaполненных трансформаторов является трансформаторное масло, которое выполняет изоляционную, охлаждающую и защитную функции. От качества трансформаторного масла зависит срок службы и эффективная работа высоковольтного оборудования. Один трансформатор может вмещать в себя около 100 тонн изоляционной жидкости. Химический состав изоляционных масел должен строго соответствовать ГОСТ Р 54331-2011. В ходе работы высоковольтного маслonaполненного оборудования качество трансформаторного масла ухудшается, это связано с тем, что масло претерпевает ряд химических изменений. В свою очередь, это приводит к снижению электроизоляционных свойств и повышению риска поломки дорогостоящего трансформаторного оборудования. Для поддержания оптимальной работы трансформатора

необходимо регулярно проводить контроль состава трансформаторного масла и своевременно устранять причины его деградации для предотвращения аварийных ситуаций. Своевременный контроль качества изоляционной жидкости позволяет продлить срок эксплуатации трансформаторов без необходимости дорогостоящего капитального ремонта или полной замены масла от существующих 15–18 лет до 25–30 лет [1].

В ходе эксплуатации высоковольтного оборудования происходит старение масла, что приводит к изменению химического состава трансформаторного масла, в результате которого образуются нежелательные органические соединения, такие как карбонильные соединения, которые способны образовывать примеси, выпадать в осадок, собираться на металлических стенках трансформаторов, тем самым ухудшая качество и нарушая функции трансформаторного масла. Для замедления этого процесса в состав масла добавляют антиокислительную присадку – ионол (2,6-дитретбутил-4-метилфенол), содержание которого регламентируется в определенном диапазоне 0,1–0,5 % (масс.) по РД 34.43.105-89. Содержание антиокислительной присадки необходимо контролировать и поддерживать для предотвращения выхода из строя и поломок электрооборудования. Кроме этого, стоит избегать выпадение различных примесей, образующихся в результате окисления масла. Такими веществами являются сложные эфиры карбоновых кислот. Выпадая в осадок, примеси способны нарушать изоляционные характеристики и качество бумажной изоляции.

Постоянный контроль трансформаторного масла требует быстрого выявления и устранения проблемы. На данный момент контроль трансформаторного масла осуществляют с помощью хроматографического метода, требующего большого количества расходных материалов, токсичных растворителей и пробоподготовки, что приводит к продолжительному и трудоемкому проведению анализа трансформаторного масла. Помимо хроматографического метода, используется метод инфракрасной спектроскопии, который обладает высокой производительностью результатов и соответствует всем требованиям «зеленой химии» [2], что является сильным преимуществом данного метода. Также благодаря методу ИК-спектроскопии возможно не только определение содержания антиокислительной присадки ионол, но и идентификация продуктов деградации изоляционной жидкости, к примеру, наличие карбонильных соединений. Существующие физико-химические методы лабораторного анализа [3] не позволяют провести экстренный анализ изоляционной жидкости в полевых условиях на удаленных подразделениях электроэнергетических компаний, что является большим недостатком данных методов. В связи с этим, цель данной работы заключается в оптимизации настоящих методов анализа трансформаторного масла и поддержки продолжительной работы высоковольтного электрооборудования.

В качестве объектов анализа использовали модельные растворы трансформаторного масла с добавками ионола, стеариновой кислоты, бутилстеарата, индивидуальные органические кислоты и их сложные эфиры, образцы нового и эксплуатационного трансформаторного масла. ИК-спектры регистрировались с помощью ИК-Фурье-спектрометра FT 801 и измерительной полипропиленовой ячейки однократного применения [4], с окнами из полипропиленовой пленки. Спектральный диапазон $4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$, режим пропускания, разрешение 4, число сканирования 16.

В ходе проведения эксперимента обнаружили, что на ИК-спектре эксплуатационного и искусственно состаренного трансформаторного масла (рис. 1) отсутствует полоса поглощения деформационных колебаний карбонильной группы, которая лежит в области $1710 \pm 5\text{ см}^{-1}$. При этом наблюдается полоса поглощения в области $1740 \pm 5\text{ см}^{-1}$. Было определено, что при деградации масла, помимо карбоновых кислот, образуются и их сложные эфиры, накапливающиеся в большем количестве при увеличении степени окисления трансформаторного масла.

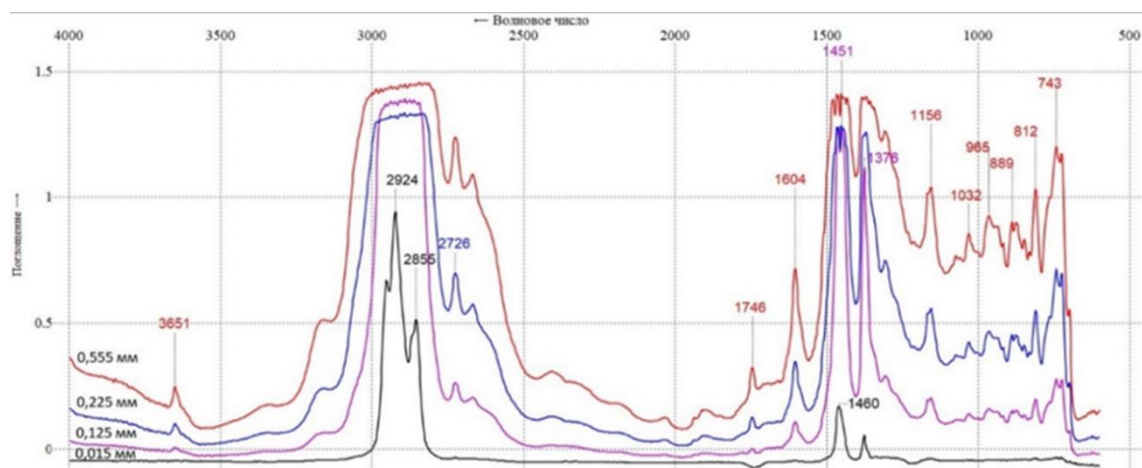


Рис. 1. ИК-спектр эксплуатационного трансформаторного масла марки ГК

Для изучения зависимости оптической плотности полос поглощения 3651 см^{-1} , 1710 см^{-1} и 1740 см^{-1} от концентрации ионола, карбоновых кислот и их сложных эфиров соответственно, использовались градуировочные растворы стандартных образцов (рис. 2). Зависимость оптической плотности полосы поглощения от концентраций ионола, стеариновой кислоты и бутилстеарата в трансформаторном масле линейна с высоким коэффициентом корреляции ($R > 0,99$). Вычисленная относительная погрешность определения данных показателей не превышает 7 %, с учетом погрешности идентификации ионола в трансформаторном масле, не превышающей 3 %. Правильность результатов определили методом «введено-найдено».

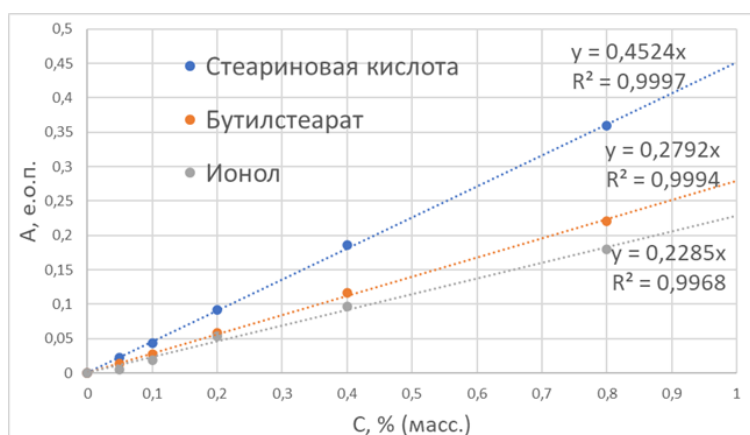


Рис. 2 Зависимость оптической плотности в максимумах полос поглощения от концентрации ионола, стеариновой кислоты и бутилстеарата.

В результате, были разработаны технические требования и схема ИК-анализатора качества трансформаторного масла, который позволит оперативно контролировать состояние трансформаторного масла и своевременно принимать меры по его замене или восстановлению. За основу ИК-анализатора качества трансформаторного масла будет взят существующий ИК-спектрометр FT-801, путем сокращения незадействованных элементов конструкции и компактного размещения остальных деталей. Кроме этого, будет произведена замена дорогостоящих оптических материалов прозрачных во всем диапазоне ИК-области на более доступные материалы. Рабочая область спектра будет лежать в спектральных диапазонах $1600\text{--}1800\text{ см}^{-1}$ и $3600\text{--}3700\text{ см}^{-1}$.

Список литературы

1. Липштейн, Р. А. Трансформаторное масло / Р. А. Липштейн, М. И. Шахнович. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Энергоатомиздат, 1983. – 296 с. – Текст : непосредственный.
2. Krzysztof, B. NIR spectroscopy of natural medicines supported by novel instrumentation and methods for data analysis and interpretation, / B. Krzysztof, J. Grabska, W. Christian // Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. – 2021, – V. 193. – 113686.
3. ГОСТ ИЕС 60666—2014. Масла изоляционные нефтяные. Обнаружение и определение установленных присадок: межгосударственный стандарт / ФГУП «ВНИЦСМВ» – М.: Стандартиформ, 2014. – С. 1.
4. Патент на полезную модель № 225743 U1 Российская Федерация, МПК G01N 21/03. Ячейка однократного применения для анализа жидкостей методом ИК-спектроскопии : № 2023134803 : заявл. 23.12.2023 : опубл. 06.05.2024 / А. С. Гаджиева, С. В. Нехорошев, М. Н. Лютикова [и др.].

Научный руководитель: Нехорошев Сергей Викторович, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», Ханты-Мансийск, Россия.

Совершенствование защиты от электропоражения на основе подавления обратных ЭДС рудничных асинхронных двигателей

Аннотация. Обоснована актуальность подавления обратной ЭДС рудничного асинхронного двигателя в процессе защитного отключения как фактор повышения безопасности эксплуатации шахтных участковых электротехнических комплексов. В качестве результата исследований и разработок представлена схема локального средства контроля состояния кабеля электропитания и управляемого подавления обратной ЭДС в процессе защитного отключения, адаптированная к условиям размещения в структуре рудничного асинхронного двигателя.

Ключевые слова: электротехнический комплекс участка шахты, асинхронные двигатели, обратные ЭДС, подавление, технические средства, принцип действия.

Anastasia I. Denisova
FSBEI HE "Donetsk National Technical University",
Donetsk, Russia, denisova_anastasi@mail.ru

Improving protection against electrical shock based on suppression of back EMF of mine asynchronous motors

Abstract. The relevance of suppressing the back EMF of a mine asynchronous motor during protective shutdown is substantiated as a factor in increasing the safety of operation of mine site electrical complexes. As a result of research and development, a diagram of a local means of monitoring the condition of the power cable and controlled suppression of back EMF during protective shutdown is presented, adapted to the conditions of placement in the structure of a mine asynchronous motor.

Keywords: electrical complex of a mine site, asynchronous motors, back EMF, suppression, technical means, principle of operation.

Режим изолированной нейтрали трансформатора шахтных участковых электрических сетей не исключает опасности поражения человека электрическим током. Здесь к факторам электропоражения могут быть отнесены относительно высокий уровень номинального линейного напряжения (660 В, либо 1140 В), наличие активных и емкостных проводимостей изоляции кабельной сети, создающих пути утечки тока на землю в случае прикосновения человека к фазному проводнику, находящемуся под напряжением.

В этом случае защитная функция аппаратов защиты от утечек тока на землю является сочетанием функций выявления цепи утечки тока на землю, формирования команды на защитное отключение электрической сети участка шахты, автоматической, либо статической компенсации ёмкостных составляющих тока утечки, выявления и коммутации на землю (через активное сопротивление малой величины) «повреждённой» фазы [1].

Однако, общим концептуальным решением в этом случае является то, что вся совокупность защитных функций проявляется в отделении от участковой электрической сети энергетического потока, формируемого участковой трансформаторной подстанцией.

В свете этого, представляется логичным и обоснованным утверждение, что функция защиты от утечек тока на землю в электрической сети участка шахты не позволяет в полной мере обеспечить безопасность эксплуатации силового электрического оборудования, поскольку после такого защитного отключения и отделения от сети функциональных узлов аппарата защиты от утечек тока на землю электрическая сеть участка продолжит оставаться на некоторое время под действием обратных ЭДС асинхронных двигателей электропотребителей, переходящих в режим выбега [2].

В этой связи критериям актуальности отвечает решение задачи автоматического двустороннего защитного обесточивания шахтной участковой электрической сети на основе

подавления обратных энергетических потоков, формируемых асинхронными двигателями в режиме выбега. Это тем более актуально в условиях применения электроприводов высокого уровня мощности, чему соответствует увеличение постоянной времени экспоненциального снижения (по амплитуде и частоте) обратных ЭДС асинхронных двигателей [3].

Применительно к условиям эксплуатации рудничного участкового, как правило, нестационарного электрооборудования важной составляющей решения данной задачи является создание автономных средств как выявления аварийного состояния кабеля электропитания асинхронного двигателя, так и исполнительных устройств подавления, отделения от электрической сети обратной ЭДС этого двигателя.

Условием обеспечения надёжности защитной функции является её реализация непосредственно со стороны электродвигателя при абсолютном исключении привязки к информационным командам технических средств защиты, действующих со стороны трансформаторной подстанции участка шахты. Этой целеустановке соответствует техническое решение [4, 5], в соответствии с которым структура рудничного асинхронного двигателя дополнена устройством выявления аварийного состояния кабеля электропитания двигателя (УВА) и силовым устройством коммутации цепи (УКУ) обмоток «звезда» («Y») статора двигателя. Основу УВА составляет R-C-VD-измерительная цепь, соединяющая точку коммутации «Y» обмоток статора с заземлённым металлическим корпусом электродвигателя. В этом случае, с учётом применения в сети шахтного участка экранированных гибких кабелей, снабжённых заземлённой заземляющей жилой, любое механическое повреждение кабеля электропитания асинхронного двигателя приведёт к возникновению цепи утечки тока между фазой и землёй и к появлению в этот момент импульса тока в R-C-VD-измерительной цепи УВА.

Согласно [4], в качестве УКУ может быть принята силовая диодно – контакторная схема разъединения трёхфазной цепи «звезда» («Y») обмоток статора двигателя. Развитие этого направления является техническое предложение, в соответствии с которым в качестве УКУ может быть принят двухполюсный автоматический выключатель, снабжённый независимым расцепителем YU1 (рис.1). В этом случае резистор R-C-VD-измерительной цепи УВА представлен реагирующим элементом – обмоткой электромагнитного реле K1. При этом рабочая обмотка расцепителя может входить непосредственно в структуру УВА (последовательное подключение между конденсатором C1 и диодом VD1 этой цепи), либо управляться по команде промежуточного реле K1.

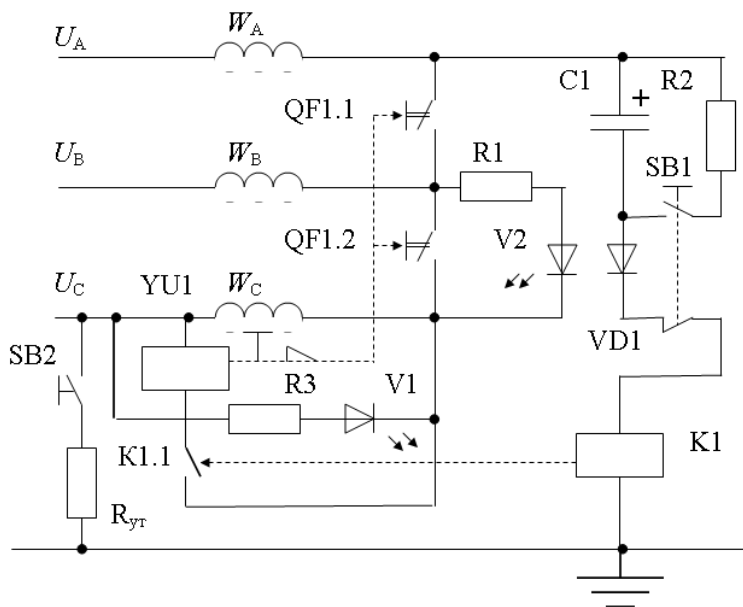


Рис. 1. Схема устройства контроля состояния кабеля электропитания асинхронного двигателя и управления процессом подавления его обратных ЭДС

Результатом срабатывания промежуточного реле K1 является срабатывание независимого расцепителя YU1 и отключение силовых цепей QF1/1, QF1.2 автоматического выключателя, размыканием, тем самым, цепи «У» фазных обмоток статора W1, W2, W3 асинхронного двигателя. Цепь SB1-R2 служит для деблокировки УВА (разряда конденсатора C1).

В ходе экспериментов моделировалось повреждение кабеля электропитания асинхронного двигателя присоединением кнопкой SB2 цепи утечки тока на землю при варьировании параметров сопротивления $R_{ут}$. Экспериментами подтверждена работоспособность данного устройства.

Таким образом, предложенные технические решения могут быть приняты за основу при модернизации рудничных асинхронных двигателей путём оснащения их локальными компактными средствами контроля технического состояния кабеля электропитания, управляющими процессом подавления обратных ЭДС. Этим существенно повышается безопасность эксплуатации электротехнических комплексов участков шахт.

Список литературы

1. Колосюк, В. П. Электробезопасность в горной промышленности: монография / В.П. Колосюк, Ю.В. Товстик; Под ред. В. П. Колосюка. – Донецк, Ноулидж (донецкое отделение), 2014. – 475 с.
2. Дзюбан В. С. Об электромагнитной постоянной времени затухания обратной э.д.с. асинхронных двигателей / В. С. Дзюбан, Я. С. Риман // Взрывобезопасное электрооборудование: труды ВНИИВЭ. – 1969. – Вып. VI. – С. 196–207.
3. Маренич К. Н. Анализ факторов ограничения функции защиты человека от электропоражения в электрической сети участка шахты [Электронный ресурс] / К. Н. Маренич, А. И. Денисова // Горная промышленность № 4 / 2023. – С. 54–58. – Режим доступа: <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-4-54-58>. – Загл. с экрана.
4. Патент на изобретение 2805480 (RU), МПК (2006.01) H02H3/02; H02H7/08 Устройство защиты от действия обратного энергетического потока асинхронного двигателя на точку повреждения в кабеле электропитания, К. Н. Маренич, А. И. Денисова, Е. С. Дубинка. – 2023109446. Заявл. 12.04.2023. Опубл. 17.10.2023. Бюл. № 29.
5. Маренич К. Н. Асинхронная электрическая машина с функцией подавления обратного энергетического потока. Новые компоновочные решения / К. Н. Маренич, А. И. Денисова // Машиностроительные технологические системы: сборник трудов международной научно-технической конференции (г. Ростов-на-Дону, 26–30 сентября 2023 г.) / под ред. В. А. Лебедева; Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2023. – С.124–130. – URL: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ntb.donstu.ru/content/20231398>. – ЭБС ДГТУ. – Загл. с экрана.

Научный руководитель: *Маренич Константин Николаевич, д.т.н., заведующий кафедрой «Горная электротехника и автоматика им. Р.М. Лейбова», ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Россия.*

Эффективные способы регулирования крутящего момента и магнитного потока асинхронного двигателя при полеориентированном векторном управлении

Аннотация. В работе рассмотрены особенности работы электропривода с асинхронным двигателем при полеориентированном векторном управлении с учетом ослабления магнитного потока в зоне повышенных частот вращения. Предложено два способа ослабления магнитного потока, приведены структурные схемы блоков формирования величины, пропорциональной модулю вектора потокоцепления ротора, а также показаны результаты моделирования работы асинхронного двигателя в составе тягового электропривода. Выполнена оценка эффективности работы электропривода при использовании рассмотренных способов ослабления магнитного потока.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, ослабление магнитного потока, полеориентированное векторное управление, ориентация по вектору потокоцепления ротора, электромагнитный момент.

Igor O. Zhurov*

Pavel I. Rozkariaka

Donetsk National Technical University, Donetsk, Russia

* igor.zhurov.work@gmail.com

Effective methods for torque and magnetic flux control of an induction motor with field-oriented vector control

Abstract. The paper considers features of an induction motor based electric drive operation with field-oriented control taking into account the magnetic flux weakening in a high-speed region. Two methods of the magnetic flux weakening are proposed, structural diagrams of the units for generating the value proportional to the rotor flux linkage vector magnitude are presented, and the simulation results of the induction motor-based traction electric drive operation are shown. The efficiency of the electric drive evaluation using considered magnetic flux weakening methods is performed.

Keywords: induction motor, magnetic flux weakening, field-oriented vector control, rotor flux linkage orientation, electromagnetic torque.

Для высококачественного и точного регулирования скорости и момента асинхронного двигателя (АД) наиболее часто применяется система полеориентированного векторного управления (ПВУ) при ориентации по вектору потокоцепления ротора. Это позволяет достичь высоких показателей качества работы электропривода во всем диапазоне изменения частоты вращения.

При превышении частотой вращения номинального значения наиболее простым способом магнитный поток формируется средствами системы управления по зависимости, обратно пропорциональной частоте. Однако, такой способ ослабления поля обуславливает две основные проблемы: снижение КПД двигателя за счет не оптимальности потокообразующей составляющей тока статора, а также возможное превышение ЭДС статора максимально допустимого значения с ростом угловой скорости.

В литературе рассмотрен ряд способов ослабления магнитного потока в системе ПВУ АД [1] – [13]. Некоторые из них основаны на принципе контроля уровня напряжения и имеют преимущество в виде нечувствительности к изменениям параметров машины. Другие способы основаны на уравнениях электромагнитных процессов АД, отличаются универсальностью и не требуют дополнительной подстройки.

В данной работе предлагается и сравнивается два способа ослабления магнитного потока, а также выполняется анализ их особенностей. Первый способ использует блок задатчика на основе уравнений электрического равновесия цепей статора и ротора АД. Второй способ основан на применении ПИ-регуляторов, воздействующих на заданные значения токов по осям d и q вращающейся системы координат, ориентированной по потокосцеплению ротора.

В [13] описан способ ослабления поля при формировании модуля вектора потокосцепления ротора во второй (II) и третьей (III) зонах регулирования частоты вращения.

С целью упрощения алгоритма управления АД величину потокосцепления можно заменить пропорциональной фиктивной величиной, называемой динамическим потокообразующим током $I_\psi = L_m \psi$. Данная величина рассчитывается по выражению:

$$I_{\psi, \text{ref}}^{\text{II}} = \sqrt{E_{\text{ref}}^{\text{max}2} K_M + \sqrt{(E_{\text{ref}}^{\text{max}2} K_M)^2 - (2\sigma L_s^2 \omega_c^2 M_{\text{ref}})^2}} / (2K_M (L_s \omega_c)^2) \quad (1)$$

Выражение (1) упрощается для III зоны, поскольку внутренний корень, содержащийся в нем, обнуляется:

$$I_{\psi, \text{ref}}^{\text{III}} = E_{\text{ref}}^{\text{max}} / (\sqrt{2} L_s \omega_c) \quad (2)$$

При этом максимальное значение заданного моментообразующего тока в III зоне рассчитывается по выражению:

$$I_{q, \text{ref}}^{\text{III}} = 3L_m^2 E_{\text{ref}}^{\text{max}2} / (4z_p \sigma L_s^2 L_r K_M \omega^2 I_\psi) \quad (3)$$

В уравнениях (1) – (3) присутствуют следующие величины: $E_{\text{ref}}^{\text{max}} = k_U U_{\text{dc}}$ – максимально допустимая противо-ЭДС статора, где k_U – коэффициент запаса регулирования по напряжению, который как правило равен 0,8...0,9 и предназначен для обеспечения устойчивой работы электропривода; M_{ref} – заданное значение крутящего момента; $K_M = 3L_m^2 / (2z_p L_r)$ – коэффициент электромагнитного момента, $\omega_c = \omega + \omega_s$ – частота вращения системы координат d, q , равная сумме угловой частоты вращения ротора и частоты скольжения, $\sigma = 1 - L_m^2 / (L_s L_r)$ – коэффициент рассеяния.

Структурная схема блока формирования заданных токов I_ψ , I_q , составленная по уравнениям (1)–(3), приведена на рис. 1, а.

Другой способ ослабления потока может быть реализован с использованием двух ПИ-регуляторов, на вход которых подается сигнал рассогласования заданного и реального (рассчитанного) значений ЭДС статора, а на их выходе формируются отрицательные добавки, воздействующие на задания токов I_ψ и I_q (рис. 1, б).

При этом величина $\Delta I_{\psi, \text{ref}}$ прибавляется к сигналу $I_{\psi, \text{ref}}$ в случае если ток I_d выше минимального значения. Напротив, в случае если I_d достигает минимума и становится меньше этого значения, сигнал $\Delta I_{q, \text{ref}}$ воздействует на заданное значение $I_{q, \text{ref}}$. При этом происходит переход из II в III зону регулирования.

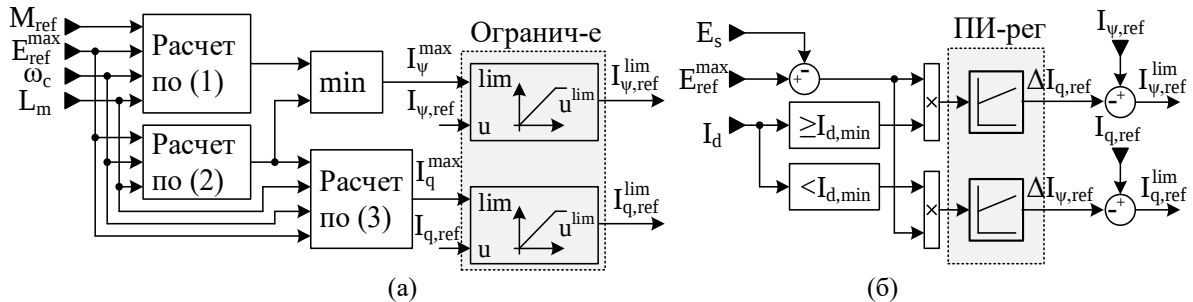


Рис. 1. Структурные схемы блоков формирования заданного значения динамического потокообразующего тока $I_{\psi, \text{ref}}$ и моментообразующего тока $I_{q, \text{ref}}$ с применением задатчика на основе выражений (1)–(3) (а) и на основе ПИ-регуляторов (б)

Работа предложенных способов продемонстрирована на графиках переходных процессов: на рис. 2 представлены результаты моделирования работы электропривода с ослаблением магнитного потока по задатчику, а на рис. 3 – с для случая с применением ПИ-регуляторов. Для каждого из случаев приведены результаты с использованием коэффициента запаса по напряжению, соответственно, 20 % и 10 %.

При моделировании использовались обмоточные параметры тягового асинхронного двигателя ТАД-320-12-У2, применяемого в модернизированном маневровом тепловозе ТЭМ-6м, который эксплуатируется на Нижнетагильском металлургическом комбинате.

Переходные процессы отрабатываются по следующему сценарию: с нулевой секунды до момента времени, равного 1с, выполняется намагничивание АД без нагрузки при нулевой скорости вращения, после чего подается максимально допустимый тяговый момент и начинается разгон до максимальной угловой скорости ($n_{\max}=875$ об/мин).

Графики приведены в относительных единицах с использованием базовых значений выводимых сигналов: $P_6 = 320$ кВт, $U_6 = 750$ В, $I_6 = 1000$ А, $M_6 = 22,8$ кНм, $n_6 = 875$ об/мин.

Из графиков следует, что со снижением запаса по напряжению повышается момент и процесс разгона становится более интенсивным (скорость достигает максимума за меньшее время), однако при этом снижается надежность и отказоустойчивость системы.

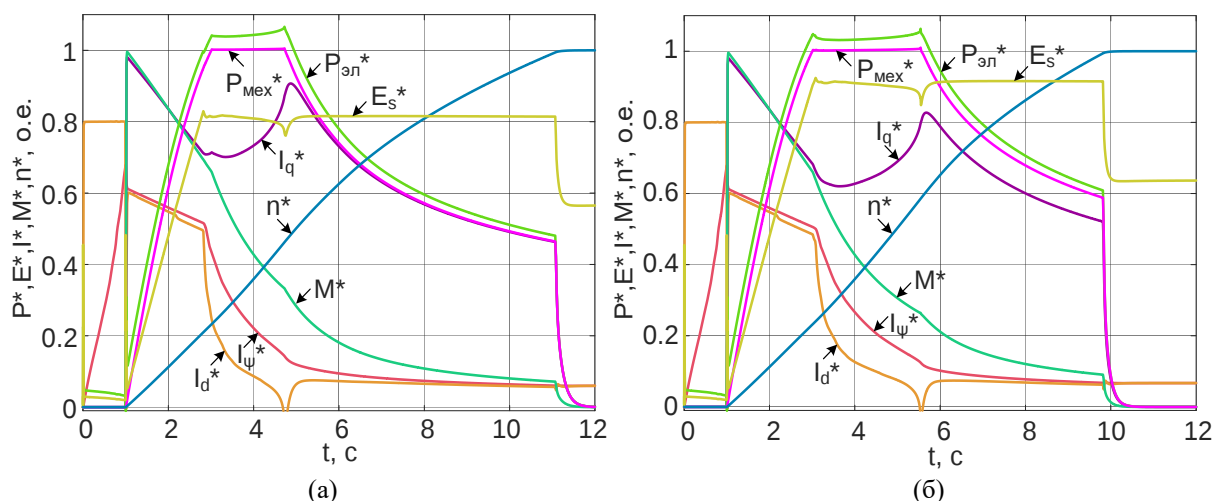


Рис. 2. Графики переходных процессов при разгоне ТАД в зоне ослабления магнитного потока с применением задатчика потока при запасе регулирования по напряжению 20 % (а) и 10 % (б)

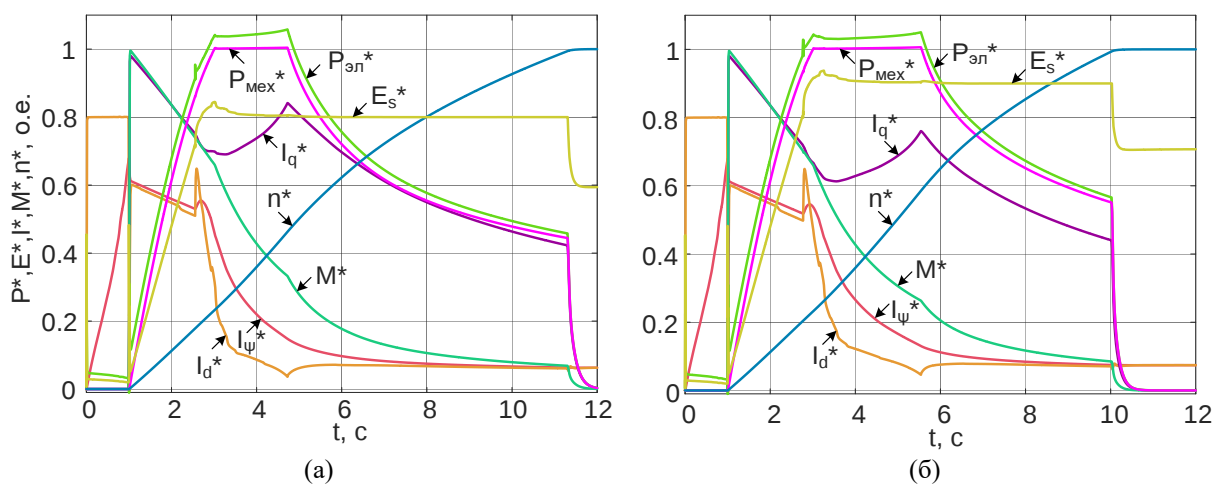


Рис. 3. Графики переходных процессов при разгоне ТАД в зоне ослабления магнитного потока с применением ПИ-регуляторов при запасе регулирования по напряжению 20 % (а) и 10 % (б)

Способ ослабления поля на основе ПИ-регуляторов позволяет добиться точного поддержания противо-ЭДС на заданном уровне, в отличие от способа на базе задатчика. Такой способ ослабления магнитного потока имеет преимущество в виде нечувствительности к изменению параметров машины, однако требует предварительной настройки коэффициентов регуляторов для обеспечения мягкой динамики переходных процессов.

Формирование сигнала I_ψ по задатчику обеспечивает более плавный переходной процесс, однако ЭДС статора во II и III зонах регулирования оказывается несколько выше заданного значения за счет того, что в уравнениях (1), (2) не учтены некоторые составляющие напряжения статора. Такой способ более предпочтителен за счет своей универсальности и не требует индивидуальной настройки, но зависит от нескольких переменных параметров машины, в наибольшей степени – от взаимной индуктивности L_m , что требует предварительной оценки или онлайн-идентификации данного параметра.

Рассмотренные в работе способы ослабления магнитного потока асинхронного двигателя с полеориентированным векторным управлением обеспечивают устойчивое поддержание противо-ЭДС двигателя на заданном уровне и могут быть применены в электроприводах различного назначения с повышенными требованиями к качеству регулирования момента и обеспечению высоких значений КПД.

Список литературы

1. X. Xu, D. W. Novotny, "Selection of the flux reference for induction machine drives in the field weakening region" IEEE Trans. on Industry Applications, Vol 28, No 6, Nov. – Dec. 1992, pp. 1353–1358.
2. R. Bojoi, P. Guglielmi, G. Pellegrino, "Sensorless stator field-oriented control for low cost induction motor drives with wide field weakening range," Proc. of IAS 2008, Edmonton, Alberta, Canada, October 5–9 2008, pp. 1–7.
3. S. H. Kim, S. K. Sul, "Maximum torque control of an induction machine in the field weakening region", IEEE Trans. on Industry Applications, Jul./Aug. 1995, vol.31, No.4, pp. 787–794.
4. F. Briz, A. Diez, M. W. Degner, R. D. Lorenz, "Current and flux regulation in field-weakening operation", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 37, No. 1, Jan./Feb. 2001, pp. 42–50.
5. S.H. Kim, S. K. Sul, "Voltage control strategy for maximum torque operation of an induction machine in the field weakening region", Proc. of IECON '94, 5-9 Sep. 1994, Bologna, Vol. 1, pp. 599–604.
6. S.H. Kim, S.K. Sul, "Voltage control strategy for maximum torque operation of an induction machine in the field weakening region", IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 44, No.4, Aug. 1997, pp. 512–518.
7. H. Grotstollen, J. Wiesing, "Torque capability and control of a saturated induction motor over a wide range of flux weakening", IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 42, no. 4, Aug. 1995, pp. 374–381.
8. A. Biinte, H. Grotstollen, P. Krafka, "Field weakening of induction motors in a very wide region with regard to parameter uncertainties", Proc. of PESC 96, Baveno, 23-27 Jun 1996, pp. 944–950.
9. B. J. Seibel, T. M. Rowan, R. J. Kerkman, "Field-oriented control of an induction machine in the field-weakening region with dc-link and load disturbance rejection", IEEE Trans. on Industry Appl., Vol. 33, No. 6, Nov./Dec. 1997 pp. 1578–1584.
10. D. Casadei, M. Mengoni, G. Serra, A. Tani, L. Zarri, "A control scheme with energy saving and DC-link overvoltage rejection for induction motor drives of electric vehicles", IEEE Trans. on Industry Applications, July-August 2010, Vol. 46, No. 4, pp. 1436–1446.
11. Z. Peroutka, K. Zeman, "Robust field weakening algorithm for vector-controlled induction machine traction drives", Proc. of IECON 2006, Paris, France, 6-10 Nov. 2006, pp. 856–861.
12. B. Wang, X. Zhang, Y. Yu, J. Zhang, H. Cai and D. Xu, "Voltage Redistribution-Based Anti-Windup Scheme for Induction Motor Current Controller in the Field-Weakening Region", 2019 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), Anaheim, CA, USA, 2019, pp. 1871–1876.
13. I. Zhurov, S. Bayda and S. Florentsev, "Modeling of a Diesel Locomotive Induction Motor Drive with the Field-oriented Control when Operating in a Limited Voltage and High Rotation Frequency Mode," 2021 28th International Workshop on Electric Drives: Improving Reliability of Electric Drives (IWED), 2021, pp. 1–5.

Научный руководитель: *Розкаряка Павел Иванович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок», ДонНТУ, Донецк, ДНР, Россия.*

Разработка методологии анализа периодических несинусоидальных сигналов без использования преобразования Фурье

Yuliya. N. Kuznetsova
Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia

Development of a methodology for analysing periodic non-sinusoidal signals without using the Fourier transform

В работе предлагается новая методология анализа электрического периодического несинусоидального сигнала, не использующая общепринятого разложения сигнала на ряд Фурье.

Анализ электрического сигнала необходим, в первую очередь, для оценки качества электроэнергии. К основным показателям качества электроэнергии относится коэффициент несинусоидальности напряжения. Для оценки коэффициента несинусоидальности используется дискретное преобразование Фурье, а именно гармонический анализ сигнала [1]. Однако ряд недостатков гармонического анализа, рассмотренных далее, вынуждают искать другие методы анализа сигнала.

Целью исследования является выявление и/или разработка методологии, позволяющей наиболее точно проанализировать периодический несинусоидальный сигнал, а также оценить влияние данного сигнала на оборудование.

В ходе исследования был проанализирован ряд научных исследований, как в области математики, так и в области теоретической электротехники. Путем сравнения разных методов, таких как вейвлет-анализ, гармонический анализ, спектральный анализ и т.д. [2], был выбран метод интерполяции сплайнами для преобразования сигнала с целью дальнейшего его анализа.

Интерполяция сплайнами, иначе сплайн-аппроксимация, представляет собой один из методов подбора промежуточных точек на основе известного набора дискретных значений функции [3]. Основной особенностью данного вида интерполяции является применение сплайнов, специальных кусочно-полиномиальных функций. Функция, получаемая в результате сплайн-аппроксимации, должна обладать следующими характеристиками: непрерывностью и гладкостью самой функции, а также ее первой и второй производных [4].

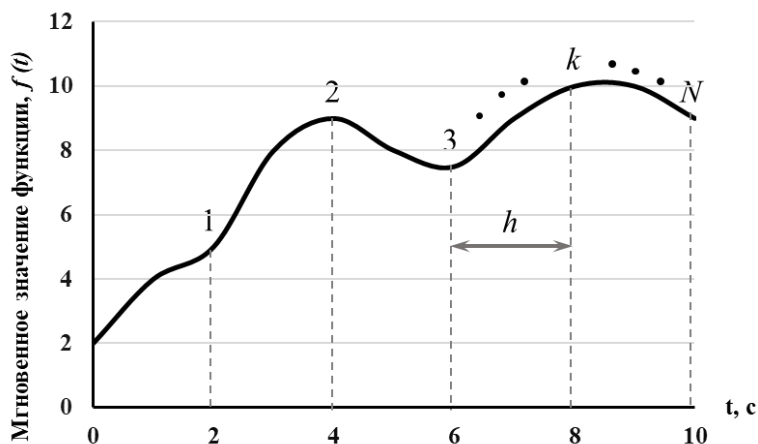


Рис. 1. Сплайн-аппроксимация функции [материал автора]

Таким образом, верна следующая система уравнений:

$$\begin{cases} f_k(t_k) = f_{k+1}(t_k) \\ f_k'(t_k) = f_{k+1}'(t_k) \\ f_k''(t_k) = f_{k+1}''(t_k) \end{cases} \quad (1)$$

где k – порядковый номер сплайна.

Наиболее часто применяемым является так называемый кубический сплайн, представляющий собой полином третьей степени [5]:

$$f_k(t) = a_k + b_k \cdot (t - t_{k-1}) + c_k \cdot (t - t_{k-1})^2 + d_k \cdot (t - t_{k-1})^3, \quad (2)$$

где a, b, c, d – неизвестные коэффициенты.

С учетом того, что в качестве исследуемого сигнала используется периодический сигнал, можно утверждать, что коэффициенты сплайна $N + 1$, где N – количество сплайнов за период, будут равны коэффициентам 1-го сплайна.

Следующим этапом является дальнейший анализ сигнала, полученного с помощью сплайн-аппроксимации, и решение дифференциальных уравнений.

В качестве примера используется упрощенная модель электрической сети, включающая в себя источник, активное сопротивление и индуктивность линии, а также активное сопротивление, индуктивность и емкость нагрузки (рис. 2).

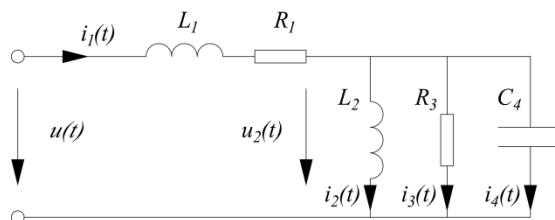


Рис. 2. Модель электрической сети [материал автора]

Таблица 1

Параметры электрической сети [материал автора]

Параметр	Значение
Мгновенное напряжение источника $u(t)$, В	$220\sqrt{2} \sin(100\pi \cdot t) + 50\sqrt{2} \sin(300\pi \cdot t)$
Индуктивность линии L_1 , мГн	0,3
Активное сопротивление линии R_1 , Ом	1
Индуктивность нагрузки L_2 , мГн	32
Активное сопротивление нагрузки R_3 , Ом	2
Емкость нагрузки C_4 , мФ	0,1615

В результате применения двух методов, а именно сплайн-аппроксимации и гармонического анализа сигнала, получены следующие функции мгновенного напряжения источника (рис. 3):

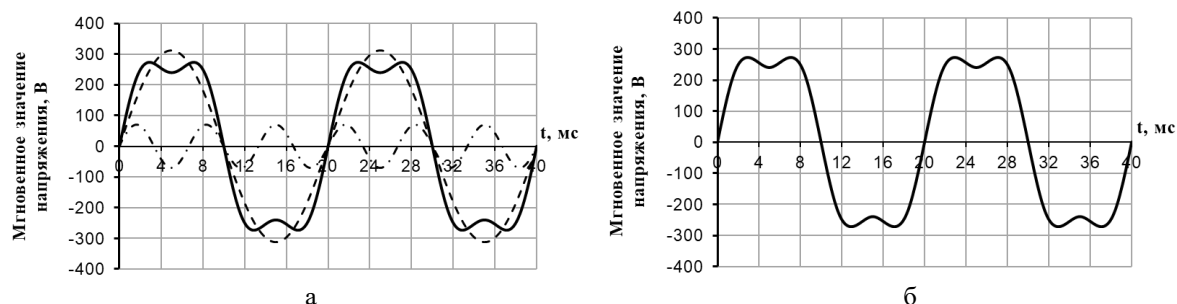


Рис. 3. а) сигнал, полученный с помощью гармонического анализа, б) сигнал, полученный с помощью-сплайн-аппроксимации [материал автора]

После решения дифференциальных уравнений, составленных согласно законам Кирхгофа, определены мгновенные значения токов на элементах. На рис. 4 приведены графики мгновенного значения тока линии.

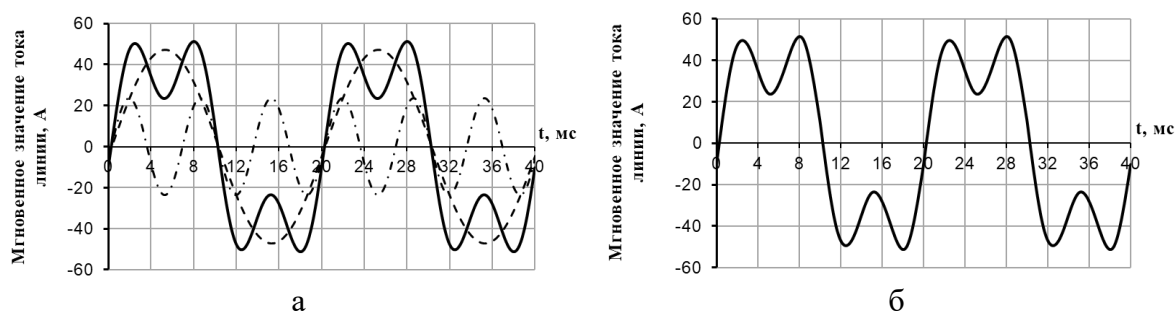


Рис. 4. а) мгновенное значение тока при использовании гармонического разложения, б) мгновенное значение тока при использовании сплайн-аппроксимации [материал автора]

Таким образом, была разработана методология анализа периодического несинусоидального сигнала с применением сплайн-аппроксимации. Подтверждена возможность изучения периодического сигнала без использования гармонического разложения. Определена незначительность отклонения рассчитанных различными методами значений напряжений и токов.

Список литературы

1. Гишларкаев В. И. Метод преобразования Фурье для уравнений в частных производных: формулы представления решений задачи Коши // Вестник Санкт-Петербургского университета. Математика. Механика. Астрономия. 2022. Т. 9 (67). Вып. 3. С. 480–494. <https://doi.org/10.21638/spbu01.2022.309>.
2. Гаджимирзаев Р. М. О равномерной сходимости ряда Фурье по системе полиномов, порожденной системой полиномов Лагерра // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 416–423. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9791-2020-20-4-416-423>.
3. Ярославкина Е. Е., Суслов А. В., Козлов М. Ю. Измерение эффективного значения периодического негармонического сигнала при наличии случайной помехи с использованием аппроксимационного метода // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2019. № 4 (64). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmerenie-effektivnogo-znacheniya-periodicheskogo-negarmonicheskogo-sigнала-pri-nalichii-sluchaynoy-pomehi-s-ispolzovaniem>.
4. Литунов С. Н., Чижик М. А., Юрков В. Ю., Скуба П. Ю. Нелинейные сеточные модели многопараметрических систем и процессов // ОмГТУ. 2019. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nelineynye-setochnye-modeli-mnogoparametriceskih-sistem-i-protsessov> (дата обращения: 17.06.2024).
5. Карпов Д. А., Струченков В. И. Динамическое программирование как метод сплайн-аппроксимации в САПР линейных сооружений // Российский технологический журнал. 2019. Т. 7. № 3. С. 77–88. DOI: 10.32362/2500-316X-2019-7-3-77-88.

Научный руководитель: Шклярский Ярослав Элиевич, д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия

Перспективы использования дронов и сенсоров для мониторинга состояния инфраструктуры транспорта и хранения углеводородов

Аннотация. Исследуются возможности применения дронов и сенсоров для повышения эффективности управления ресурсами. Проведен анализ исследований в области применения и развития БПЛА, оценена эффективность использования в нефтегазовой промышленности, выделены стратегические преимущества. В ходе исследования был рассчитан экономический эффект от применения беспилотного аппарата. Показано, что использование БПЛА и сенсоров в нефтегазовой промышленности имеет значительный потенциал для повышения эффективности процессов управления ресурсами.

Ключевые слова: БПЛА, эффективность, интеллектуальная экономика, нефтегазовая промышленность, дроны, управление.

Arunas A. Lapinskas¹

Anna M. Popova²

¹ Doctor of Economics, Professor of the Department of Economic Theory, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg

² Student, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia, pmianna24@yandex.ru

Prospects for the use of drones and sensors to monitor the state of infrastructure for transportation and storage of hydrocarbons

Abstract. The possibilities of using drones and sensors to improve the efficiency of resource management are being explored. The analysis of research in the field of application and development was carried out, the efficiency of use in the oil and gas industry was evaluated, and strategic advantages were highlighted. In the course of the study, the economic effect of using an unmanned vehicle was calculated. It is shown that the use of UAVs and sensors in the oil and gas industry has significant potential to improve the efficiency of resource management processes

Keywords: UAVs, efficiency, intelligent economy, oil and gas industry, drones, management.

Введение. Использование дронов и сенсоров для мониторинга состояния инфраструктуры транспорта и хранения углеводородов очень важно. Дроны могут использоваться для проведения инспекций и обследований инфраструктуры, таких как мосты, трубопроводы, железные дороги и т. д. Они могут обеспечить доступ к труднодоступным местам и быстро обнаруживать потенциальные проблемы. На сегодня существенно продвинулись в области развития коммерческих технологий применения БПЛА Китай, США, Франция, Германия, в Восточной Европе – Польша [1]. В России беспилотные технологии используются, но эффективность их применения относительно других стран пока невысока. Российские компании чаще всего используют БПЛА для контроля за трубопроводами. Между тем решения с использованием БПЛА могут приносить большую пользу практически во всех ключевых производственных процессах в нефтегазовой отрасли и помогать справляться с серьезными проблемами

Цель исследования – провести анализ перспективы использования дронов и сенсоров для мониторинга состояния инфраструктуры транспорта и хранения углеводородов. Основные задачи: провести анализ исследований в области применения и развития дронов и сенсоров для мониторинга оценить эффективность их использования в нефтегазовой промышленности, выделить стратегические преимущества.

Актуальность работы определяется необходимостью интеллектуализации производства предприятий нефтегазовой отрасли, путем использования современных технологий. Использование дронов и сенсоров для мониторинга инфраструктуры транспорта и хранения углеводородов помогает повысить эффективность, безопасность и надежность работы энергетических объектов, что имеет высокое значение для отрасли.

Результат внедрения дронов и сенсоров для мониторинга инфраструктуры транспорта и хранения углеводородов в сфере недропользования – влияние на деятельность и эффективность предприятий в нефтегазовой промышленности [2].

Объект исследования – технологии и методы сенсорного анализа в нефтегазовой отрасли и использование БПЛА.

Предмет исследования – дроны и сенсоры.

Методы. Исследование применения дронов в нефтегазовой отрасли является актуальной темой, так как дроны могут быть использованы для множества целей, начиная от мониторинга и инспекции объектов до поиска и разведки новых месторождений. Например, дроны могут использоваться для проведения визуального мониторинга нефтегазовых объектов, таких как скважины, трубопроводы, насосные станции и т.д. Это позволяет оперативно выявлять потенциальные проблемы и дефекты. Кроме того, Дроны обеспечивают возможность проведения инспекций объектов на больших высотах или в труднодоступных местах без необходимости отправки людей на опасные участки. Это повышает безопасность работников и снижает риски аварий. Дроны с тепловизионной камерой могут использоваться для обнаружения утечек газа или неисправностей в оборудовании по изменению температуры, что помогает предотвращать аварии. Дроны с специализированными сенсорами могут использоваться для аэромагнитных и аэрогравиметрических исследований, а также для обнаружения участков с потенциальными запасами углеводородов [3].

Результаты. Результатом исследования внедрения дронов и сенсоров в нефтегазовой компании может быть улучшение управления данными и повышение эффективности работы с ними. В результате внедрения дронов в нефтегазовую сферу возможно улучшить процессы, сделать их более эффективными и экономически выгодными. Оценка эффективности внедрения дронов и сенсоров позволит компании определить, насколько успешно была реализована система и какие изменения необходимо внести для ее дальнейшего развития.

Например, ООО «РН-Краснодарнефтегаз», дочернее общество НК «Роснефть», завершило опытно-промышленную эксплуатацию беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) на объектах предприятия [2]. По ее результатам принято решение в 2017 году увеличить количество облетов на 20 % и расширить область их использования [2].

Пробная эксплуатация «беспилотников» показала, что оперативность установления причин возникновения отклонений в технологических режимах на трубопроводном транспорте возросла на 45 %, усилился контроль за объектами нефтегазодобычи, в том числе за появлением посторонних лиц. Испытания проводились на месторождениях, расположенных в Славянском и Ахтырско-Черноморском регионах. Общая протяженность маршрута составила свыше 1 тыс. км. «РН-Краснодарнефтегаз» использует БПЛА отечественной разработки, которые оборудованы специализированной аппаратурой для ведения круглосуточной фото- и видеосъемки, в том числе в инфракрасном диапазоне. Получаемые данные

транслируются в режиме реального времени, а также записываются на карту памяти [4]. Оператор может вручную изменять траекторию движения беспилотника, вернуть его в нужную точку и сфотографировать объект вновь. За один час аппарат способен облететь более 70 километров коридоров трубопроводов. Он может использоваться в широком температурном диапазоне.

Для экономической оценки использования БПЛА предлагается применять анализ полной стоимости. В ходе исследования был рассчитан экономический эффект от применения беспилотного аппарата. Был произведён расчет и сравнение экономической составляющей проведения изыскательных работ без и с использованием БПЛА.

Таблица 1

Стоимость проведения изыскательских работ без использования БПЛА

№ п/п	Наименование затрат	Итого затраты, руб.
1	Итого полевое довольствие, проживание, ГСМ	368 721
2	Итого зарплата сотрудников	1 103 345
3	Затрат на автопарк и сопутствующую технику	17 506 108
	Итого:	18 978 174

Кроме того, была оценена общая стоимость БПЛА. Полученное значение необходимо умножить на необходимое количество БПЛА.

Таблица 2

Стоимость проведения изыскательских работ с использованием БПЛА

№ п/п	Наименование затрат	Итого, руб.
1	GoPro Fusion 360	75 000
2	DJI Phantom 4 Pro	696 853
3	Программное обеспечение	300 000
	Итого:	1 071 853

В результате были получены конечные значения затрат процессов. Затраты на проведение изыскательских работ без БПЛА составили 18 978 174 рублей, с БПЛА – 10 718 530 рублей. По расчетам видно, что применение беспилотных летательных аппаратов поможет в будущем превысить фактические значения показателей нефтегазовых компаний по уровню добычи нефти, поэтому принятие решения сегодня об их внедрении в производственные процессы является стратегически важным и оправданным [5].

Заключение. Использование БПЛА и сенсоров в нефтегазовой промышленности имеет значительный потенциал для повышения эффективности управления ресурсами. Использование дронов и сенсоров в нефтегазовой отрасли позволяет компаниям повысить эффективность операций, улучшить безопасность работников, снизить затраты на обслуживание объектов и обеспечить более точный и оперативный мониторинг состояния инфраструктуры и окружающей среды. Внедрение дронов в деятельность компаний может принести значительные выгоды в виде повышения оперативности, снижения затрат, улучшения безопасности, качества данных и экологической ответственности, а также способствовать поиску новых месторождений и развитию компании

Список литературы

1. Внедрение инновационных беспилотных технологий при реализации стратегических изменений на предприятиях нефтегазовой отрасли, 2023. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-innovatsionnyh-bespilotnyh-tehnologiy-pri-realizatsii-strategicheskikh-izmeneniy-na-predpriyatiyah-neftegazovoy-otrasli/viewer> (дата обращения 04. 03.24).
2. «РН-Краснодарнефтегаз» расширяет область применения беспилотников, 2017. [Электронный ресурс] URL: <https://www.rosneft.ru/press/news/item/185817/?ysclid=lucd2yw2ld218677533> (дата обращения 04. 03.24).
3. Использование дронов в нефтегазовой промышленности, 2020. [Электронный ресурс] URL: <https://dji-blog.ru/naznachenie/neftegaz/ispolzovanie-dronov-v-neftegazovoj-promyshlennosti.html?ysclid=lucd1lwogx181962207> (дата обращения 04. 03.24).
4. Применение дронов в нефтегазовой отрасли, 2017. [Электронный ресурс] URL: <https://russiandrone.ru/publications/primenenie-dronov-v-neftegazovoy-otrasli/?ysclid=luccf8ke2o191607340> (дата обращения 04. 03.24).
5. «Роснефть» расширяет географию применения беспилотных летательных аппаратов для контроля уровня парниковых газов, 2021. [Электронный ресурс] URL: <https://www.rosneft.ru/press/news/item/207499/?ysclid=lucd90qqw516780507> (дата обращения 04. 03.24).

Научный руководитель: Лапинскас Арунас Альгевич, доктор экономических наук, профессор Экономической теории, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Альтернативная концепция построения системы электропитания участка шахты. Принципиальные отличия и их обоснование

Аннотация. Обоснована опасность формирования электропоражающего фактора вследствие применения центральных проводов гибких кабелей в качестве элементов заземления металлических корпусов рудничных электродвигателей. Предложено альтернативное техническое решение в контексте поддержания безопасных условий эксплуатации рудничного участка электрооборудования и исключения формирования электропоражающего фактора в электросети участка шахты, обусловленного ёмкостными проводимостями изоляции кабелей

Ключевые слова: участок шахты, система электропитания, опасность электропоражения, анализ, технические предложения.

Mariya K. Marenich
Donetsk National Technical University,
Donetsk, Russia, marenich_mk@mail.ru

Alternative concept of building a power supply system for a mine section. Fundamental differences and their justification

Abstract. The danger of forming an electric shock factor due to the use of central wires of flexible cables as grounding elements of metal housings of mine electric motors is substantiated. An alternative technical solution is proposed in the context of maintaining safe operating conditions for mine section electrical equipment and eliminating the formation of an electric shock factor in the power grid of a mine section, caused by capacitive conductivities of cable insulation

Keywords: mine section, power supply system, danger of electric shock, analysis, technical proposals.

Применяемые в настоящее время способы построения систем электропитания участков угольных шахт предусматривают обязательное заземление металлических корпусов всех силовых электротехнических устройств, включая электродвигатели стационарных и перемещаемых в процессе эксплуатации горных машин и других электромеханических установок. При этом заземление металлических корпусов производят их электрическим подключением через центральные провода (т.н., «заземляющие жилы») гибких экранированных кабелей к заземлённым металлическим корпусам соответствующих пускателей [1].

С одной стороны, это противоречит действующим требованиям нормативных документов: п.1.4.2 ГОСТ 28298-89 [2], согласно которым «... не допускается использовать корпуса электрооборудования в качестве заземляющих проводников». Кроме этого, такой способ заземления металлических корпусов электродвигателей создаёт опасность смертельного травматизма человека при прикосновении к проводнику фазы, поскольку ёмкостные проводимости изоляции между фазами кабеля и его центральным проводом в случае заземления последнего создают пути утечки тока между фазами сети и землёй. В условиях применения всё более мощных машин и установок и, как следствие, – применения кабелей больших сечений и протяжённостей ёмкости изоляции кабельной сети возрастают и ёмкостные проводимости между фазами и заземляемыми

центральными проводами гибких кабелей (т.е., землёй) снижаются. Это обуславливает ещё большее увеличение электропоражающего фактора, ещё больший риск электротравматизма. Таким образом, эксплуатируемые в настоящее время шахтные участковые электрические сети изначально являются объектами, представляющими опасность электропоражения человека, а применение защиты от утечек тока на землю, функциональность элементов которой имеет свои ограничения, сводится к снижению количества электричества в теле человека, который уже испытывает на себе действие электрического тока в случае прикосновения к фазе сети [3].

Несмотря на то, что электротравмы составляют до 2 % от общего количества производственных травм на шахтах, их последствия, как правило, относятся к тяжелым, а чаще – летальным случаям. Исследованиями [4] установлено, что обстоятельствами, приведшими к несчастным случаям являются:

- прикосновение к оголённым проводам, жилам силовых кабелей, находящимся под напряжением – 18,0 %;
- прикосновение к контактному проводнику, находящемуся под напряжением – 37,1 %;
- работа персонала под напряжением – 16,4 %;
- ошибочная подача напряжения на электрическую сеть – 9,3 %;
- другие причины – 19,2 %.

Исследованиями [5] установлено, что присоединение центральных проводников гибких кабелей в сети заземления системы электроснабжения участка шахты априори обуславливает формирование токов в заземляющей сети участка шахты, сопоставимых по величине с токами, способными вызвать искрение в местах случайного разъединения проводников цепи заземления, т.е., превысить минимальные воспламеняющие токи, определяемые ГОСТ 30852.10-2002 [6].

В то же время, практика эксплуатации асинхронных двигателей (АД) рудничного взрывозащищённого исполнения свидетельствует о крайне низкой вероятности возникновения потенциально опасного состояния контакта фазного проводника с металлическим корпусом электрической машины. Так, анализ повреждаемости и причин отказов АД [7] даёт следующие статистические данные о количественных показателях аварийных (опасных) состояний: межвитковые замыкания – 93 %, пробой межфазной изоляции – 5 %, пробой изоляции – 2 %. Кроме этого, менее 1 % составляют: распайка выводных концов, скручивание валов, разрыв стержней роторов и др. В исследовании [7] отмечается, что причиной 50 % отказов являются эксплуатационные, связанные с неудовлетворительной защитой АД, что возможно в отношении электрических машин общепромышленного назначения, но полностью исключено, если рассматривать АД рудничного взрывозащищённого исполнения.

Из причин отказов АД при их эксплуатации в условиях шахты, т.е., двигателей в рудничном взрывозащищённом исполнении (в отличие от общепромышленных условий применения) следует исключить отказы вследствие работы на двух фазах при срабатывании плавкого предохранителя максимальной токовой защиты и отсутствия (80 % – общепромышленное применение), либо неисправности (20 % – общепромышленное применение) тепловой защиты.

Применительно к электрическим машинам рудничного исполнения, эксплуатируемых в условиях шахты, такие отказы исключены, поскольку:

- исполнительными элементами защиты от коротких замыканий в шахтных участковых электрических сетях являются не плавкие предохранители, а трёхполюсные силовые коммутационные аппараты;

- тепловая защита электродвигателей реализуется устройствами непосредственного контроля (на основе датчиков – температурных реле, терморезисторов, встраиваемых в структуру асинхронных двигателей) и дублируется устройствами косвенного контроля (устройства токовой защиты от перегрузок (ТЗП и аналогичные) в схемах магнитных пускателей, станций управления) [1].

Следует выделить ряд технических решений, относящихся к конструкции АД, предназначенных для исключения условия возникновения контакта фазных проводников с их металлическими корпусами. Так, важнейшим элементом электрической машины, определяющим безаварийность её работы, является электрическая изоляция обмоток статора. В связи с этим, в конструкции АД применена пазовая (корпусная) изоляция, изоляция слоя, межслойная изоляция, надёжно отделяющие изолированные фазные проводники обмотки статора при их расположении в пазу магнитопровода от металлической поверхности последнего.

В качестве изоляции проводников обмоток статоров двигателей с фазным напряжением до 660 В применяют материалы с классами нагревостойкости F; H, предельно допустимые температуры нагрева которых составляют 155 °С и 180 °С, что согласуется с требованиями защиты изоляции электрических машин от механических и тепловых повреждений в процессе эксплуатации.

Вышеизложенное позволяет утверждать о необходимости, целесообразности и допустимости изменения концепции построения системы электроснабжения участка шахты в части отказа от присоединения центральных проводов шахтных гибких экранированных кабелей к заземлениям при условии применения локальных средств выявления контакта фазы сети с корпусом силовой электроустановки, осуществляющих управление защитным отключением, что иллюстрируется схемой (рис.1).

В соответствии с этой схемой, в отсеке кабельных вводов каждого рудничного АД должна быть предусмотрена цепь соединённых последовательно резистора R1, конденсатора C1, обмотки K1 электромагнитного реле с замыкающим контактом K1/1 и диода VD1, подключенная между металлическим корпусом АД и контактом (X1) соединения между собой фазных обмоток его статора. Центральный провод силового гибкого экранированного кабеля электропитания двигателя при этом не имеет контакта с сетью заземления. В отсеках кабельных вводов двигателя и пускателя этот центральный провод присоединен к изолированным от металлических корпусов клеммам X2 и X3, соответственно.

В отсеках кабельных вводов пускателей (моторные камеры) в этом случае должны быть предусмотрены резисторы R2, R3, R4, а также электромагнитное реле K2, с размыкающим контактом K2.1. Резисторы R2, R3, R4 присоединены к выводам фаз (А, В, С) пускателя и к обмотке реле K2, второй вывод которой присоединен к клемме X3 подключения центрального провод кабеля электропитания двигателя. Контакт K2.1 реле K2 предназначен для подключения последовательно в цепь дистанционного управления контактором пускателя через клеммы X4 и X5, контакт K1.1 реле K1 в отсеке кабельного ввода двигателя соединён между металлическим корпусом этого двигателя и клеммой X2.

В штатном режиме эксплуатации потенциалы точки соединения между собой вторых выводов резисторов R2, R3, R4, а также контакта X1 соединения выводов фазных обмоток статора АД равны нулю, и токи через обмотки реле K2 и K1 не протекают. В случае же повреждения изоляции фазного проводника кабеля электропитания асинхронного двигателя возникает контакт этого проводника в точке повреждения с центральным проводом кабеля. Этим создается путь тока через обмотку реле K2, что приводит к срабатыванию последнего, размыканию контакта K2.1 в цепи дистанционного управления контактором пускателя и к отключению пускателя.

В случае контакта фазного проводника кабеля электропитания асинхронного двигателя с металлическим корпусом последнего создаётся путь тока через обмотку реле К1, что приводит к срабатыванию последнего и замыканию его контакта К1.1. При этом, через замкнутый контакт К.1.1 создается путь тока через обмотку реле К2. Данное реле срабатывает размыкает свой контакт К2.1 в цепи дистанционного управления контактором пускателя, что приводит к его отключению.

Применение конденсатора С1 и диода VD1 в структуре последовательной цепи между корпусом АД и контактом Х1 соединения между собой выводов обмоток его статора исключает воздействие заявляемого устройства на работу защиты от утечек тока на землю в шахтной участковой электрической сети. Прохождению постоянного оперативного тока этой защиты на металлический корпус двигателя и на землю (при наличии переходного сопротивления между корпусом двигателя и землёй) препятствуют диод VD1 и конденсатор С1. Наличие конденсатора С1 и диода VD1 является средством отделения силовых цепей электропитания АД в штатном режиме эксплуатации от его корпуса, что соответствует режиму изолированной нейтрали трансформатора шахтной участковой электрической сети.

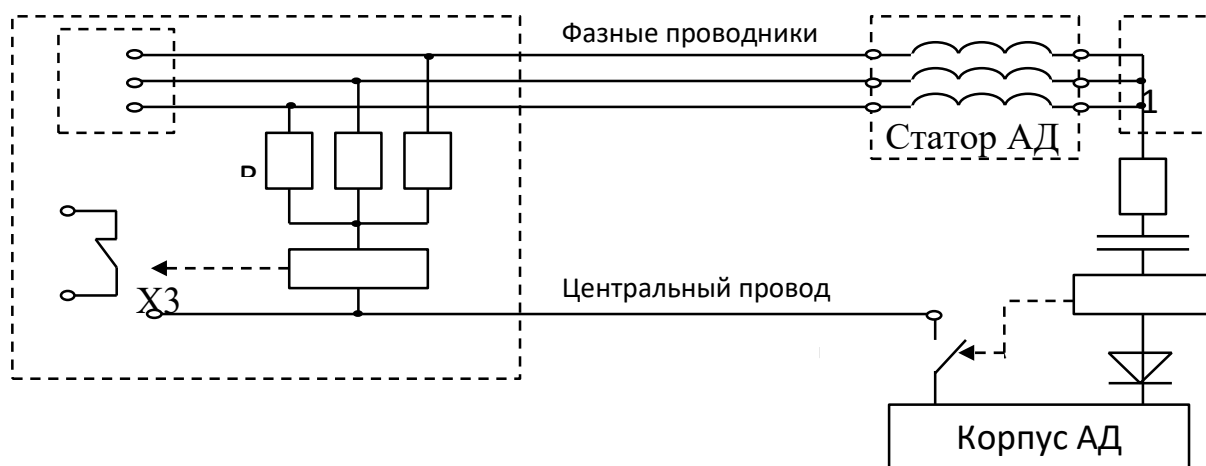


Рис. 1. Устройство защиты от повреждения в кабельном присоединении статора рудничного асинхронного двигателя

Данная структура поддерживает функцию предварительного контроля изоляции силового кабельного присоединения, отходящего от пускателя. В этом случае вывод блока контроля изоляции (БКИ), либо блокировочного реле утечки (БРУ), предназначенный для подключения к металлическому корпусу пускателя должен быть присоединён к контакту Х3 присоединения центрального провода гибкого кабеля (в отсеке кабельных вводов пускателя).

Данное техническое предложение, признанное изобретением (положительное решение ФИПС по заявке на изобретение) является принципиальным отличием предлагаемой альтернативной концепции построения системы электроснабжения участка шахты и позволяет решить задачу повышения безопасности эксплуатации силового рудничного электрооборудования исключив формирование электропоражающего фактора, возникающего вследствие заземления центральных проводов кабелей электропитания асинхронных двигателей.

Список литературы

1. Справочник энергетика угольной шахты: в 2 т. / [Дзюбан В. С., Ширнин И. Г., Ванеев Б. Н., Гостищев В. М.]; под ред. Б. Н. Ванеева. – [2-е изд., перераб. И доп.]. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2001. – Т.1.: (Гл.1-21). – 477 с.; Т.2.: (Гл.22–44). – 440 с.
2. ГОСТ 28298-89. Заземление шахтного электрооборудования. Технические требования и методы контроля:– М.: Стандартинформ, 2005. – 7с.
3. Гуляева И. Б. Проводимость изоляции электрической сети участка шахты как фактор риска электротравматизма. Проблемные вопросы и пути их решения [Электронный ресурс] / И. Б. Гуляева, Е. С. Дубинка, М. К. Маренич, Л. А. Муфель, О. А. Демченко // Вестник Донецкого национального технического университета.– Донецк: ДонНТУ, 2021. – Вып 3(25). – С. 34–47. – Режим доступа: <http://vestnik.donntu.ru/dl/2021/03/guliaeva.pdf> . – Загл. с экрана.
4. Колосюк, В. П. Электробезопасность в горной промышленности: монография / В. П. Колосюк, Ю.В. Товстик; Под ред. В.П. Колосюка. – Донецк, Ноулидж (донецкое отделение), 2014. – 475 с.
5. Маренич М.К. Емкость изоляции электросети участка шахты как фактор формирования тока в цепи заземления [Электронный ресурс] / М.К. Маренич, И.Б. Гуляева, // Вестник Донецкого национального технического университета.– Донецк: ДонНТУ, 2022. – Вып 3(29). – С. 20-26. – Режим доступа: <http://vestnik.donntu.ru/dl/2022/03/marenich1.pdf>. – Загл. с экрана.
6. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь. Electrical apparatus for explosive atmospheres. Part 11. Intrinsic safety. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 30852.10-2002 (МЭК 60079-11:1999). МКС 29.260.20 Дата введения 2014-02-15. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200103397?marker=7D20K3>. – Загл. с экрана.
7. Статистика отказов и анализ повреждаемости электрических машин [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://poznayka.org/s6047t2.html>. – Загл. с экрана.

Научный руководитель: Гуляева Ирина Борисовна, к.т.н., доцент кафедры «Электрические системы», ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Россия.

Скворцов Иван Владимирович*

Шклярский Ярослав Элиевич**

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург, Россия,*

** si-28@mail.ru*

*** js-10@mail.ru*

Определение параметров системы накопления электроэнергии для обеспечения бесперебойной работы электротехнического комплекса газовой отрасли

Аннотация. В процессе работы электротехнических систем на промышленных предприятиях Санкт-Петербурга и Ленинградской области часто возникают нарушения показателей качества электроэнергии. Особое внимание уделяется провалам напряжения, возникновение которых приводит к остановке критически важных потребителей. Целью работы является обеспечение бесперебойности работы электротехнического комплекса компрессора сырьевого газа комплекса СПГ во время кратковременных провалов напряжения за счет разработки методики выбора суперконденсаторов с параметрами, отвечающими технической и экономической эффективности функционирования системы накопления электрической энергии и алгоритма ее работы. Осуществлено формирование алгоритма выбора суперконденсаторов с параметрами, отвечающими технической и экономической эффективности функционирования накопителя. Разработан алгоритм ее работы в составе электротехнического комплекса.

Ключевые слова: газовая промышленность, электротехнический комплекс, суперконденсатор, система накопления электрической энергии, частотно-регулируемый электропривод, алгоритм выбора параметров, алгоритм работы.

Ivan V. Skvortsov*

Yaroslav E. Shklyarsky**

Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia

** si-28@mail.ru*

*** js-10@mail.ru*

Determination of parameters of the electricity storage system to ensure uninterrupted operation of the gas industry electrotechnical complex

Abstract. In the course of operation of electrical systems at industrial enterprises of St. Petersburg and the Leningrad Region, power quality indicators are often disturbed. Particular attention is paid to voltage dips, the occurrence of which leads to the shutdown of critical consumers. The aim of the work is to ensure uninterrupted operation of the electrical system of the raw gas compressor of the LNG complex during short-term voltage dips by developing a methodology for selecting supercapacitors with parameters that meet the technical and economic efficiency of the electrical energy storage system and an algorithm for its operation. The formation of the algorithm of selection of supercapacitors with parameters corresponding to the technical and economic efficiency of operation of the system of electric energy storage. The algorithm of its operation as a part of the electrical engineering complex is developed.

Keywords: Gas industry, electrical engineering complex, supercapacitor, electrical energy storage system, variable frequency drive, parameter selection algorithm, operation algorithm.

Вопросы формирования эффективного промышленного производства неуклонно поднимаются в области повышения надежности работы технологического оборудования, работающего в непрерывном режиме. Нарушения показателей и норм качества электрической энергии (КЭ), указанные в ГОСТ 32144-2013, являются, в большинстве случаев, причиной останова непрерывного производственного процесса и возникновения финансовых

издержек на предприятии [1–2]. В настоящее время основным промышленным потребителем электроэнергии на базе современного производства, на долю которого приходится около 70 % [3] всего потребления, является электропривод (ЭП).

В настоящее время большинство электротехнических комплексов, функционирующих и приводящих в действие рабочие механизмы, которые являются ключевыми объектами непрерывных технологических процессов, с целью повышения их производительности и эффективности работы, переводят на частотно-регулируемое управление (ЧРП) [4–5]. Защита минимального напряжения (ЗМН), устанавливаемая в каждый преобразователь частоты, целью которой является защита электротехнического комплекса при снижении уровня напряжения в питающей электросети, создает особые условия по применению ЧРП в местах, подверженных нарушениям показателей КЭ, и, в частности, провалам напряжения. Одним из наиболее перспективных и новейших способов обеспечения устойчивости ЧРП к нарушениям показателей КЭ, находящий подтверждение в таких стандартах как ГОСТ Р 58092.3.1-2020 и ГОСТ Р 58092.3.3-2023, является внедрение непосредственно в структуру ЭП или в ответственные узлы питающей сети производства дополнительных источников и систем накопления электрической энергии (СНЭЭ) различных топологий и типов [6–7]. В качестве СНЭЭ могут использоваться как суперконденсаторы (СК), так и аккумуляторные батареи [8]. Целесообразность внедрения данных технологий с экономической точки зрения выводится соотношением между ущербом от останова электротехнического комплекса и, следовательно, всего технологического процесса и стоимостью установки СНЭЭ в целом. В этой связи, тему статьи, направленную на исследование системы накопителя энергии на базе СК в качестве средства обеспечения бесперебойной работы электротехнического комплекса при провалах напряжения, следует считать актуальной.

Для обеспечения бесперебойности работы ЧРП, подверженного частыми провалами и прерываниями напряжения, система накопления электрической энергии подключается к звену постоянного тока (ЗПТ) и разряжается на нагрузку. Потребляемая мощность $P_{эл}$ и время провала напряжения $t_{п}$ определяют энергию $W_{эл}$, которую необходимо запасти СНЭЭ для обеспечения электроэнергией ЭП. Глубина провала напряжения $\delta U_{п}$ и уставка ЗМН в ПЧ влияет на формирование минимально допустимого напряжения в ЗПТ $U_{dc\ min}$ [9–10].

Запишем формулу, по которой будет вычисляться емкость СНЭЭ, используя основные параметры защищаемого от провалов и прерываний напряжения электротехнического комплекса. Для этого вспомним формулу энергии электрического поля $W_{эл}$ (Дж):

$$W_{эл} = \frac{C \cdot U^2}{2}. \quad (1)$$

Электрическая энергия, требуемая частотно-регулируемому электроприводу в течение заданного времени $t_{п}$ для работы с номинальными параметрами, равна:

$$W_{эл} = P_{эл} \cdot t_{п}. \quad (2)$$

Подставив в формулу энергии электрического поля максимально допустимое напряжение в ЗПТ $U_{dc\ max}$ и минимально допустимое напряжение ЗПТ $U_{dc\ min}$, определяемое уставкой ЗМН, равной 0,7 от номинального значения, найдем разницу между этими энергиями, а затем приравняем полученный результат к электрической энергии электропривода:

$$W_{эл} = \frac{C \cdot U_{dc\ max}^2}{2} - \frac{C \cdot U_{dc\ min}^2}{2}. \quad (3)$$

Упростим выражение:

$$2 \cdot P_{эл} \cdot t_{п} = C \cdot (\sqrt{2} \cdot U_c)^2 - C \cdot (0,7 \cdot \sqrt{2} \cdot U_c)^2. \quad (4)$$

Выразим C :

$$C = \frac{2 \cdot P_{эл} \cdot t_{п}}{2 \cdot U_c^2 - 0,7^2 \cdot 2 \cdot U_c^2} = \frac{P_{эл} \cdot t_{п}}{0,51 \cdot U_c^2}. \quad (5)$$

Номинальное напряжение и ток в ЗПТ с учетом коэффициента запаса k :

$$U_{ЗПТ \max} = \sqrt{2} \cdot U_c \cdot k; \quad I_{ЗПТ} = \frac{P_{эл}}{U_{ЗПТ \max}}. \quad (6)$$

Так как в работе областью исследования являются электротехнические комплексы газовой промышленности, используемые в добыче, транспортировке и переработке сырья, в качестве примера расчета требуемой емкости был взят компрессор сырьевого газа. Основными параметрами электропривода компрессора, используемые для расчета требуемой емкости СНЭЭ, являются номинальное напряжение питания внешней электросети $U_c = 6,6$ кВ и электрическая мощность $P_{эл} = 10\,300$ кВт. В данном случае, если длительность провала напряжения $t_{п} = 5$ с, то требуемая емкость C (Ф) системы накопления электрической энергии будет равна $C = 2,32$ Ф. Математические зависимости между количеством применяемых конденсаторов, их единичной емкости и номинального напряжения, выведенные в ходе исследования, позволяют составить алгоритм выбора параметров конкретного единичного суперконденсатора, модель которого представлена в сформированной базе данных производственных образцов данных накопителей. Параметры выдаваемого алгоритмом ионистора соотносятся с заданными объектом исследования.

В процессе работы алгоритма выбора параметров суперконденсатора, для получения СНЭЭ, отвечающей требуемым параметрам по емкости и величине напряжения, единичные ионисторы подключаются последовательно, а затем параллельно. Такое соединение необходимо для того, чтобы в первом случае получить то напряжение, которое находится в диапазоне допустимых значений для ЗПТ электропривода, а во втором случае для того, чтобы восстановить сниженную при последовательном соединении емкость полученного накопителя до заданных значений. Во время работы, алгоритм в расчетах использует номинальные напряжения, емкости и цены единичных суперконденсаторов.

Помимо этого, был разработан алгоритм работы рассматриваемой системы накопления с выбранными конденсаторами в составе ЧРП компрессора сырьевого газа в моменты возникновения нарушений показателей КЭ, в частности, провалов и прерываний напряжения. Алгоритм позволяет правильно установить порядок включения и отключения СНЭЭ к электротехническому комплексу для автономной работы, а также моменты начала заряда и разряда накопителя.

Области возможного применения предложенного алгоритма выбора параметров СК и управления СНЭЭ по «жесткому» принципу во время аварийной ситуации широки и подходят, как для электротехнических комплексов различных потребителей, там, где в рамках проектных работ было принято решение об использовании суперконденсаторных накопителей энергии. Другими словами, сфера эксплуатации определяется областью применения суперконденсаторных установок, а это: автоматизированные электроприводы компрессорных станций, АВО газа, насосных станций, грузоподъемных систем и пр. ЧРП входят в структуру технологических процессов практически на каждом предприятии, что подтверждает актуальность и практическую значимость разработанного алгоритма для проектных и эксплуатационных организаций и конструкторских бюро. Характеристики доступности и массовости в ближайшие несколько лет обретут технологии промышленного накопления энергии, а значит, согласно кривой Гартнера, выйдут на плато продуктивности. Обеспечение бесперебойности работы электротехнических комплексов, и, следовательно, технологических процессов, непрерывная работа которых напрямую связана с экономической эффективностью функционирования и безопасностью сотрудников, является важнейшей задачей для промышленных предприятий

страны. Динамическое внедрение систем накопления энергии потребует рационального выбора их параметров, согласуемых с номинальными параметрами объекта, с целью их качественного ввода в эксплуатацию.

Список литературы

1. Barros J., Apráiz M. de, Diego R.I. A review of international limits for rapid voltage changes in public distribution networks, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 144, 2021, p. 110966, 10.1016/j.rser.2021.110966.
2. Bolonne S. R. A., Chandima D. P. Sizing an Energy System for Hybrid Li-Ion Battery-Supercapacitor RTG Cranes Based on State Machine Energy Controller, in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 71209–71220, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2919345.
3. Bardanov A. I., Pudkova T. V. Control of D-STATCOM for Asymmetric Voltage Dips Compensation, 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), Saint Petersburg and Moscow, Russia, 2019, pp. 430–433, doi: 10.1109/EIConRus.2019.8657254.
4. Tokarev I. S. Development of parameters for an industry-specific methodology for calculating the electric energy storage system for gas industry facilities // *Journal of Mining Institute*. 2024. p. EDN UIZSOQ.
6. Алгоритм работы системы накопления энергии в структуре электротехнического комплекса объекта газовой отрасли / И. С. Токарев, Я. Э. Шклярский, Ю. Е. Андреева, И. В. Скворцов // *Электричество*. – 2024. – № 4. – С. 51–63. – DOI 10.24160/0013-5380-2024-4-51-63. – EDN GIXWWG.
7. Döşoğlu M. K., Özkaraç O., Güvenç U. Novel active–passive compensator–supercapacitor modeling for low-voltage ride-through capability in DFIG-based wind turbines. *Electr Eng* 101, 2019, pp. 1119–1132. doi: 10.1007/s00202-019-00857-y.
8. Ismail N. M., Mishra M. K. A multi-objective control scheme of a voltage source converter with battery–supercapacitor energy storage system used for power quality improvement, *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 142, Part A, 2022, p. 108253, doi: 10.1016/j.ijepes.2022.108253.
9. Plotnikov I., Savosina A., Polyakov V. The Choosing of Supercapacitor Capacitance for Smoothing the Peak Loads in the Frequency-Controlled Tram Electric Drive, 2023 XIX International Scientific Technical Conference Alternating Current Electric Drives (ACED), Ekaterinburg, Russian Federation, 2023, pp. 1–6, doi: 10.1109/ACED57798.2023.10143474.
10. Şahin M. E., Blaabjerg F. A Hybrid PV-Battery/Supercapacitor System and a Basic Active Power Control Proposal in MATLAB/Simulink. *Electronics*. 2020, vol. 9(1), p. 129, doi: 10.3390/electronics9010129.

Научный руководитель: *Шклярский Ярослав Элиевич, д.т.н., зав. кафедрой Общей электротехники, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.*

Скворцова Юлия Евгеньевна*

Шклярский Ярослав Элиевич**

Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,

Санкт-Петербург, Россия,

** yulia77577@mail.ru*

*** js-10@mail.ru*

Оценка эффективности внедрения системы управления электрической энергией в структуру электротехнического комплекса компрессорной станции

Аннотация. Работа технологических объектов газовой отрасли характеризуется высокими требованиями к обеспечению бесперебойного энергоснабжения потребителей. В соответствии с этим для различных типов инфраструктурных объектов применяют различные структуры систем энергоснабжения. Перспективными для обеспечения эффективного энергоснабжения являются системы, в состав которых включены накопители электрической энергии. Для их использования необходимо внедрение соответствующих систем управления электротехническими комплексами. Автором разработан один из вариантов системы энергоменеджмента для электротехнического комплекса с накопителем энергии и представлена оценка эффективности применения данного алгоритма с помощью расчета технологических и экономических показателей. Сделан вывод о рациональности применения системы энергоменеджмента.

Ключевые слова: система энергоменеджмента, система накопления электроэнергии, система энергоснабжения, бесперебойное энергоснабжение, газовая отрасль.

Iuliia E. Skvortsova*

Yaroslav E. Shklyarsky**

Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia,

** yulia77577@mail.ru*

*** js-10@mail.ru*

Evaluation of the efficiency of energy-management system implementation for gas industry compressor station electrical complex

Abstract. The operation of gas facilities is characterized by high requirements for uninterrupted power supply. Different structures of power supply systems are used for different types of facilities. The systems that include energy storage systems are promising for ensuring efficient power supply and it is necessary to implement control systems of electrical engineering complexes. One of the variants of the energy-management system for the electrical complex with energy storage is developed and an assessment of the efficiency of this algorithm is presented. The conclusion about the rationality of the energy-management system application is provided.

Key words: energy-management system, energy storage system, power supply system, uninterrupted power supply, gas industry.

Энергообеспечение промышленных объектов газовой отрасли в соответствии со стандартами осуществляется по одному из трех типов схем, предполагающих соответственно автономную работу электротехнического комплекса, параллельную работу с сетью централизованного энергоснабжения, питание комплекса исключительно от сети централизованного энергоснабжения. Для объектов, расположенных на значительном удалении от источников энергообеспечения, как правило используют схемы с автономным типом энергоснабжения, для особо ответственных потребителей применяют схему смешанного энергоснабжения, для менее ответственных применяют схемы питания только от сети централизованного энергообеспечения [1]. Объектом данного исследования является электротехнический комплекс компрессорной станции, расположенной на магистральном газопроводе. Данный промышленный объект относится к категории особо ответственных и характеризуется смешанным типом энергообеспечения. На объекте функционирует

электростанция собственных нужд, в состав которой входят 6 газопоршневых электроагрегатов. На электростанции возможна установка промышленной системы накопления энергии в качестве экспериментального проекта. Основными решаемыми с помощью накопителя энергии задачами являются [2-4]:

- 1) замещение вращающегося резерва;
- 2) выравнивание графиков электрических нагрузок;
- 3) поддержание бесперебойного энергоснабжения;
- 4) сокращение доли электроэнергии, потребляемой из сети централизованного энергоснабжения.

Установка системы накопления электроэнергии (СНЭЭ) предполагает внедрение специального программного обеспечения для реализации функций контроля и управления [5–7]. Российскими компаниями-поставщиками накопителей предлагаются соответствующие технические решения, однако они не отличаются высокой степенью интеллектуализации. Архитектура существующих систем довольно простая: такие системы сложно назвать интеллектуальными и их можно значительно улучшить, при этом перспективными потребителями ПО систем управления могут стать, как производители электроэнергии, так и потребители электроэнергии. Разработка такого рода систем фактически является заделом для популяризации технологий управления спросом (*demand response*) и интеллектуального управления микросетями (*smart grid, microgrid*). Существующие системы, как правило, предназначены для решения накопителем одной конкретной задачи, ими могут быть:

- 1) улучшение показателей качества электроэнергии (КЭ);
 - 2) поддержание частоты в системе с собственной генерацией;
 - 3) компенсация реактивной мощности;
 - 4) выравнивание графиков электрических нагрузок и генерации электроэнергии
- и др.

В рамках данного исследования автором была разработана система адаптивного энергоменеджмента на основе имитации работы электротехнического комплекса с учетом прогнозных данных по нагрузке на сутки вперед и алгоритма многокритериальной оптимизации по принципу «хищник-жертва», приведена оценка эффективности работы алгоритма [8-10]. Архитектура системы энергоменеджмента представлена на рис. 1.

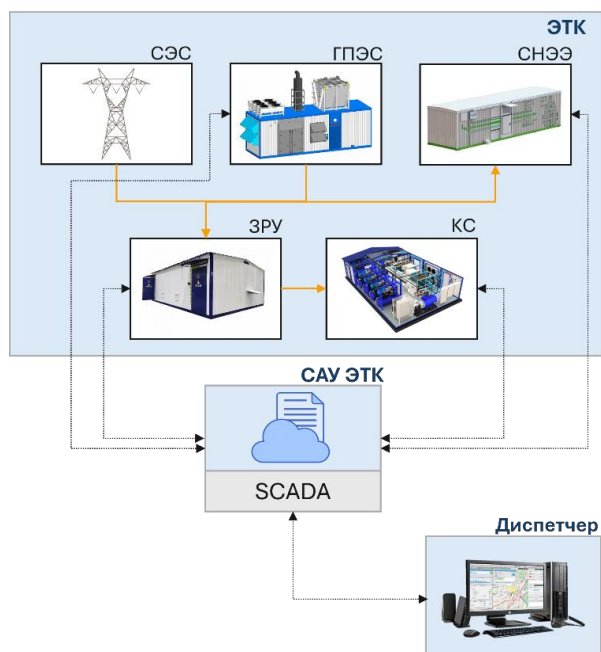


Рис. 1. Архитектура системы энергоменеджмента [составлено авторами]

Упрощенно структура алгоритма работы электротехнического комплекса представлена на рис. 2. Исходно в систему загружаются прогнозные данные о работе элементов электротехнического комплекса КС на сутки вперед, в частности сведения о предполагаемой нагрузке, о доступной к покупке электроэнергии, о накопленной в СНЭЭ электроэнергии, а также о производственных возможностях ЭСН. Далее производится моделирование работы электротехнического комплекса, полученное расписание в виде графиков $F(t)$ передается на следующий этап алгоритма, где производится оптимизация в соответствии с технологическими ограничениями и критериями. Сформированное лучшее решение, полученное в рамках алгоритма оптимизации передается в работу электротехнического комплекса на следующие сутки.

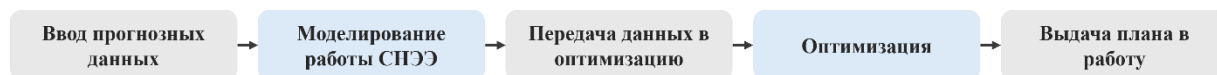


Рис. 2. Структура алгоритма [составлено авторами]

Оценка эффективности разработанной системы была проведена на примере графиков электрических нагрузок, снятых на компрессорной станции. Графики принимались в качестве входных прогнозных данных для алгоритма. Как правило исследования энергетических показателей проводятся на основании данных о самых тяжелых эксплуатационных режимах, соответственно самых нагруженных сменах в году и т.п. Поэтому в качестве анализируемых графиков за год были выбраны два самых тяжелых рабочих дня с максимальным количеством обращений к СНЭЭ (20) и наибольшим значением коэффициента формы (1,3). Далее было проведено расчетное моделирование в соответствии со структурой алгоритма системы энергоменеджмента и получены предполагаемые результаты.

При планировании работы электротехнического комплекса в соответствии с целевыми функциями для обоих случаев удалось снизить количество обращений к системе централизованного энергоснабжения, косвенно снизить операционные издержки на обслуживание СНЭЭ за счет ограничения глубины разряда на уровне 80 % и максимального уровня заряда на уровне 90 %, косвенно были снижены затраты на операционные издержки на обслуживание ГПЭС за счет изменения значения коэффициента формы для графиков выработки электроэнергии (табл. 1).

Таблица 1

Показатели эффективности [составлено авторами]

День	Показатель	«До»		«После»
K_f	K_f для графиков выработки энергии	1,3	→	1,06
	$W_{эл}$, потребляемая из сети, кВт·ч	3154,3	→	201,2
Кол-во обращений	K_f для графиков выработки энергии	1,0013	→	1,0003
	$W_{эл}$, потребляемая из сети, кВт·ч	419	→	0

Также для рассматриваемого технологического объекта была проведена оценка экономической эффективности от внедрения системы энергоменеджмента в структуру управления электротехническим комплексом со СНЭЭ. В расчетах особое внимание было уделено возможностям увеличения срока службы СНЭЭ за счет задания технологических ограничений в работе алгоритма управления [11], сокращения величины электрических и тепловых потерь при передаче электроэнергии из сети централизованного энергоснабжения, выравнивания графиков электрических нагрузок, сокращения расхода топ-

лива на выработку электроэнергии за счет ГПЭС. Перечисленные возможности были оценены в денежном эквиваленте. Основные показатели экономической эффективности представлены в табл. 2.

Таблица 2

Расчетные показатели экономической эффективности [составлено авторами]

Жизненный цикл проекта, лет	Чистый дисконтированный доход (ЧДД), млн. руб	Индекс доходности (PI), о.е.	Внутренняя норма доходности (IRR), %	Срок окупаемости, лет
12	9,49	2,498	67	2,9

По результатам представленной экономической оценки можно заключить, что проект обладает довольно высокой экономической эффективностью, характеризуется малым сроком окупаемости, а также относительно небольшими затратами на установку и наладку системы энергоменеджмента. Полученные величины демонстрируют инвестиционную эффективность реализации системы энергоменеджмента в структуре электротехнического комплекса.

В работе также была проведена предварительная оценка эффективности разработанной системы на примере данных, полученных на рассматриваемом технологическом объекте. Приведенный анализ показал, что работа системы позволяет в значительной степени снизить долю обращений электротехнического комплекса к системе централизованного энергоснабжения, а также улучшить значение коэффициента формы графиков потребления электрической энергии. Выравнивание графиков нагрузки при выработке электроэнергии за счет ГПЭС позволяет частично сократить расход газового топлива (около 20 % в год). В процессе переходных режимов при нарастании нагрузки расход обычно увеличивается, равномерное распределение пиков и отсутствие набросов позволяет достичь значительной экономии за счет продажи неиспользуемого газа (за срок эксплуатации СНЭЭ, равный 12 лет прибыль от продажи неиспользуемого газа по текущей цене топлива за 1000 м³ составит порядка 23 млн руб.).

Отдельно стоит отметить, что при проведении расчетов автором использовался позитивный сценарий функционирования СНЭЭ в составе электротехнического комплекса, предполагающий полный переход системы на собственную генерацию, однако на первичных этапах обучения системы и уточнения аспектов ее работы непосредственно на технологическом объекте, обращения к системе централизованного энергоснабжения могут присутствовать. В таком случае статьи расходов и экономии несколько изменятся.

Список литературы

1. Шпенст, В. А. Повышение энергоэффективности автономного электротехнического комплекса с возобновляемыми источниками энергии на основании адаптивной регулировки режимов работы / В. А. Шпенст, А. А. Бельский, Е. А. Орел // Записки Горного института. – 2023. – Т. 261. – С. 479–492. EDN SNUKNA.
2. Мельников, В. Д. Системы накопления электрической энергии для повышения технических и экономических характеристик газопоршневых электростанций / В. Д. Мельников, В. М. Зырянов, Г. Б. Нестеренко // Энергоэксперт. – 2020. – № 3(75). – С. 38–41. EDN TAYNPW.
3. Илюшин, П. В. Принципы построения систем управления гибридными СНЭЭ на основе детерминированного подхода в изолированных промышленных энергорайонах / П. В. Илюшин, С.В. Шавловский // Релейная защита и автоматизация. – 2022. – № 3(48). – С. 32–42. EDN LKOBAR.
4. Токарев, И. С. Алгоритм выбора параметров суперконденсатора в составе системы накопления энергии электротехнического комплекса при провалах напряжения / И. С. Токарев, Я. Э. Шклярский, И. В. Скворцов, О. С. Васильков // Горное оборудование и электромеханика. – 2024. – № 2(172). – С. 13–30. – DOI 10.26730/1816-4528-2024-2-13-30. – EDN IDFJMK.

5. Ковалев, С. П. Цифровая платформа для реализации автоматизированных систем управления распределенными энергоресурсами / С. П. Ковалев, А. А. Небера, М. В. Губко // Проблемы управления. – 2020. – № 6. – С. 57–70. – DOI 10.25728/ru.2020.6.6. EDN RMZDCJ.
6. Шубин, Н. Г. Агентное моделирование системы управления микрогридом на базе цифровой платформы / Н. Г. Шубин, М. И. Красильников, Ф. С. Непша // Энергетик. – 2021. – № 8. – С. 3–9. EDN QMDXWO.
7. Непша, Ф. С. Применение цифровой платформы для построения интеллектуальных систем управления энергоснабжением предприятий горной промышленности / Ф. С. Непша, М. И. Красильников, К. В. Перевалов // Автоматизация и IT в энергетике. – 2021. – № 5(142). – С. 26–34. EDN WFYNBT.
8. Карпенко, А. П. Исследование эффективности и настройка модифицированного алгоритма «хищник-жертва» в задаче многоцелевой оптимизации / А. П. Карпенко, А. В. Пугачев // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2016. – № 12. – С. 154–181. DOI 10.7463/1216.0852423.
9. Карпенко, А. П. Эволюционные операторы популяционных алгоритмов глобальной оптимизации. Опыт систематизации / А. П. Карпенко // Математика и математическое моделирование. – 2018. – № 1. – С. 59–89. DOI 10.24108/mathm.0118.0000103.
10. Грошев, С. В. Мета-оптимизация популяционных алгоритмов многоцелевой оптимизации / С. В. Грошев, А. П. Карпенко // Интернет-журнал Науковедение. – 2016. – Т. 8, № 6(37). – С. 52. EDN XXYGDP.
11. Мерганов, А. М. Определение экономической эффективности в результате увеличения срока службы железнодорожных рельсов в кривых / А. М. Мерганов // Universum: экономика и юриспруденция. – 2019. – № 4(61). – С. 10–12. EDN ZFZHEW.

Научный руководитель: Шклярский Ярослав Элиевич, д.т.н., зав. каф. ОЭ, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Разработка алгоритма идентификации неисправностей асинхронного электропривода с использованием сверточных нейронных сетей

Аннотация. В данной работе рассматривается процедура создания алгоритма идентификации неисправностей асинхронного двигателя с применением методов глубокого обучения. Для опробования алгоритма была использована одна из часто встречающихся в промышленных условиях неисправностей – межвитковое короткое замыкание. Для получения экспериментальных данных была промоделирована динамика асинхронного электропривода с помощью среды Simulink. Это позволило получить детализированные данные о поведении двигателя как в нормальном режиме, так и в условиях неисправности. Для разработки нейросетевого алгоритма была создана архитектура нейронной сети с использованием инструмента Deep Network Designer. Был проведен анализ производительности алгоритма, что позволило оценить точность идентификации.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, сверточная нейронная сеть, идентификация несимметрии, диагностика неисправностей.

Maxim V. Skladchikov
FSFEI HE "DonNTU", Donetsk, Russia, maxsklad19981@yandex.ru

Development of the algorithm of fault identification asynchronous electric drive using convolutional neural networks

Abstract. This paper discusses the procedure of creating an algorithm for identifying induction motor faults using deep learning methods. To test the algorithm, one of the most common faults encountered in industrial conditions – inter-turn short circuit – was used. To obtain experimental data, the dynamics of the asynchronous electric drive was modeled using the Simulink environment. This allowed obtaining detailed data on the behavior of the motor both in normal mode and under fault conditions. To develop the neural network algorithm, a neural network architecture was created using Deep Network Designer tool. The performance of the algorithm was analyzed to evaluate the identification accuracy.

Keywords: asynchronous motor, convolutional neural network, asymmetry identification, fault diagnosis

Асинхронные двигатели широко используются в промышленности благодаря своей надежности и простоте конструкции, но они подвержены ряду распространенных неисправностей, таких как повреждение обмоток, износ подшипников, дисбаланс. Эти неисправности могут снижать эффективность работы двигателя, увеличивать энергопотребление и даже приводить к полному выходу его из строя [1–3].

Современные преобразователи частоты используются для управления скоростью вращения асинхронных двигателей, имеют развитую систему защит и диагностики, но они не способны выявлять потенциальные неисправности в двигателе. Преобразователи частоты фиксируют некоторые общие предаварийные и аварийные ситуации, такие как короткое замыкание, перегрузка или чрезмерный нагрев. Реакция на эти события зачастую указывает на уже состоявшуюся проблему, а не на ее ранние признаки.

Таким образом, отсутствие возможностей преобразователей частоты для выполнения диагностики двигателей и идентификации неисправностей на ранних стадиях приводит к необходимости остановок для проверки оборудования и риск потерь из-за простоев и незапланированных ремонтов [1, 2, 5].

Идентификация неисправностей в электрических машинах может осуществляться аналитическими методами на основе анализа сигналов, таких как ток статора. Традиционные подходы к диагностике отказов асинхронных двигателей часто требуют участия квалифицированных специалистов и проведения длительных процедур, что делает их ресурсозатратными и не всегда эффективными. Вдобавок, качество анализа определяется уровнем квалификации специалиста, что вносит элемент субъективности в процесс диагностики. В связи со стремительным развитием методов искусственного интеллекта, диагностические системы, опирающиеся на аналитические методы, постепенно заменяются нейронными сетями для идентификации неисправностей. Преимущество этих алгоритмов заключается в минимизации человеческого фактора в оценке технического состояния оборудования и повышении точности обнаружения неисправностей, что обеспечивает высокую эффективность работы системы [4, 6, 7].

Целью данной работы является разработка алгоритма идентификации неисправностей асинхронного двигателя, способного анализировать сигналы двигателя и распознавать потенциальные неисправности на ранних этапах. Для достижения подобных целей используются методы глубокого обучения, в частности, сверточные нейронные сети (CNN), которые обладают способностью выявлять скрытые закономерности и аномалии в сложных временных рядах данных. Создание такого алгоритма позволит реализовать систему, которая будет способна выявлять неисправности задолго до критических событий, что уменьшит риск аварий и повысит надежность эксплуатации асинхронных двигателей.

Для опробования работоспособности алгоритма была выбрана достаточно распространенная и легко воспроизводимая неисправность – межвитковое короткое замыкание. В этом случае в обмотках асинхронного двигателя возникает локализованное замыкание витков, что приводит к росту тока в замкнутых витках и потенциальному повышению температуры. Данная поломка может возникнуть вследствие нарушения условий эксплуатации машины, в результате производственного брака, а также из-за превышения максимально-допустимой нагрузки [8-11].

Рассмотрим процедуру создания нейросетевого идентификатора. Для его обучения необходимо собрать набор данных. При межвитковом коротком замыкании происходит изменение полного сопротивления, что в свою очередь приводит к изменению амплитуды тока. Для получения данных о токе статора была собрана математическая модель асинхронного двигателя в фазных координатах (рисунок 1).

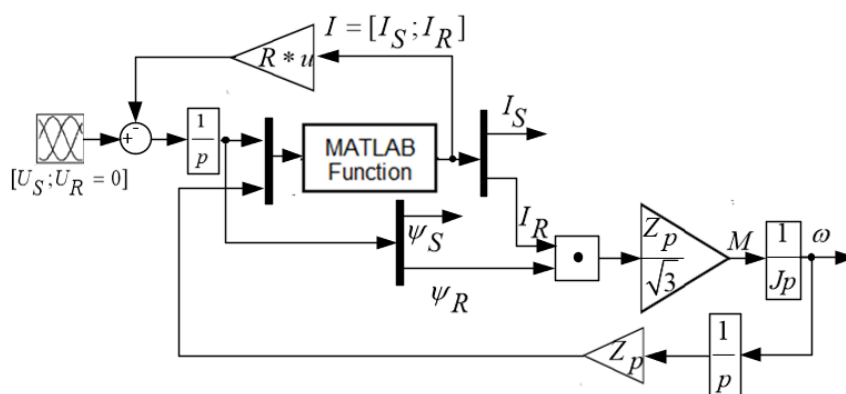


Рис. 1. Математическая модель

Моделирование производилось для следующих трех режимов: нормальное состояние, несимметрия в фазе А и В. В результате были получены графики, характеризующие

рассматриваемые режимы. Процесс подготовки набора данных для последующего использования в нейронной сети включает следующие этапы:

1. Сбор данных о токе статора асинхронного двигателя.
2. Выделение участка сигнала тока, отражающего установившийся режим работы двигателя.
3. Преобразование выбранных характеристик тока в многомерную матрицу размерностью 50x40x3.
4. Сохранение сформированной матрицы в формате изображений для дальнейшей обработки нейронной сетью.

После создания набора данных была разработана архитектура нейронной сети, на вход которой последовательно подавались сформированные данные. Архитектура, выбор параметров данных и количество сверточных слоев в СНС играют ключевую роль в идентификации и выделении прогрессирующих признаков с каждым добавленным слоем. В данной структуре СНС начальный сверточный слой выполняет функцию фильтрации базовых признаков, таких как минимальные и максимальные значения сигнала. Последующие сверточные слои позволяют сети выделять признаки более высокого порядка, например, расстояния между экстремальными значениями (значение несимметрии), паттерны колебаний и другие сложные зависимости. Таким образом, архитектура нейронной сети определяется характеристиками предоставленных данных и целевыми функциями, которые сеть должна выполнять, что позволяет адаптивно подстраиваться к особенностям решаемой задачи.

Весь набор данных был разделен на три основные части: 60 % для обучения, 20 % для валидации и 20 % для проверки работоспособности нейронной сети. Стоит отметить, что последние 20 % не участвовали в обучении, т.е. в при проверке нейронная сеть впервые их видела. На рисунке 2 представлен результат проверки работоспособности алгоритма идентификации неисправностей.

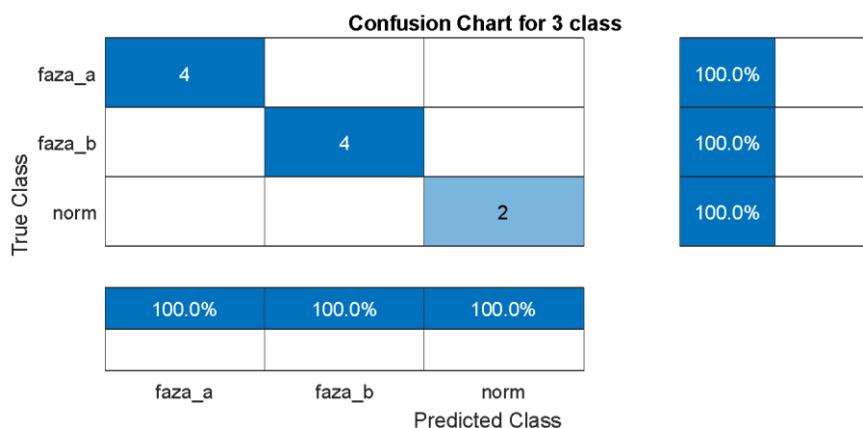


Рис. 2. Проверка работоспособности алгоритма идентификации неисправностей

Моделирование продемонстрировало перспективность применения нейросетевых алгоритмов для диагностики неисправностей асинхронного двигателя. Следующим этапом исследования является рассмотрение дополнительных типов неисправностей и разработка алгоритмов их воспроизведения в модели, что позволит усовершенствовать диагностическую систему и расширить номенклатуру идентифицируемых неисправностей. В дальнейшем планируется создание экспериментального стенда, с помощью которого можно будет осуществлять распознавание неисправностей асинхронных двигателей в условиях работы на реальном оборудовании (рисунок 3).

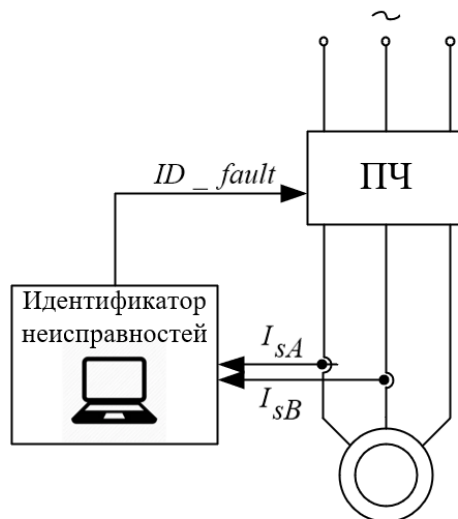


Рис. 3. Функциональная схема экспериментального стенда

Список литературы

1. Иванов Д. В., Сандлер И. Л., Макаров С. И., Терехин М. А. «Исследование влияния величины скорости на идентификацию параметров асинхронных двигателей со скоростью ошибки, применяемых в АПК» Вестник НГИЭИ, №. 6 (157), 2024, с. 42–55.
2. Курилин С. П., Федотов В. В., Култыгин О. П. Компьютерная программа для моделирования показателей технического качества индукторов линейных асинхронных электродвигателей // Прикладная информатика. 2023. Т. 18. № 5. С. 106–119. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-5- 106-119.
3. Otabek Khamidov. Контроль и диагностика асинхронных тяговых двигателей современного подвижного состава с помощью искусственной нейронной сети. Железнодорожный транспорт: актуальные задачи и инновации, 1 (3), 70–81, 2019.
4. Круглова Т. Н. Исследование технического состояния электропривода при различных условиях нагружения. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова, (3), 106–116. 2019.
5. Королев Н. А., Жуковский Ю. Л. Особенности разработки систем диагностики частотно-регулируемого электропривода. Динамика систем, механизмов и машин, 7 (2), 37–43. 2019.
6. Гришин Ф.С., Филимонов М.Н., Буганара С. «Исследование возможностей создания системы диагностики параметров асинхронного двигателя мехатронного электромеханического модуля на основе искусственных нейронных сетей» Молодой исследователь Дона, № 3 (42), 2023, с. 15–17.
7. Хамидов О. Р. «Диагностирование и моделирование несимметричных режимов асинхронных тяговых электродвигателей локомотивов с применением искусственных нейронных сетей» Известия Петербургского университета путей сообщения, № 2, 2019, с. 251–262.
8. Еремочкин С. Ю., Дорохов Д. В., Жуков А. А. «Разработка имитационной модели однофазного асинхронного электропривода в среде динамического моделирования SimInTech» Вестник НГИЭИ, № 1 (152), 2024, с. 59–71.
9. Чехлатый Николай Александрович, Паламарчук Татьяна Николаевна, Тимохина Валентина Юрьевна. «Влияние соосности валов на энергетические характеристики роторных турбомашин и электроагрегатов» Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта, № 1 (72), 2024, с 79–93.
10. Завидей В. И., Путилова И. В., Старшинов В. А. «Современные методы мониторинга и технического диагностирования электрических машин» Экспозиция Нефть Газ, № 4, 2023, с 38–44. doi:10.24412/2076-6785-2023-4-38-44.
11. Булдыско А. Д. Повышение эффективности эксплуатации асинхронного электропривода на основе ранней идентификации дефектов путем анализа сингулярного спектра тока: дис. канд. техн. наук: 2.4.2. – Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, 2023 – 202 с.

Научный руководитель: *Розкаряка Павел Иванович, к.т.н, доцент, заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок», ФГБОУ ВО «ДонНТУ», Донецк, Россия.*

Применение общего логико-вероятностного метода оценки надежности для создания подхода к систематизации оборудования для разработки мероприятий по поддержанию технического состояния

Аннотация. В данной работе представлен подход к ранжированию оборудования на основании его значимости для электроснабжения потребителей, а также возможных последствий в случае отказа элементов. Для систематизации был произведен расчет с помощью общего логико-вероятностного метода таких показателей надежности, как вероятность безотказной работы, среднее время наработки на отказ, среднее время восстановления, а также коэффициент готовности системы. Кроме того, была проведена оценка положительных вкладов элементов. Было выделено для схемы электроснабжения подземных потребителей оборудования, для которого необходимо реализовать усиленный контроль технического состояния.

Ключевые слова: надежность, диагностика, общий логико-вероятностный метод, оценка технического состояния, коэффициент готовности системы, положительный вклад элемента.

Sergej S. Solovev
Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia,
solovyov.sergey.work@yandex.ru

Application of the general logical-probabilistic method of reliability assessment to create an approach to systematize equipment for the development of maintenance activities

Abstract. This paper presents an approach to the ranking of equipment based on its importance for the power supply of consumers, as well as the possible consequences in case of failure of elements. For systematization, reliability indicators such as probability of failure-free operation, mean time to failure, mean time to recovery, and system availability factor were calculated using the general logical-probabilistic method. In addition, the positive contributions of the elements were evaluated. The equipment for which it is necessary to implement enhanced technical condition monitoring was identified for the power supply scheme of underground consumers.

Keywords: reliability, diagnostics, general logical-probabilistic method, technical state estimation, system availability factor, positive contribution of an element.

Проблема эксплуатации оборудования, выработавшего нормативный ресурс или близкий к нему требует создания более точных систем прогнозирования технического состояния. Эксплуатация изношенного оборудования приводит к возникновению высоких рисков отказа оборудования, нарушению технологического процесса. Аварии, простои оборудования сказываются на повышенных эксплуатационных затратах, недоотпуске электроэнергии и на других последствиях. Решением данной проблемы является совершенствование программ технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Модернизация данных программ достигается разработкой мероприятий на основании выявления дефектов на ранней стадии. Однако улучшение данных программ возможно при наличии соответствующих вычислительных мощностей, объемов серверов для хранения данных. Следовательно, необходимо разработать механизм по оптимальному выбору оборудования для реализации более сложных систем оценки технического состояния. Систематизировать оборудование электротехнических комплексов можно на основе оценки показателей надежности. Классическое применение результатов оценки надежности реализуется на этапах проектирования схем электроснабжения (СЭС), однако, применение данных результатов возможно и на этапе нормальной эксплуатации оборудования, когда на них уже воздействуют различные факторы, если производить расчет показателей надежности с учетом фактического технического состояния [1]. Также основным применением результатов диагностирования является разработка рекомендаций по техническому воздействию для повышения надежности и поддержания технического состояния. В настоящей работе будет обоснован подход по систематизации

оборудования на основе оценки показателей надежности. Таким образом, цепочка взаимодействия диагностики и надежности разворачивается так, что теперь по результатам расчета показателей надежности будет определена группа оборудования, для которого необходимо применять более точные методы определения технического состояния.

В качестве метода для оценки надежности был выбран общий логико-вероятностный метод (ОЛВМ) [2]. Метод заключается в переходе от однолинейной схемы электропитания к схеме структурной функциональной целостности (СФЦ). Такая схема строится на основе логических связей между реальными элементами СЭС. Оборудование заменяется функциональными вершинами, которые с помощью конъюнктивных и дизъюнктивных связей отражают реальное взаимодействие элементов СЭС. После синтеза схемы СФЦ необходимо выбрать логический критерий, относительно которого будет производиться расчет показателей надежности. В большинстве случаев таким критерием выступает конечный потребитель, для которого необходимо обеспечить поставку электроэнергии в нужном объеме и требуемого качества. Данный метод позволяет рассчитать показатели при любом законе распределения времени наработки на отказ оборудования. Расчетными параметрами являются: вероятность безотказности работы, средняя наработка на отказ, интенсивность отказов, параметр потока отказов, среднее время восстановления, а также коэффициент готовности системы, который, как характеристика нескольких свойств надежности (безотказности и ремонтпригодности), является комплексным показателем.

Кроме того, для создания ранжированных списков оборудования необходимо провести оценку положительных вкладов оборудования. Данная оценка роли элементов показывает реальные возможности по повышению надежности системы, так как в ходе ее расчета вероятность безотказной работы отдельного элемента повышается до единицы и это значение сравнивается с первоначально рассчитанной вероятностью [3].

Для применения общего логико-вероятностного метода была выбрана СЭС подземных потребителей, СФЦ которой приведена на рисунке 1.

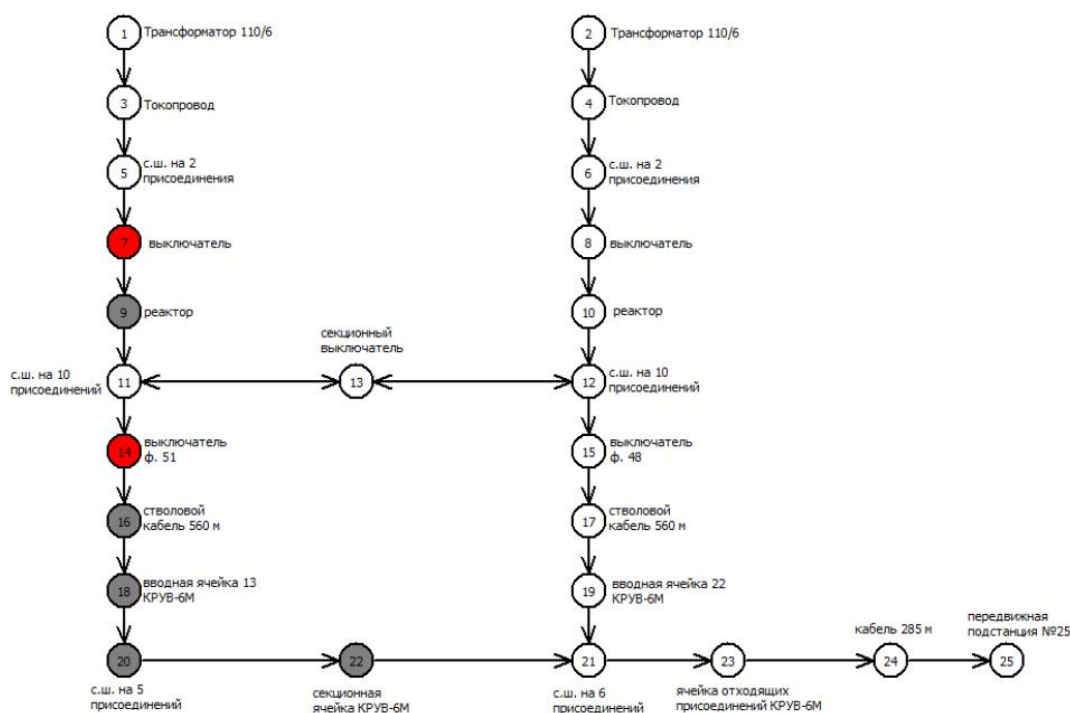


Рис.1. СФЦ системы с учетом детерминированных состояний

Функциональные вершины, выделенные красным цветом отражают отказ выбранных элементов. Сравнительная таблица 1 результатов расчета показателей надежности содержит вариант работоспособного состояния всех элементов, а также различные случаи отказов оборудования.

**Оценка показателей надежности системы
при различных вариациях выхода из строя элементов схемы**

Пояснения по схеме	Коэффициент готовности системы, КГс	Среднее время наработки системы на отказ, Тос, час (год)	Среднее время ремонта восстановления системы, Т(вр),ч	Частота (средняя интенсивность) отказов (1/год)	Вероятность безотказной работы восстанавливаемой системы, Рвс(8760)
Нормальное состояние	0,997339	3788 час (0.4325 год)	10.11 час	2,3	0,099
Выключатель (№7)	0,994880	2201 час (0.2513 год)	11,43 час	4,0	0,099
Кабель (№16)	0,994880	2201 час (0.2513 год)	11,33 час	3,9	0,098

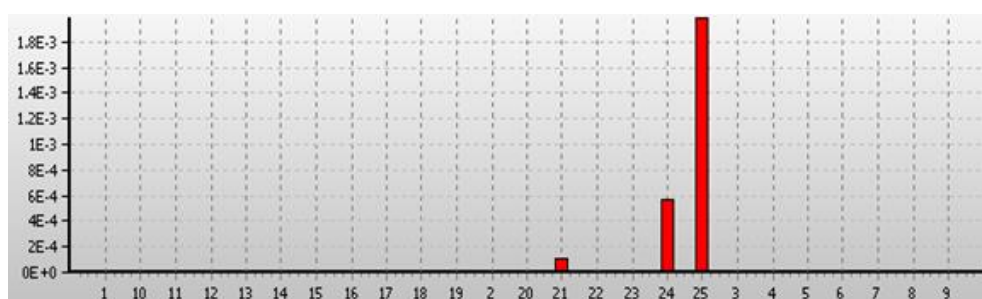


Рис. 2. Диаграмма положительных вкладов элементов системы для работоспособного состояния всех элементов

На основании проведенного анализа изменения показателей надежности и положительных вкладов элементов, можно выделять группы оборудования, отказы которых приводят к наибольшему снижению надежности или значимость которых превышает допустимое значение. Таким образом реализуется систематизация оборудования СЭС на основе анализа изменения показателей надежности. Элементы, для которых необходимо применять более точные методы оценки технического состояния обладают наибольшими отклонениями показателей надежности или высокими положительными вкладами. Для выбранной схемы таким оборудованием является кабель, питающий передвижную подстанцию и выключатель (№7).

Результатом является разработанный подход по систематизации оборудования не должен противоречить принятым программа планово-предупредительных ремонтов, результаты ранжирования элементов должны лишь давать рекомендации по усиленному контролю технического состояния оборудования для реализации обслуживания по результатам технического диагностирования.

Список литературы:

1. Назарычев, А. Н. Оценка надёжности систем электроснабжения на основе специализированного программного обеспечения с учетом технического состояния электрооборудования / Назарычев А. Н., Бабанова И. С., Пугачев А. А., Андреев Д. А., Петров. Материалы 94-го заседания Международного научного семинара, выпуск 73, Иркутск, 2022.
2. Назарычев, А. Н. Метод синтеза топологии систем электроснабжения предприятий ТЭК на основе логико-вероятностных оценок надежности / Назарычев А. Н., Устинов Д. А., Бабулин С. В., Пугачев А. А., Бабанова И. С. Материалы 95-го заседания Международного научного семинара. Том Выпуск 74. Отв. редактор В.А. Стенников. Иркутск, 2023.
3. Бабанова, И. С., Соловьев С. С. Повышение энергоэффективности и надежности горных предприятий на основе анализа графиков электрических нагрузок Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2023. – № 1(71). – С. 28–44. – DOI: 10.53015/18159958_2023_19_1_28.

Научный руководитель: Назарычев Александр Николаевич, д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Юрченко Яна Александровна^{1*}
Харитонов Евгений Васильевич²
Миннахметов Фирдус Фидаилевич¹
Гафуров Наиль Рустемович²
Валеев Эмиль Русланович²

¹ ФГБОУ ВО «КНИТУ», Казань, Россия

² ГБОУ ВО АГТУ ВШН, Альметьевск, Россия

* yanayurchenko0407@gmail.com

Применение цифровых двойников для анализа и оптимизации испытаний реагентов на лабораторных стендах для трубопроводного транспорта

Аннотация. Целью данной работы является разработка и применение цифровых двойников для анализа и оптимизации испытаний реагентов на лабораторных стендах, используемых в трубопроводном транспорте. Основные проблемы включают необходимость повышения надежности и эффективности трубопроводных систем, а также минимизацию затрат на обслуживание и ремонт. Актуальность исследования обусловлена растущими требованиями к безопасности и надежности трубопроводных систем, а также необходимостью внедрения передовых технологий для оптимизации процессов. В результате исследования была создана модель цифрового двойника лабораторного стенда, которая позволила проводить детальные исследования. Это позволило выявить потенциальные проблемы и внести необходимые корректировки до начала эксплуатации.

Ключевые слова: цифровой двойник, лабораторный стенд, трубопроводный транспорт, оптимизация, надежность, эффективность, моделирование.

Yana A. Yurchenko^{1*}
Evgeny V. Kharitonov²
Firdus F. Minnakhmetov¹
Nail R. Gafurov²
Emil R. Valeev²

¹ KNRTU, Kazan, Russia

² ASTU HSP, Almetьевsk, Russia

* yanayurchenko0407@gmail.com

The use of digital doubles for the analysis and optimization of reagent tests on laboratory stands for pipeline transport

Abstract. The purpose of this work is to develop and apply digital doubles for the analysis and optimization of reagent tests on laboratory stands used in pipeline transport. The main challenges include the need to improve the reliability and efficiency of pipeline systems, as well as minimize maintenance and repair costs. The relevance of the study is due to the growing requirements for the safety and reliability of pipeline systems, as well as the need to introduce advanced technologies to optimize processes. As a result of the research, a digital twin model of the laboratory stand was created, which allowed for detailed research. This made it possible to identify potential problems and make the necessary adjustments before the start of operation.

Keywords: digital twin, laboratory stand, pipeline transport, optimization, reliability, efficiency, modeling.

Термин «цифровой двойник» введен доктором Майклом Гривзом в Мичиганском университете в 2001–2002 гг. Первоначально он определил его в контексте прикладного программного обеспечения для управления жизненным циклом продукта, именуемого PLM-системами (англ. Product lifecycle management) [1, 2].

В качестве преимуществ цифровых двойников можно выделить следующие: снижение эксплуатационных расходов; оценка текущих и будущих возможностей системы

в течение ее жизненного цикла; раннее выявление недостатков производительности системы путем моделирования результатов еще до разработки физических процессов и продуктов. К недостаткам технологии цифровых двойников нефтегазовых объектов следует отнести то, что создание цифровых двойников требует целенаправленной и многофункциональной команды, включая специалистов в области методов и технологий искусственного интеллекта [3].

Создание цифрового двойника лабораторного стенда для испытания реагентов для трубопроводного транспорта включает несколько ключевых этапов, которые позволяют создать точную и функциональную виртуальную копию физического объекта и процесса.

На этапе комплексного изучения оригинала объекта был произведено детальное исследование существующего объекта, а также сбор и формирование базы данных всех необходимых данных о характеристиках, свойствах и процессах для формирования нейронной сети.

Нейронные сети будут обучаться на основе исторических данных о работе модельной установки магистрального трубопровода, способной создать схожие на реальные условия транспортировки нефти. Для машинного обучения необходима информация о давлении, температуре, скорости потока и других критических параметрах [4].

На этапе формирования виртуальной модели была создана 3D-модель объекта в программном пакете КОМПАС-3D (рис. 1), которая позволила создавать точные трехмерные модели изделий, при помощи инструментов для оптимизации моделей с учетом множества параметров и топологических изменений.

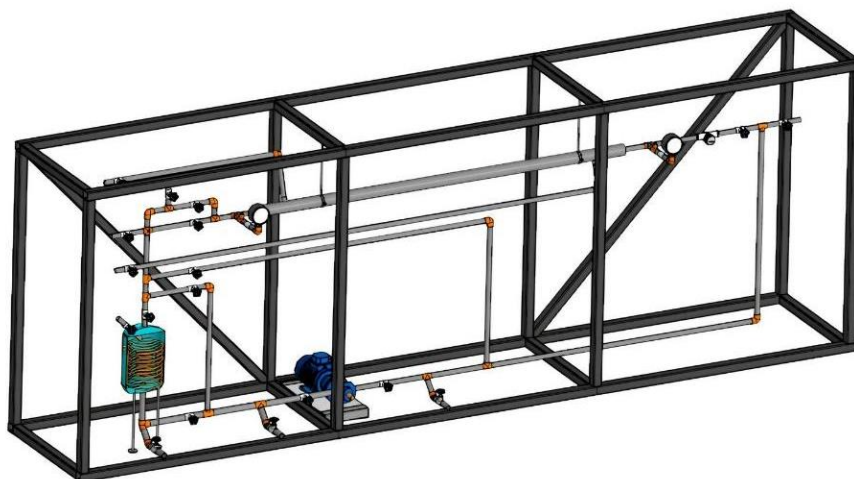


Рис. 1. 3D модель лабораторного стенда для испытания реагентов для трубопроводного транспорта

Для повышения эффективности процесса перекачки используются химические добавки для повышения пропускной способности трубопроводов – противотурбулентные присадки или реологические добавки, улучшающие характеристики перекачиваемого продукта [5, 6].

С помощью программы Flow Vision, которая предоставляет широкий спектр возможностей для компьютерного моделирования, был произведен расчет движения потоков жидкости лабораторного стенда для испытания реагентов для трубопроводного транспорта (рис. 2).

Программа FlowVision предоставляет мощные инструменты для компьютерного моделирования потоков в лабораторных стендах, позволяя точно воспроизводить и анализировать сложные динамические процессы, включая турбулентные течения, теплоперенос, горение и массоперенос, что делает ее незаменимым инструментом для научных и инженерных исследований.



Рис. 2. Эффективность ПТП от циркуляционных циклов

Область применения цифровых двойников охватывает сферу промышленного транспорта нефтепродуктов, учитывая технологические и эксплуатационные характеристики. Основная цель заключается в определении технологических параметров транспортировки нефтепродуктов, максимально приближенных к оптимальным, и оптимизации самого процесса с использованием различных математических моделей процессов перекачки.

В качестве входных параметров выступают:

1. Входная температура (°C)
2. Расход (кг/час)
3. Состав (% масс.)
4. Структура трубопроводной сети с арматурой
5. Длина трубопровода
6. Давление на выходе
7. Давление на входе
8. Материал трубопровода

В результате выполненной работы был произведен сбор и формирование базы данных всех необходимых данных о характеристиках, свойствах и процессах. Создана 3D-модель объекта в программном пакете КОМПАС-3D, которая позволила визуализировать сложные геометрические формы с высокой точностью, проводить расчеты напряженно-деформированного состояния с использованием прикладной библиотеки КОМПАС-SHAFT, генерировать конструкторскую документацию для дальнейшей работы, передавать данные в другие системы через стандартные форматы обмена, такие как IGES и SAT, автоматизировать процесс проектирования и сократить время на разработку. Создана гидродинамическая модель движения потоков жидкости лабораторного стенда для испытания реагентов для трубопроводного транспорта. Последующее использование математической модели поможет оптимизировать условия испытаний. Модель позволит точно предсказывать поведение реагентов в различных термобарических условиях, что позволит более эффективно проводить испытания.

Список литературы

1. Еремин Н. А., Мельников И. В., Бобриков Н. М. и др. Применение комплексных алгоритмов управления газодобычей как элементов цифрового двойника технологического комплекса Бованенковского НГКМ // Газовая промышленность. 2019. № 6(785). С. 42–49.
2. Еремин Н. А., Еремин Ал. Н. Цифровой двойник в нефтегазовом производстве // Нефть. Газ. Новации. 2018. № 12. С. 14–17.
3. Столяров В. Е., Еремин Н. А., Еремин Ал. Н., Басниева И. К. Цифровые газовые скважины: состояние и перспективы // Нефтепромысловое дело. 2018. № 7. С. 48–55. <https://doi.org/10.30713/0207-2351-2018-7-48-55>.

4. Миннахметов Ф. Ф., Юрченко Я. А., Гафуров Н. Р., Байбекова Л. Р., Харитонов Е. В., Шарифуллин А. В. Применение нейронной сети в использовании модельной установки магистрального трубопровода для улучшения расчетной проработки объектов добычи и транспортировки нефти // Сборник научных трудов по материалам VIII Международной молодежной научной конференции «TATARSTAN UREXPRO 2024», Казань. – 2024. – С. 163–166.
5. Е. В. Харитонов, К. Ю. Антонова, А. В. Шарифуллин, Л. Р. Байбекова, Я. А. Юрченко, Ф. Ф. Миннахметов, Н. Р. Гафуров, [и др.] Влияние гиперразветвленного полимера на значения вязкости для трубопроводной перекачки жидких углеводородов // Вестник Технологического университета. – 2024. – Т. 27, № 5. – С. 100-104. – DOI 10.55421/1998-7072_2024_27_5_100. – EDN KFZBRE.
6. Харитонов Е. В., Шарифуллин А. В., Байбекова Л. Р., Пестерникова Г. Г., Гафуров Н. Р., Юрченко Я. А., Миннахметов Ф. Ф., Дусметова Г. И. Исследования промышленных гиперразветвленных полимеров для трубопроводной перекачки вязких нефтяных сред // Нефтяная провинция. – 2024. – № 2(38). – С. 204–219. – DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2024.2.204-219>. – EDN CMJSJA.

Научный руководитель: Байбекова Лия Рафаэльовна, кандидат технических наук, доцент кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, ФГБОУ ВО «КНИТУ», Казань, Россия; Шарифуллин Андрей Виленович, доктор технических наук, профессор кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, ФГБОУ ВО «КНИТУ», Казань, Россия.

Секция 13. СОВРЕМЕННЫЕ СОЦИОГУМАНИТАРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА

УДК 504.03

Зинько Андрей Федорович*

Забелин Михаил Дмитриевич**

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург, Россия*

* andreyzinko2005@gmail.com

** s230392@stud.spmi.ru

Перспективы использования менеджмента знаний для дополнения экологического мировоззрения

Аннотация. Вот уже девять лет ООН работает на достижение целей устойчивого развития. Решение такой масштабной задачи требует одновременно уделения внимания экологическим, социологическим и экономическим вопросам. В связи с различиями этих сфер возникает проблема восприятия их как единой системы. В частности, экология противопоставляется добывающему сектору экономики, из-за чего в современном экологическом мировоззрении существует противостояние «или экология, или добыча ископаемых ресурсов», в то время как необходимо рассматривать «и добыча, и экология». Так, например, идеи перехода на возобновляемые источники энергии зачастую не учитывают тот ущерб, который может нанести добыча необходимых для этого материалов. В ходе работы были рассмотрены перспективы возможного решения проблемы фрагментарности экологического мировоззрения за счёт системы менеджмента знаний. В процессе работы использовались методы логического и статистического анализа.

Ключевые слова: менеджмент знаний, информационный анализ, экологические проблемы, управление предприятием, устойчивое развитие.

Andrey F. Zinko*

Michail D. Zabelin**

*Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia*

* andreyzinko2005@gmail.com

** s230392@stud.spmi.ru

Prospects for using knowledge management in order to complement an ecological worldview

Abstract. The United Nations has been pursuing the sustainable development goals for nine years already. Reaching the challenging goal involves focusing attention on ecological, social and economic questions simultaneously. As those spheres are considerably dissimilar, there seems to be a problem of perceiving them as a unified system. In particular, ecology is usually opposed to mining industry in the economic sector causing a conflict “ecology or mining”, whereas “ecology and mining” sounds more sustainable. The consequences of such perception are numerous, for example, the concept of energy transition does not usually consider the harm to the environment caused by extracting resources necessary for the transition. The research presents an elaborated solution of the problem of fragmented ecological outlook by applying the system of knowledge management. In the research methods of logical and statistical analysis were used.

Keywords: knowledge management, informational analysis, ecological problems, enterprise management, sustainable development.

Проблемы, связанные с экологией, уже долгое время являются одними из самых обсуждаемых за последние несколько десятков лет. Человечество не только прогнозирует многочисленные возможные негативные последствия необдуманной эксплуатации природных ресурсов, но и сталкивается с ними в реальном времени.

Однако, как любая быстро развивающаяся и широко обсуждаемая в обществе, тема защиты природы и безотходного производства имеет риск сформировать определённые стереотипы. В рассматриваемом случае многие из них связаны с тем, что целый ряд предприятий и, следовательно, производственный комплекс в целом, существует на стыке необходимости одновременно удовлетворять экономические, социальные и экологические потребности общества, что непросто осуществить без выделения одной из вышеперечисленных сфер, как наиболее важной. Например, одной из основ промышленного развития является работа минерально-добывающего комплекса, который оказывает техногенное воздействие на природу в процессе своей работы, вызывая многочисленные последствия для окружающей среды, и вместе с тем социо-экономическое, производя чистую прибыль и создавая рабочие места и необходимые условия для функционирования других комплексов производства. Зачастую, уделить внимание одной из сфер, не обделив при этом другие, практически невозможно.

Это приводит к тому, что среди людей (потенциально – и на различных ступенях управления некоторыми предприятиями, влияющими на экологию) формируется, к примеру, ошибочное представление о том, что экономическая выгода прямо противопоставляется экологической безопасности или, напротив, продукт, который имеет сниженное воздействие на окружающую среду в процессе своей эксплуатации, признаётся приоритетным к производству, невзирая на сопутствующий ущерб, наносимый природе в процессе его изготовления или утилизации (как, например, произошло с электромобилями). В свою очередь подобная предвзятость, особенно когда она является умышленной и используется в качестве маркетингового хода для максимизации прибыли или повышения конкурентоспособности, может вызывать ответную реакцию в виде разочарования и потери интереса к решению экологических вопросов в целом, признание их надуманными, привлекающими излишнее внимание. В текущей общемировой обстановке подобную деформацию общественного мнения нельзя допускать, так как реальное решение экологических вопросов находится в ряде важнейших приоритетов, сопряжённых с устойчивым развитием, а для его достижения необходимо рассмотреть проблему в полной мере, активно.

Следовательно, в стремлении к наиболее полному удовлетворению всех трех сфер потребностей (экономической, социальной, экологической) при попытке уделить максимально возможное внимание каждой из них, у каждого отдельно взятого предприятия появляется запрос на методы максимально объективной систематизации и оценки информации, связанной с поставленными задачами. При этом необходимо, чтобы на одно и то же потенциальное решение какой-либо проблемы можно было взглянуть как с разных сторон для многогранной его оценки, так и рассмотреть в целом для вынесения окончательного вердикта.

Процесс принятия подобных решений, требующих комплексного анализа, можно упростить при помощи интеграции в него системы управления знаниями. Она представляет собой организованную систему для сбора знаний и навыков и последующей передачи их внутри компании. Эта концепция появилась несколько десятилетий тому назад на заре развития современной системы информационных коммуникаций и практически всегда обсуждается только в контексте корпоративного использования, поскольку за этот период времени находила там наибольшее количество возможностей для применения. При этом от простого накопления опыта и предоставления доступа к нему сотрудникам

(подобные процессы в том или ином виде существовали в любой организации) она отличается наличием высокоорганизованной среды, которая позволяет делать это быстро и эффективно. В такой среде, где сотрудникам предоставлены все инструменты, необходимые для достижения успеха, где поощряются их рост и новые идеи, работа выполняется более эффективно. При этом лёгкий доступ, внутренняя структуризация и извлечение не позволят данным потерять свою ценность и удобство в использовании при их продолжительном накоплении.

Развитие современных технологий в сферах, связанных с большими данными и искусственным интеллектом, позволяющих ускорять процессы работы подобных систем в разы, делают их более полезными с каждым днём, а благодаря тому, что к одной системе управления знаниями подключены, как правило, специалисты в различных сферах, пытающиеся добиться одной большой общей цели, на выходе получается пересечение большого количества знаний из различных, но при этом связанных с одной и той же темой данных. Это значительно упрощает процесс получения выборки информации по конкретной теме, а также позволяет вырабатывать совершенно новые решения, ранее незаметные из-за отсутствия необходимого контекста для их изобретения. Поэтому управление знаниями очень ценно для компаний любого размера, вне зависимости от направленности их деятельности, ведь любую комплексную работу можно упростить при наличии доступа к обширному количеству хорошо организованной информации.

Одной из проблем, по отношению к решению которой можно применить систему управления знаниями, является проблема сохранения баланса между экологичностью предприятия и его эффективностью с точки зрения качества и объема производства. При помощи совместного анализа данных и использования умений и навыков всех кадров предприятия, качественно повысив их эффективность, можно добиться взаимной интеграции разработок, предложенных экономистами, инженерами, экологами и другими специалистами, чья помощь может понадобиться для разработки необходимого ответа на поставленный вопрос. Таким образом, в распоряжении каждого сотрудника будет находиться инструментарий, который позволит как увеличить его личную отдачу, так и помочь при необходимости. К тому же, при достаточном уровне организации и автоматизации этой системы появляется возможность создавать решения в реальном времени неотрывно от производственного процесса, что повышает общую адаптивность и конкурентоспособность всей компании, а также позволяет подобрать необходимый метод к каждой отдельной ситуации, параллельно устраняя возможные ошибки.

Список литературы

1. Виноградов П. Н. Социально-экологическое мышление как условие осуществления выбора способа решения экологических проблем. // Герценовские чтения: психологические исследования в образовании. – 2019. – Выпуск 2 – С. 780–786.
2. Ивановский Б. Г. Проблемы и перспективы перехода к “зелёной” энергетике: опыт разных стран мира. (Обзор) // Экономические и социальные проблемы России. – 2022. – №1. – С. 58–78.
3. Jovanović, V.; Stanković, S.; Krstić, V. Environmental, Social and Economic Sustainability in Mining Companies as a Result of the Interaction between Knowledge Management and Green Innovation – The SEM Approach. Sustainability – 2023. – 15. – 12122.
4. Dinko Herman Boikanyo, Ronnie Lotriet and Pieter W. Buys (2016). Investigating the use of knowledge management as a management tool in the mining industry. Problems and Perspectives in Management (open-access), 14 (1-1).

Научный руководитель: *Герасимова Ирина Геннадьевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры иностранных языков, заведующий кафедрой иностранных языков, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.*

Осипова Марина Сергеевна*
Сысоева Екатерина Александровна
Никитина Екатерина Александровна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия

* OsipovaMS@mpei.ru

Перспективы академической мобильности для студентов технических вузов в изучении китайского языка: возможности и вызовы

Аннотация. С ростом экономики Китая вырос спрос на изучение китайского языка. Техническими вузами России активно ведется подготовка кадров для топливно-энергетического комплекса. В статье рассматриваются перспективы академической мобильности для студентов технических вузов в контексте изучения китайского языка, а также возможности и вызовы, с которыми они могут столкнуться. Приведены примеры программ академической мобильности НИУ «МЭИ», способствующих развитию языковых компетенций студентов.

Ключевые слова: академическая мобильность, технический вуз, иностранный язык, китайский язык, топливно-энергетический комплекс.

Marina S. Osipova*
Ekaterina A. Sysoeva
Ekaterina A. Nikitina

National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow, Russia

* OsipovaMS@mpei.ru

Prospects for academic mobility for students of technical universities in studying the Chinese language: opportunities and challenges

Abstract. With the growth of China's economy, the demand for learning Chinese has increased. Technical universities are actively training personnel for the fuel and energy complex. The article examines the prospects for academic mobility for technical university students in the context of studying Chinese, as well as the opportunities and challenges they may face. Examples of academic mobility programs of the MPEI are given that contribute to the development of students' language competencies.

Keywords: academic mobility, technical university, foreign language, Chinese language, fuel and energy complex.

В условиях глобализации и интеграции образовательных систем академическая мобильность становится важным инструментом для студентов, особенно в технических вузах [1, 2]. Изучение китайского языка, который занимает ключевую позицию в международной коммуникации и бизнесе, открывает новые горизонты для студентов [3]. В данной статье рассматриваются перспективы академической мобильности для студентов технических вузов в контексте изучения китайского языка, а также возможности и вызовы, с которыми они могут столкнуться.

В рамках стипендиальных, долгосрочных и краткосрочных программах студенты технических вузов получают возможность приобретения дополнительных компетенций, совершенствования языковой подготовки, познакомиться с культурой других стран и обрести новые контакты [4, 5].

Обучающиеся ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ» (далее – НИУ «МЭИ») принимали участие в следующих разновидностях программ международной академической мобильности: летние и зимние школы, языковые курсы, международные конференции и форумы, обучение по стипендии Президента РФ для обучения за рубежом, обучение по стипендии

Правительства КНР и т.д. Более 190 студентов и аспирантов НИУ «МЭИ» прошли обучение за последние 3 года в ведущих университетах Китая. Обучение проходило в очном и дистанционном формате.

Возможности академической мобильности:

1. *Доступ к качественному образованию.* Китайские университеты, такие как Сианьский Цзяо-Тун университет, Харбинский и Пекинский политехнические институты предлагают высококачественные программы, включая технические дисциплины и изучение китайского языка. Академическая мобильность позволяет студентам получить знания от ведущих специалистов и погрузиться в уникальную образовательную среду.

2. *Культурное обогащение.* Проживание в Китае дает студентам возможность не только изучать язык, но и погружаться в культуру страны. Это способствует лучшему пониманию языка и его нюансов, а также формирует межкультурные компетенции, которые необходимы в глобальном мире.

3. *Расширение профессиональных горизонтов.* Знание китайского языка открывает двери к международным карьерным возможностям. Китай является одним из крупнейших экономических игроков на мировой арене, и специалисты, владеющие китайским языком, становятся более конкурентоспособными на рынке труда.

4. *Сетевые возможности.* Академическая мобильность позволяет студентам установить контакты с коллегами из Китая и других стран. Эти связи могут стать основой для будущих совместных проектов и исследований.

Вызовы академической мобильности

1. *Языковой барьер.* Одним из основных вызовов является необходимость изучения китайского языка на достаточном уровне для успешного обучения. Студенты могут столкнуться с трудностями в понимании лекций и выполнении заданий.

2. *Культурные различия.* Адаптация к новой культурной среде может быть сложной. Разные подходы к обучению, общению и взаимодействию могут вызвать стресс и недопонимание.

3. *Финансовые затраты.* Академическая мобильность часто требует значительных финансовых вложений – от оплаты обучения до проживания и питания. Не все студенты имеют возможность покрыть эти расходы.

4. *Необходимость подготовки.* Для успешной академической мобильности студенты должны заранее подготовиться, изучая основы китайского языка и культуры. Это требует времени и усилий, что может быть сложно в условиях загруженного учебного графика.

Таким образом, академическая мобильность для студентов технических вузов в изучении китайского языка представляет собой значительные возможности для профессионального и личностного роста. Однако, чтобы воспользоваться этими преимуществами, необходимо преодолеть ряд вызовов. Важно, чтобы образовательные учреждения поддерживали студентов в этом процессе, предоставляя необходимые ресурсы и информацию о возможностях стажировок и обменов. С правильным подходом академическая мобильность может стать мощным инструментом для формирования нового поколения специалистов топливно-энергетического комплекса, готовых к вызовам глобального мира.

Список литературы

1. Кетоева, Н. Л. Академическая мобильность студента как фактор формирования ключевых компетенций выпускника в условиях цифровой экономики. / Н. Л. Кетоева, М. А. Киселева, М. Т. Заргарян, Е. А. Сысоева // Журнал «Экономика и предпринимательство». – 2020. – № 8. – С. 1297–1301.
2. Тарасов, А. Е. Гуманитарное образование как элемент развития экспорта образовательных услуг технического университета / А. Е. Тарасов, Ю. В. Соколова // Гуманитарные знания в XXI веке: вызовы, ценности, перспективы: сб. науч. работ. – М.: Изд-во МЭИ, 2023. – С. 14–20.
3. Горстка, Д. Н. Китайский язык для специальных целей как перспективная дисциплина в технических вузах // Непрерывное образование: XXI век. – 2023. – Вып. 4 (44). [электронный ресурс]

4. Извекова, Т. Ф. Особенности коммуникативных умений в структуре профессиональной компетентности современного специалиста / Т. Ф. Извекова, К. Н. Кислицын, А. Е. Тарасов // Довузовский этап обучения в России и мире: язык, адаптация, социум, специальность. актуальные вопросы реализации образовательных программ на подготовительных факультетах для иностранных граждан: сб. науч. работ. – М.: Изд-во: Гос. институт русского языка им. А. С. Пушкина, 2022. – С. 188–192.

5. Психолого-педагогические аспекты работы с иностранными обучающимися в современных условиях: монография [Текст] / Т. Ф. Извекова, Т. Н. Гриневецкая, Е. Г. Гуличева [и др.]. – Новосибирск: ИПЦ НГМУ, 2024. – 118 с.

Научный руководитель: Гуличева Елена Геннадьевна, кандидат экономических наук, директор по международному сотрудничеству, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия.

Секция 14. ГЕОМЕХАНИКА И МЕХАНИКА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ГЕОТЕХНИКА

УДК 624.131.7

Ананьев Андрей Александрович*

Вагурина Александра Викторовна**

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия,*

* *andrej.3@mail.ru*

** *alexandra.vagurina@yandex.ru*

Исследование параметров консолидации илов района Кларион-Клиппертон

Аннотация. В связи с отсутствием необходимых сведений о консолидационных параметрах илистых грунтов океанского дна, планы по добыче редких полезных ископаемых дна Мирового океана не доходят до практической реализации. В публикации предлагается методика определения коэффициентов фильтрации, сжимаемости и консолидации илистых грунтов океанских испытательных полигонов. Предложенная методика основывается на результатах анализа физико-механических свойств глубоководных океанических илов, поиске методов проведения испытаний грунтов и обработки полученных результатов лабораторных испытаний. Полученные численные значения консолидационных параметров могут быть использованы для оценки сжимаемости глубоководных илистых оснований добычных роботов по модели фильтрационной консолидации грунта.

Ключевые слова: океанский ил, сжимаемость, коэффициент фильтрации, гидравлический градиент, коэффициент консолидации, коэффициент сжимаемости.

Andrey A. Ananiev*

Alexandra V. Vagurina**

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia,

* *andrej.3@mail.ru*

** *alexandra.vagurina@yandex.ru*

Research of Silt Consolidation Parameters in The Clarion-Clipperton Region

Abstract. Due to the lack of necessary information on the consolidation parameters of the muddy soils of the ocean floor, plans for the extraction of rare minerals of the bottom of the World Ocean do not reach practical implementation. The publication proposes a method for determining the coefficients of filtration, compressibility and consolidation of silt soils of ocean test sites conducting soil tests and processing the results of laboratory tests. The obtained numerical values of consolidation parameters can be used to assess the compressibility of deep-sea mud beds of mining robots using the soil filtration consolidation model.

Keywords: ocean silt, compressibility, filtration coefficient, hydraulic gradient, consolidation coefficient, compressibility coefficient.

В настоящее время инновационные планы по добыче редких полезных ископаемых дна Мирового океана (марганца, никеля, меди, кобальта) не реализуются на практике. Одной из причин указанной тенденции является отсутствие необходимых и достаточных сведений о консолидационных параметрах грунтов, слагающих глубоководные основания океанского дна.

Российская Федерация обладает ресурсом разведочного участка 640 млн. т рудной массы железомарганцевых конкреций в районе Кларион-Клиппертон Тихого океана. Отбор образцов донного грунта в районе Кларион-Клиппертон производился при помощи коробчатого пробоотборника на научно-исследовательском судне «Академик Александр Карпинский». Глубоководные роботы для сбора железомарганцевых конкреций изготавливаются как за рубежом (Бельгия, Китай), так и на территории России. Актуален вопрос о значимости нагрузки от веса добычного робота (установки) на слабые глинистые илы и о превышении ею значения структурной прочности (т.е. первой критической нагрузки на грунт) илистого основания.

Научная работа подразумевала под собой использование следующих методов:

1. Лабораторное определение физических характеристик донного грунта -влажности; плотности и плотности частиц грунта в соответствии с ГОСТ 5180-2015
2. Определение аналитическим методом физических характеристик донного грунта – пористости и коэффициента пористости. Определение плотности частиц грунта осуществлялось после обессоливания образцов.
3. Лабораторное определение коэффициентов сжимаемости, фильтрации и консолидации илов океанских испытательных полигонов.
4. Обработка и анализ результатов лабораторных испытаний.

Статистическая обработка лабораторных испытаний по определению коэффициента фильтрации и начального градиента напора проводилась по методу наименьших квадратов. Определение деформационных характеристик проводилось при ступенях давления, не превышающих структурную прочность грунта (ступени давления $p = 0,005, 0,010, 0,030, 0,050$ МПа).

Результаты лабораторных и аналитических исследований могут быть сведены к нижеперечисленным:

1. Лабораторные исследования водопроницаемости океанских илов не позволили выявить у них наличия начального градиента фильтрации.
2. Значения параметров консолидации проб океанских илов 4 полигонов находятся в пределах:
 - коэффициент фильтрации 10^{-5} – 10^{-6} см/с;
 - коэффициент сжимаемости 3–6 МПа⁻¹;
 - коэффициент консолидации, определенный прямым (расчетным) методом 1,2–3 см²/мин; косвенными методами (логарифмический, квадратного корня из времени) 0,02–0,05 см²/мин.
3. Сравнение результатов определения параметров консолидации косвенными методами указывает на их хорошую сходимость; результаты определения коэффициента консолидации прямым и косвенными методами различаются на два порядка.
4. Наименьшую сжимаемость и скорость фильтрации имеют океанские илы полигона 4.

Был проведен аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы в тематике исследования закономерностей поведения илистых грунтов под нагрузкой. Исследованием глубоководных илистых грунтов занимались отечественные ученые Анянцев А.А., проф. Бронин В.Н., проф. Далматов Б.И.

По строительной классификации донный грунт можно отнести к илам глинистым текучим очень сильно деформируемым чрезвычайно низкой прочности (в соответствии с ГОСТ 25100–2020). Особенности донного грунта: высокая дисперсность, полная водонасыщенность, отсутствие газов в свободном и растворенном виде, текучая консистенция, тиксотропия. Донный грунт представляет собой идеальную двухфазную систему – грунтовую массу. Полученные в рамках работы числовые значения параметров

консолидации могут быть использованы для оценки сжимаемости глубоководных илистых оснований добычных роботов (установок) по модели фильтрационной консолидации грунта.

Список литературы

1. Ананьев, А. А. Сопротивление сдвигу вязкого грунта океанского дна / А. А. Ананьев // Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении: Материалы научно-технической конференции, Новочеркасск, 28–30 сентября 2022 года. – Новочеркасск: ООО «Лик», 2022. – С. 267–277. – EDN GQHOSL.
2. Александров И. Л. Развитие исследований технологии глубоководной добычи железомарганцевых конкреций во Франции и Японии. – М.: Геоинформмарк, 1992. – 36 с.
3. Egorov, J. V, et al. Prospects for Development of Deep-water Machinery for Exploration and Exploitation of Polimetallic Sulphides in Russian Exploration Area (the Mid-Atlantic Ridge) // Proceedings of the Thirtieth International Ocean and Polar Engineering Conference 11–16 October, – Shanghai, 2020. Vol. 1 – P. 1–7.
4. Инженерная геология рудной провинции Кларион-Клиппертон в Тихом океане / Я. В. Неизвестнов, А. В. Кондратенко, С. А. Козлов, А. А. Ананьев. – СПб.: Изд-во Наука, 2004. – 260 с.
5. А.с. 1385798 СССР, МКИ G01№ 33/24. Стенд для исследования механических свойств океанских грунтов: № 4054746: заявл. 11.04.86 / Далматов Б. И., Бронин В. Н., Ананьев А. А. и Иванов В. А.; заявители: ЛИСИ и ВНИИОкеангеология. – 4 с.
6. Noorany J., Fuller J.T. Soil-machine interaction studies for manganese nodule mining //Annual offshore Technology conference. – Houston, Texas, 1982. – P. 445–446.
7. Neizvestnov J. V., Bronin V. N., Bakenov H. Z., Ananev A. A. Complex researches of reological parameters of ocean silt. // Proceedings of the International Colloquium on Viscoplasticity of Geomaterials, August, Second week. – Bucharest, Romania, 1990. – P. 18–21.
8. Воларович М. П., Лазовская Н. В. Определение реологических характеристик торфа с помощью ротационного вискозиметра РВ-4 / В кн. Новые физические методы исследования торфа. – М.-Л., 1960. – С. 110–118.
9. Ananyev, V. A. et al. 2014. Prediction of the Settlement of Subsea Production Unit in the Pacific Ocean. Proceedings of the International Geoengineering Conference "Current Geoengineering Technologies: R&D". Vol. 1. SPb:SPbGASU. pp. 527–536.
10. Neizvestnov, Y. V. et al. 2004. The Engineering Geology of Ore Mining Province Clarion-Clipperton in the Pacific Ocean. In Proceedings of RAS and RF Ministry of Natural Resources' Research Institute of Oceanology. Vol. SPb.: Nauka.

Научный руководитель: Ананьев Андрей Александрович, к.т.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия.

Особенности устройства буронабивных свай в вечномёрзлом грунте

Egor O. Bazhnichyn
Elena K. Baeva
Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia

Features of the installation of cast-in place piles in permafrost soil

Актуальность исследования заключается в том, что строительство в России неразрывно связано с вечной мерзлотой, которая занимает около 65 % территории страны. Использование вечномёрзлых грунтов в качестве основания для зданий связано с определёнными рисками, особенно при неправильной эксплуатации и недостаточном учёте их свойств в процессе строительства. Исследование процессов, происходящих в вечномёрзлых грунтах, служащих основанием для зданий на буронабивных сваях, позволит более точно и надёжно оценивать их несущую способность, а также моделировать процессы, возникающие при устройстве таких фундаментов.

Цель исследования заключается в изучении несущей способности буронабивной сваи с учетом изменения физико-механических характеристик вечномёрзлого грунта вследствие теплового воздействия на него.

Методы, используемые для изучения, подразделяются на 2 части: метод эмпирического исследования и метод численного моделирования. Для достижения цели исследования были изучены существующие источники отечественной и зарубежной литературы, а также построена и произведена симуляция тепловыделений при устройстве буронабивной сваи вследствие гидратации цемента в конечно-элементной модели в программном комплексе Frost.Термо.

В ходе анализа литературных источников были выделены различные причины тепловых изменений в грунте, возникающих при устройстве буронабивных свай. Во время бурения скважин возникает тепловое явление, связанное с преобразованием механической энергии разрушения грунта в тепловую при взаимодействии бурового инструмента с грунтом [1]. Основным источником тепловыделения является процесс гидратации, интенсивность которого зависит от количества цемента, состава смеси, а также длины и диаметра сваи [2-4].

На основании полевых наблюдений сделан вывод, что радиус зоны теплового возмущения вокруг оси сваи в целом в два раза превышает ее диаметр [5]. Значительное влияние на процесс обратного замерзания оказывает температура окружающей среды, так как с повышением среднегодовой температуры грунтов увеличивается и продолжительность обратного замерзания. При достаточно низкой температуре грунта процесс набора прочности бетона может остановиться, не дойдя до проектного значения, поэтому необходимо корректировать диаметр сваи и график выполнения работ [6].

Нагревание вечномёрзлых грунтов приводит к разрушению льдоцементных связей и переходу воды в жидкое фазовое состояние. Это, в свою очередь, вызывает изменения физико-механических свойств и может повлечь за собой, например, осадки и просадки сооружений.

Глобально на свойства вечномёрзлых грунтов влияет климатическое потепление, которое ведет к повышению средней годовой температуры грунта. Это может вызвать аварии в зданиях, возведенных с учетом первого принципа строительства на вечной мерзлоте. В результате увеличивается активный (деятельный) слой грунта (сезоннооттаиваю-

щий слой в зоне распространения вечной мерзлоты), что ведет к углублению кровли вечномерзлого грунта и снижению несущей способности свайных фундаментов из-за уменьшения площади их контакта с окружающим грунтом [7].

Однако применение проветриваемого подполья позволяет стабилизировать и понизить температуры в основании сооружения за счёт большей теплопроводности бетона по сравнению с грунтом [8]. Также с целью стабилизации и улучшения свойств грунтов применяют сезонно охлаждающие устройства и термосваи.

Таким образом, можно сделать вывод, что вечномерзлые грунты являются прочным основанием, способным при правильной эксплуатации здания служить долгие годы, улучшая свои характеристики. Однако следует детально изучить изменение свойств таких грунтов вследствие теплового воздействия на них при устройстве буронабивных свай, для чего необходимо решить следующие задачи:

Обосновать влияние температурного воздействия процессов устройства свай на изменение физико-механических характеристик вечномерзлых грунтов.

Получить и теоретически обосновать экспериментальные зависимости между степенью теплового воздействия на вечномерзлый грунт и изменением его физико-механических характеристик.

Разработать проект методики по оценке несущей способности свай в вечномерзлых грунтах на основе полученных зависимостей.

В ходе исследования были рассмотрены актуальные научные работы, посвященные изучению свойств вечномерзлых грунтов и причинам температурных изменений, возникающих при устройстве буронабивных свай в зонах распространения вечной мерзлоты.

Список литературы

1. Скрыбин Р. М., Яковлев Б. В., Тимофеев Н. Г., Иванов Х. Ю. О минимизации тепловыделения при бурении скважин по мерзлым породам // Вестник СВФУ. Серия «Науки о земле». – 2017. – № 4 (08). – С. 37–46.
2. Hou X., Chen J., Liu Y., Rui P., Zhao J., Zhang S., Dang H. Field observation of the thermal disturbance and freezeback processes of cast-in-place pile foundations in warm permafrost regions // Research in Cold and Arid Regions. 2023. Vol. 15, no 1. pp. 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.rcar.2023.04.001>.
3. Ефимов В. М., Рожин И. И., Попенко Ф. Е., Степанов А. В., Степанов А. А., Васильчук Ю. К. Устройство буронабивных свай в условиях криолитозоны центральной Якутии // Арктика и Антарктика. – 2018. – № 1. – С. 133–141. <https://doi.org/10.7256/2453-8922.2018.1.25936>.
4. Zhang J., Zhang Z., Zhang S., Brouchkov A., Xie C., Zhu S. Numerical simulation of the influence of pile geometry on the heat transfer process of foundation soil in permafrost regions // Case Studies in Thermal Engineering. 2022. Vol. 38. 102324. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102324>.
5. Hou X., Chen J., Jin H., Rui P., Zhao J., Mei Q. Thermal characteristics of cast-in-place pile foundations in warm permafrost at Beiluhe on interior Qinghai-Tibet Plateau: Field observations and numerical simulations // Soils and Foundations. 2020. Vol. 60, no 1. pp. 90–102. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2020.01.008>.
6. Gao Q., Wen Z., Ming F., Liu J., Zhang M., Wei Y. Applicability evaluation of cast-in-place bored pile in permafrost regions based on a temperature-tracking concrete hydration model // Applied Thermal Engineering. 2019. Vol. 149. pp. 484–491. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.12.09>.
7. Buslaev, G.; Tsvetkov, P.; Lavrik, A.; Kunshin, A.; Loseva, E.; Sidorov, D. Ensuring the Sustainability of Arctic Industrial Facilities under Conditions of Global Climate Change. Resources 2021, 10, 128. <https://doi.org/10.3390/resources10120128>.
8. Nazirov, R., Zhzhonykh, A., Vede, P., Andyuseva, A. Thermal performance assessment of pile foundations in permafrost soils. // J. Sib. Fed. Univ. Eng. & Technol. 2023, Vol. 16. no 5. pp. 535–541. EDN: BIVCAK.

Научный руководитель Бажничина Е.О.: Лосева Елизавета Сергеевна, к.т.н., ст. преподаватель, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.
Научный руководитель Бажной Е.К.: Трушко Владимир Леонидович, д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Подземная транспортная развязка в городе Витебск на пересечении проспекта Победы и Московского проспекта

Аннотация. Проектирование транспортной развязки с целью разгрузки трафика. При расчете использовались такие программные комплексы, как Revit и SOFiSTiK. сделаны выводы о самом выгодном расположении подземных сооружений в условиях поставленной задачи.

Ключевые слова: транспортная развязка, паркинг, тоннель, Revit, SOFiSTiK.

Aleksandr V. Danchikov
BNTU, Minsk, Belarus, alexandr.danchikov2002@mail.ru

Underground transport interchange in the city of Vitebsk at the intersection of Pobedy Avenue and Moskovsky Avenue

Abstract. The design of a transport interchange in order to unload traffic. For calculations were used such software packages such as Revit and SOFiSTiK. Was made a conclusion about the most advantageous location of underground structures in the terms of the task.

Keywords: transport interchange, parking, tunnel, Revit, SOFiSTiK.

Перекресток на пересечении проспекта Победы и Московского проспекта в городе Витебск является достаточно загруженным, из-за чего там часто бывают пробки (Рис. 1).

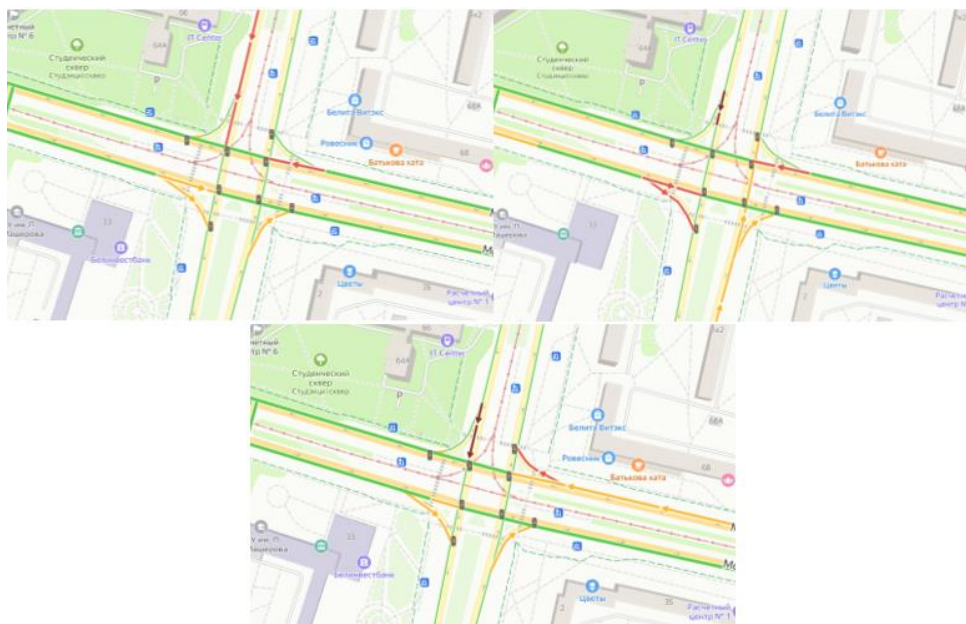


Рис. 1. Загруженность перекрестка

В связи с этим была поставлена задача разработать конструктивное решение, решающее данную проблему. Таким решением была выбрана подземная транспортная трехуровневая развязка с кольцевым движением (Рис. 2, 3). Данная развязка имеет по 2 полосы движения в прямом направлении, для поворота направо устроены съезды, а поворот налево и разворот осуществляются через кольцо.

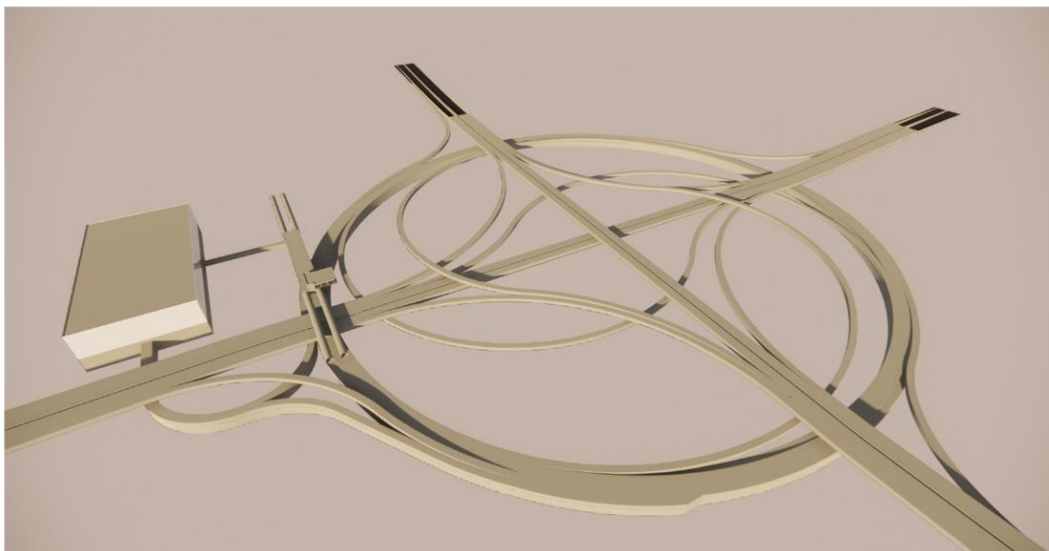


Рис. 2. Общий вид развязки



Рис. 3. Портал транспортной развязки

Для обеспечения парковочных мест был предусмотрен подземный многофункциональный комплекс с паркингом на нижних уровнях. Паркинг и развязка соединены между собой системой тоннелей.

Рядом с комплексом расположится станция метрополитена, к которой будет вести подземный переход, позволяющий более комфортно добираться до нее.

Модель транспортной развязки была выполнена в программном комплексе Revit. Далее на основании модели был выполнен расчет тоннелей развязки при помощи программного комплекса SOFiSTiK (Рис. 4).

Расчет включал в себя определение напряжений в грунте, а также определение внутренних усилий в элементах конструкции тоннелей. Нагрузки задавались исходя из расположения тоннелей на местности. Расчет происходил по основным сечениям тоннелей, расположенным на различных глубинах.

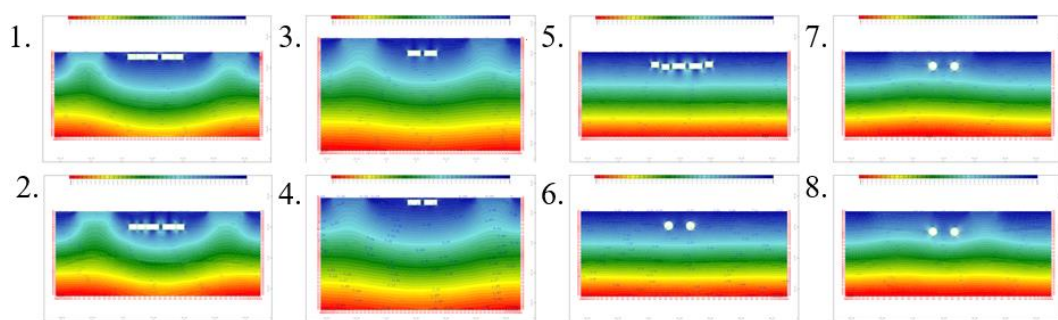


Рис. 4. Напряжения в грунте: 1, 2 – тоннели на глубинах 2 и 9 м; 3 и 4 – тоннели на глубинах 8,5 и 2 м; 5 – тоннели на глубинах 7 и 9 м; 6, 7 и 8 – тоннели метро на глубинах 7, 8 и 11 м

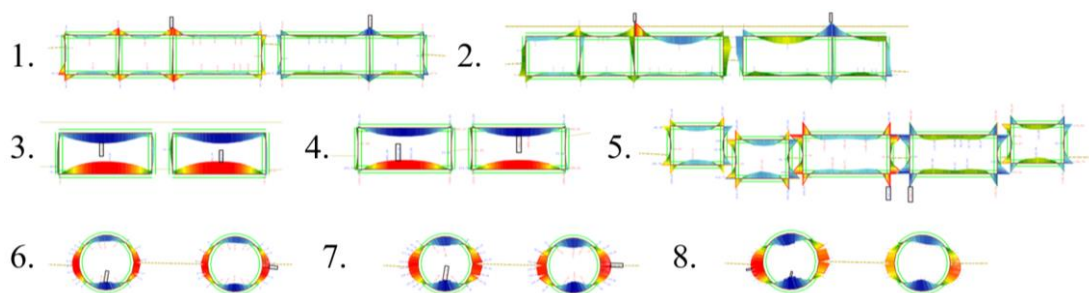


Рис. 5. Эпюры моментов М: 1, 2 – тоннели на глубинах 2 и 9 м; 3 и 4 – тоннели на глубинах 8,5 и 2 м; 5 – тоннели на глубинах 7 и 9 м; 6, 7 и 8 – тоннели метро на глубинах 7, 8 и 11 м

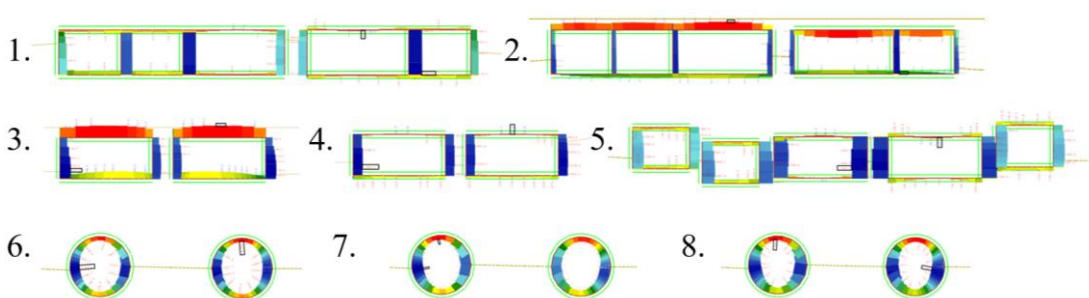


Рис. 6. Эпюры продольных усилий N: 1, 2 – тоннели на глубинах 2 и 9 м; 3 и 4 – тоннели на глубинах 8,5 и 2 м; 5 – тоннели на глубинах 7 и 9 м; 6, 7 и 8 – тоннели метро на глубинах 7, 8 и 11 м

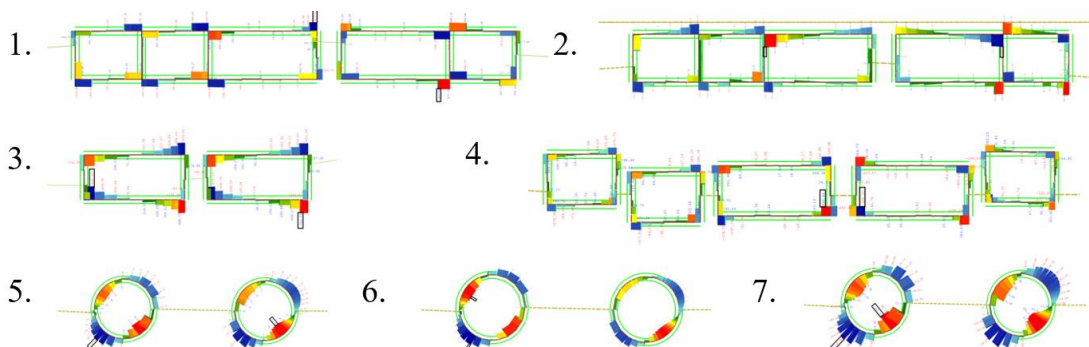


Рис. 7. Эпюры поперечных усилий Q: 1, 2 – тоннели на глубинах 2 и 9 м; 3 – тоннели на глубинах 8,5 и 2 м; 4 – тоннели на глубинах 7 и 9 м; 5, 6 и 7 – тоннели метро на глубинах 7, 8 и 11 м

Несущие элементы рассчитывались с учетом изменения глубины залегания тоннелей. По результатам расчета определялась оптимальная глубина для тоннелей с учетом несущей способности элементов их конструкций.

Научный руководитель: Яковлев Александр Александрович, старший преподаватель, БНТУ, Минск, Беларусь.

Совершенствование методик геотехнического сопровождения при строительстве подземных сооружений в плотных аргиллитоподобных глинистых породах

Аннотация. В данной работе рассматриваются проблемы, связанные с изучением породного массива с целью повышения достоверности прогноза геомеханических процессов при строительстве подземных сооружений, подчеркивается важность понимания геологического строения породного массива, формирования его напряженно-деформированного состояния. Объектом исследования являются плотные аргиллитоподобные Вендские глинистые породы в условиях Санкт-Петербурга, которые характеризуются изменчивостью свойств. Цель работы – разработать методический подход к обработке лабораторных результатов инженерно-геологических изысканий для улучшения прогноза напряженно-деформированного состояния. Выявлены наиболее влияющие на механическое поведение физические параметры, в частности зависимость одометрического модуля деформаций и модуля разгрузки от плотности естественного сложения. В исследовании рассмотрено численное моделирование грунтов, предложено, что задание неравномерного распределения свойств в массиве может уточнить результаты расчета и согласовать их с полевыми испытаниями.

Ключевые слова: литифицированные глинистые породы, распределение Вейбулла, прочность, деформируемость, изменчивость свойств, численное моделирование.

Daria M. Dmitrienko
Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, info@ddmitrienko.ru

Improving the methodology of geotechnical investigation during the construction of underground structures in very stiff lithified clay

Abstract. This paper examines the problems associated with the design of soil foundations during the construction of underground structures, emphasizing the importance of understanding the geological structure, the pattern of deformation and the formation of the stress state of the mass. The object of study is very stiff lithified Vendian clay in the conditions of St. Petersburg, which are characterized by variability of properties. The purpose of the work is to develop a methodological approach to processing laboratory results of engineering-geological surveys to improve the prediction of the stress-strain state. The physical parameters that most influence the mechanical behavior have been identified, in particular the dependence of the oedometeric deformation modulus and the unloading modulus on the density of the natural composition. The study examines numerical modeling of soils and suggests that specifying an uneven distribution of properties in a mass can clarify the calculation results and coordinate them with field tests.

Keywords: lithified clay, Weibull distribution, strength, deformability, variability of properties, numerical modelling.

При освоение подземного пространства городов значительное внимание уделяется вопросам прогнозирования геомеханических процессов, что в целом положительно сказывается на обеспечении промышленной безопасности при реализации проектов. Важным аспектом является изучение геологического строения массива и параметров, характеризующих его деформирование. Данную проблематику раскрыли в своих работах Дашко Р. Э. [1]. Оценка и прогноз напряженного состояния, влияющих на подземное сооружение, также является важным аспектом проектирования, который был раскрыт авторами: Прото-сеня А. Г., Карасев М. А., Беляков Н. А. [2]. Определение несущей способности различного

типа фундаментов и развитие оседания земной поверхности при строительстве подземных сооружений являются существенными проблематиками [3, 4].

В настоящей работе основное внимание уделено изучению изменчивости свойств пород в рамках одного инженерно-геологического элемента. В качестве объекта исследования были выбраны Вендские глины, являющиеся породами, в которых выполняется строительство значительного количества подземных сооружений г. Санкт-Петербург. Данные породы в среднем располагаются на глубинах 30–40 м от поверхности земли. Традиционно, при проектировании подземных сооружений, используются усредненные по глубине показатели физических и механических свойств данных пород. Однако, учет изменчивости свойств – отклонений от средних показателей – важен для определения прочностных и деформационных показателей оснований. В целом строение инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга хорошо описано в научной литературе [5]. Существуют различные подходы к учету моделирования изменчивости свойств грунтов в массиве [6, 7, 8], однако, стоит заметить, что данные методы инженерного проектирования оснований не изучались для условий Санкт-Петербурга.

В качестве основной цели данной научной работы выступает разработка методологического обеспечения обработки результатов инженерно-геологических изысканий для повышения достоверности прогноза напряженно-деформированного состояния породного массива на примере Вендских глинистых пород. Достижение повышения достоверности выполняется за счет представления массива как среды с неоднородным распределением механических характеристик в зависимости от физических параметров, установленных на основании обработки результатов лабораторных исследований. При выполнении исследований была принята следующая последовательность работы: 1) формирование представления о неоднородности глинистых пород; 2) получение статистического распределения на основании функции Вейбулла для исследуемой выборки пород; 3) изучение пространственной вариативности механических характеристик пород, формирование расчетной модели при помощи ПК SIMULIA Abaqus. При изучении неоднородности массива было обращено внимание на корреляцию зависимостей механических характеристик от физических параметров образцов. В особенности рассматривались физические параметры, полученные прямым методом в лабораторных условиях (плотность и влажности естественного сложения, влажности на пределе текучести и пластичности), а также косвенным методом (коэффициент пористости).

При определении механических параметров использовался критерий стабилизации напряжений и деформаций – учитывалась нарушенная структура образцов. Статистический анализ выполнялся согласно ГОСТ 20522-2012. Критерием наличия зависимости между параметрами была принята величина достоверности аппроксимации $R^2 = 70 \%$. Также из общего набора данных были составлены выборки в соответствии со степенью литификации глинистых пород классификации В. Д. Ломтадзе и в соответствии с процентным содержанием песчаных, пылеватых и глинистых частиц. Далее путем аппроксимации были получены функциональные зависимости механических характеристик от физических параметров. На основании теории Вейбулла были получены картины статистического распределения физических параметров в массиве в рамках одного инженерно-геологического элемента и одного рассматриваемого объекта строительства. Полученные вероятностные распределения физических параметров и функциональные зависимости от них механических характеристик были включены в расчетную модель при помощи языка программирования Fortran в ПК SIMULIA Abaqus. Для создания расчетной модели элементарного объема грунта использовалась абсолютно упругая модель деформирования.

Из всех рассмотренных зависимостей наиболее четко выраженной является зависимость одометрического модуля деформаций и модуля разгрузки от плотности естественного сложения. Однако, величина достоверности аппроксимации $R^2 = 46\text{--}50 \%$ (Рис. 1),

что не удовлетворяет критерию наличия зависимости между параметрами. Менее четко прослеживается привычная зависимость одометрического модуля деформаций и модуля разгрузки от коэффициента пористости. Величина достоверности аппроксимации $R^2 = 34\text{--}46\%$. С самой достоверной аппроксимацией $R^2 = 68,5\%$ была выявлена зависимость величины влажности на границе текучести от содержания глинистых частиц (Рис. 1в).

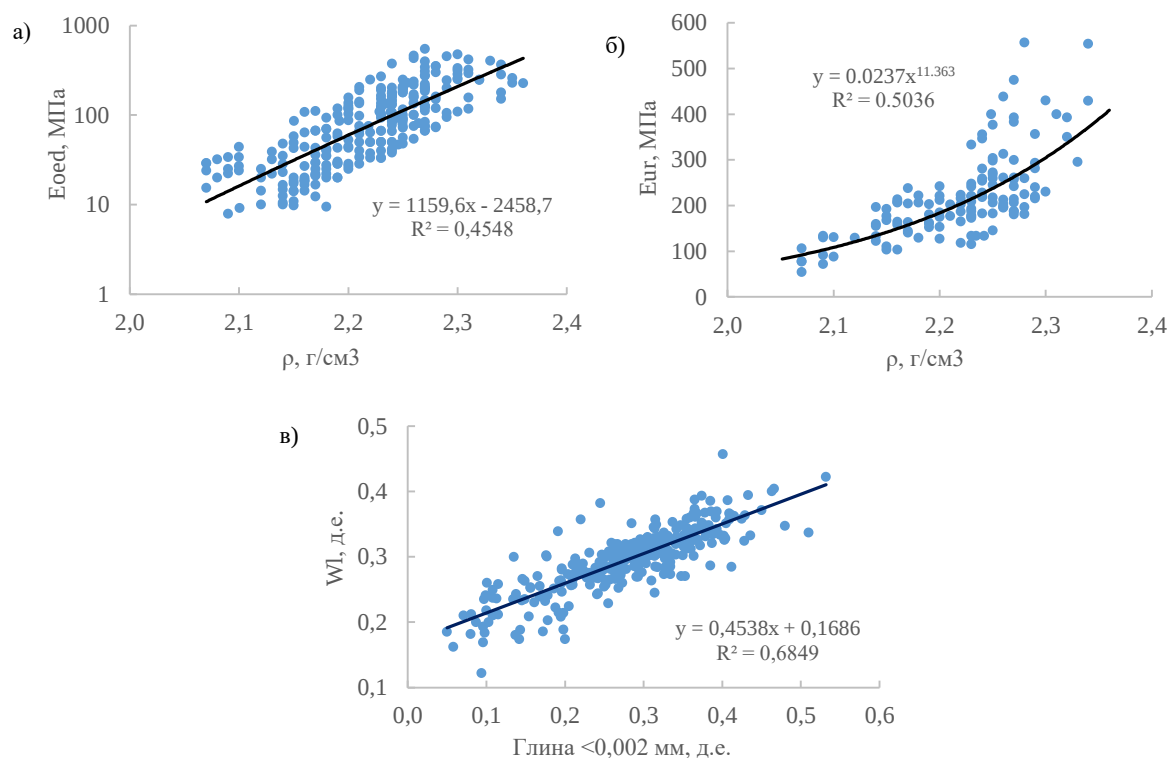


Рис. 1. Зависимости одометрического модуля деформаций E_{oed} (а) и модуля разгрузки E_{ur} (б) от плотности естественного сложения ρ и зависимость влажности на границе текучести Wl от содержания глинистых частиц $< 0,002 \text{ мм}$ (в)

На основании функции нормального распределения плотности естественного сложения (Рис. 2а) составлена абсолютно упругая расчетная модель элементарного объема с неравномерным распределением модуля упругости в зависимости от плотности в ПК SIMULIA Abaqus (Рис. 2б).

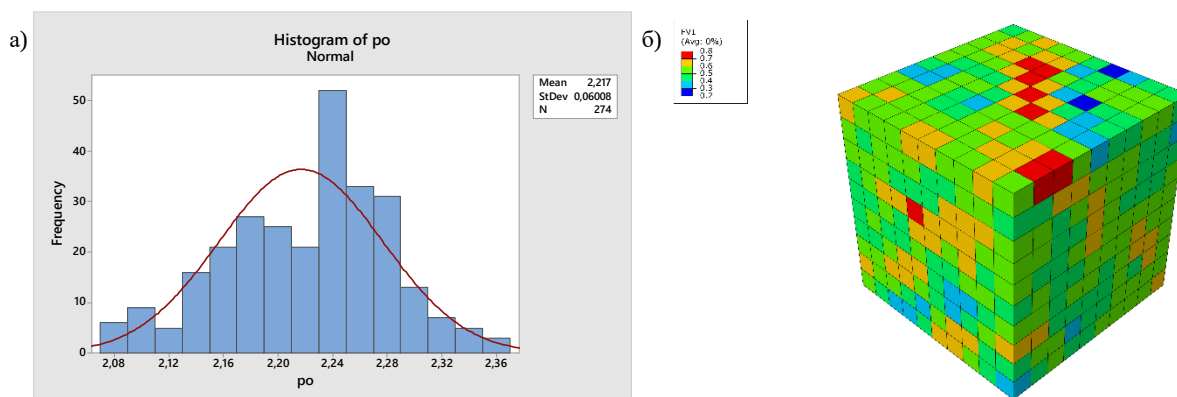


Рис. 2. Статистическое распределение Вейбулла плотности естественного сложения (а) и распределение модуля упругости в расчетной модели элементарного объема (б)

В рамках данной работы были выполнены следующие задачи: выявлены физические параметры плотных аргиллитоподобных глинистых пород, определяющие наибольшее влияние на механическое поведение. В частности, были рассмотрены деформационные показатели, определяемые при компрессионном сжатии, т.к. данные испытания характеризуются наименьшим влиянием на изменчивость свойств исходного состояния образцов. Были сформированы выборки данных, основанные на характерных для литифицированных глинистых пород показателях. Выявлены зависимости и характер распределения деформационных параметров в элементарном объеме.

В рамках дальнейшей работы планируется выполнить следующие исследования: уточнить деформационные показатели на основании трехосных испытаний образцов при различных напряженных состояниях. Сформировать новые выборки данных, используя не только степень литификации и гранулометрический состав, но и характер связей между частицами грунта, а также вид напряженного состояния. Провести дополнительные лабораторные испытания пород для выявления большего количества факторов, влияющих на результаты изысканий. Получить картину распределения механических свойств аргиллитоподобных глинистых пород по глубине и по площади. Сформировать более сложную расчетную модель, основанную на модели деформирования грунта, в которой используется большее количество механических характеристик.

Стоит заметить, что составление расчетной модели грунтов для прогноза истинной картины их напряженно-деформированного состояния на основании лабораторных изысканий является сложной задачей. В данной работе рассмотрена гипотеза – при уточнении распределения изменчивых свойств в массиве, полученных в лаборатории, может существенно отразиться на результатах расчета НДС и приблизить их к результатам полевых испытаний грунтов.

Список литературы

1. Дашко Р. Э., Лохматиков Г. А. Верхнекотлинские глины Санкт-Петербургского региона как основание и среда уникальных сооружений: инженерно-геологический и геотехнический анализ // Записки Горного института. 2022. Т. 254. С. 180–190. DOI: 10.31897/PMI.2022.13.
2. Протосеня Анатолий Григорьевич, Карасев М. А., Беляков Н. А. Geomechanics of low-subsideance construction during the development of underground space in large cities and megalopolises International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. 2019. № 9. pp. 1005–1014.
3. Протосеня Анатолий Григорьевич, Карасев М. А., Беляков Н. А., Method of predicting earth surface subsidence during the construction of tunnels using TBM with face cantledge on the basis of multivariate modeling International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. №11. pp. 1620–1629.
4. Шашкин А. Г., Васенин В. А., Осадки зданий на слабых глинистых грунтах (на примере застройки Санкт-Петербурга), «Геотехника», том X, № 4/2018.
5. Р. Э. Дашко, О. Ю. Александрова, П. В. Котюков, А. В. Шидловская, Особенности инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга, РАЗВИТИЕ ГОРОДОВ И ГЕОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ВЫПУСК №1/2011, С. 47.
6. Xiaohua Bao, Hongzhi Cui, Junhong Li, Jun Shen, Xiangsheng Chen, Cong Zhang, Comprehensive multivariate joint distribution model for marine soft soil based on the vine copula, Computers and Geotechnics, Volume 177, Part A, January 2025, 106814.
7. Fang Hongliang, Hu Jun, A method of construction non-homogeneous model with Weibull distribution, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 237 (2019) 032073, pp. 10.
8. Ming Li, Peijun Guo, Dieter F. E. Stolle, Li Liang, Yitao Shi, Modeling hydraulic fracture in heterogeneous rock materials using permeability-based hydraulic fracture model, Underground Space, 2018, pp. 17.

Научный руководитель: *Карасев Максим Анатольевич, доктор технических наук, профессор кафедры Строительства горных предприятий и подземных сооружений, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.*

Исследование технологий изготовления и методик расчета металлических многослойных плит с сердечниками

Anastasiya D. Kolobchuk
*Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia*

Research of manufacturing technologies and calculation methods for metal multilayer plates with cores

В работе рассматриваются металлические многослойные плиты, которые являются отличной альтернативой применяемым сборным железобетонным элементам. Подобное конструктивное решение позволяет осуществить рациональное включение металла в работу по восприятию нагрузок, обеспечить звуко- и теплоизоляцию, снизить вес без ущерба для прочности и жесткости. Пластичность материала позволяет конструкции эффективно противостоять землетрясениям и просадкам грунта, что обеспечивает долговечность.

Целью исследования являлось рассмотрение плит с сердечниками сотового и стержневого типа из нержавеющей стали, как наиболее перспективных для строительства. Для этого были изучены и проанализированы экспериментально-теоретические исследования и нормативы.

Многослойная плита состоит из двух сравнительно тонких обшивок, и более толстого сердечника – легкого заполнителя, имеющего несколько вариантов структуры.

Соединение сердечника и обшивок металлических плит может осуществляться с помощью адгезивов (клеевых составов), сварки или пайки. В статье З. Сюй описана наиболее эффективная для стержневых структур технология медной пайки горячим воздухом в специальной печи [1]. Частым дефектом при таком способе является локальный непропай, ослабляющий механические свойства.

Получение плит переменной высоты осуществляется фрезерованием, однако это усложняет технологию изготовления и влечет деформации.

С механической точки зрения элементы сотовой структуры можно сравнить с двутавровой балкой, как в статье А. Йендрал [2]. Значительное влияние на характеристики оказывает структура сердечника: геометрия ячеек – форма, высота и размер; толщина обшивок и стенок сот. В публикации Е. А. Иванова говорится, что толщина стенок влияет на прочность прямо пропорционально [3]. О. М. Устархановым установлено, что наиболее оптимальна цилиндрическая (стержневая) форма заполнителя [4].

Прочностные свойства плит можно увеличить при использовании армирующих элементов, например, металлических пластин, описанных в статье Г. Гонгаде [5].

В работе С. Раджкumar сравнение сотовой панели с эквивалентной ей по размеру и материалу простой плитой показало превосходство первой по показателям жесткости в 10–150 раз в зависимости от величины пролета [6].

Кроме классической методики расчета по предельным состояниям и вероятностного метода, описанных Ю. И. Кудишиным [7], сейчас наиболее распространен метод конечных элементов, применяемый в работах Г. Гонгаде, С. Раджкumar, Т. Н. Насибуллина [5, 6, 8]. Расчет конструкций с сердечником из нержавеющей стали также представлен в китайском техническом стандарте [9].

На основе произведенного анализа научной литературы можно отметить, что многослойные металлические плиты обладают конструктивной эффективностью и технологичностью. Однако несколько вопросов остаются нерешенными и требуют дальнейшего изучения:

1. Возникновение локальных дефектов пайки и деформаций заполнителя в процессе производства.
2. В рассмотренных исследованиях описаны мелкочастистые структуры, работа которых может не соответствовать поведению конструкций с большими размерами элементарных сот.
3. Моделирование многослойных конструкций усложняется из-за анизотропности сердечника.

Список литературы

1. Nondestructive Testing of Local Incomplete Brazing Defect in Stainless Steel Core Panel Using Pulsed Eddy Current / Z. Xu, H. Chen, Z. Qu [et al.] // Materials. – 2022. – Vol. 15, № 16. 5689. DOI 10.3390/MA15165689.
2. Jędral, A. Review of Testing Methods Dedicated for Sandwich Structures with Honeycomb Core / A. Jędral // Transactions on Aerospace Research. – 2019. – Vol. 2019, № 2. – P. 1–14. DOI 10.2478/TAR-2019-0006.
3. Применение конструкций сотовых панелей в космических аппаратах / Е. А. Иванов, А. А. Иконникова, И. А. Клешина, В. Н. Наговицин, А. Ю. Похабов // Engineering Journal: Science and Innovation. – 2022. – № 5 (125). DOI 10.18698/2308-6033-2022-5-2177/
4. Определение рациональных форм сотового заполнителя для трехслойной балки при действии статической нагрузки / О. М. Устарханов, Х. М. Муселемов, У. А. Киявов, Т. О. Устарханов // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. – 2014. – № 12. – С. 46–51. EDN SYDCJD.
5. Design, fabrication, and analysis of cost effective steel honeycomb structures / G. Ghongade, K. P. Kalyan, R. Vaira Vignesh, M. Govindaraju // Materials Today: Proceedings. – 2021. – Vol. 46, № 10. – p. 4520–4526. DOI 10.1016/j.matpr.2020.09.694.
6. Rajkumar, S. Strength and stiffness characteristics of A3003 aluminum honeycomb core sandwich panels / S. Rajkuma // Materials Today: Proceedings. – 2021. – Vol. 37, № 2. – P. 1140–1145. DOI 10.1016/j.matpr.2020.06.348.
7. Металлические конструкции: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Ю. И. Кудишин, Е. И. Беленя, В. С. Игнатьева [и др.]. – Москва: Издательский центр «Академия», 2011. – 688 с.
8. Насибуллин, Т. Р. Создание модели резервуара из трехслойных панелей / Т. Р. Насибуллин // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2019. – № 4. – С. 25–30. DOI 10.24411/0131-4270-2019-10405.
9. T/CSUS 14-2021 Technical standard of stainless steel core plate building structure. – URL: <http://en.broad.com/ProductShow-113.aspx> (дата обращения: 15.01.2024).

Научный руководитель: Алексеев Александр Васильевич, к.т.н., доцент, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Конте Ибраима
*Университет науки и технологии «МИСИС»,
Москва, Россия,
Conteibrahima2010@gmail.com*

Исследование влияния циклов замораживания и оттаивания на процесс образования магистральных трещин и морозостойкость в горных породах методом акустической эмиссии

Аннотация. В работе исследуется влияние циклов замораживания и оттаивания на формирование магистральных трещин и морозостойкость известняка методом акустической эмиссии. Образцы известняка подвергались циклическому замораживанию и оттаиванию, после чего проводилось одноосное сжатие с регистрацией акустической активности. Эксперимент показал, что с увеличением числа циклов (до 50) происходит снижение прочности известняка: напряжение, при котором образуются магистральные трещины, уменьшилось с 98,6 МПа в исходном состоянии до 65 МПа после 50 циклов. Коэффициент морозостойкости также снижался, достигая 0,76 после 50 циклов, а потеря прочности составила до 23,89 %. Эти результаты указывают на значительную деградацию структуры породы и ухудшение прочностных свойств, что необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации объектов в регионах с холодным климатом.

Ключевые слова: температурное выветривание, магистральные трещины, морозостойкость, акустическая эмиссия, активность акустической эмиссии.

Ibrahima Conte
*National University of Science and Technology "MISIS"
Moscow, Russia,
Conteibrahima2010@gmail.com*

Study of the effect of freezing and thawing cycles on the process of formation of main cracks and the frost resistance in rocks by the method of acoustical emission

Abstract. This study investigates the effect of freeze-thaw cycles on the formation of main cracks and the frost resistance of limestone using the acoustic emission method. Limestone samples were subjected to repeated freeze-thaw cycles, followed by uniaxial compression testing with real-time acoustic activity recording. The experiment showed that with an increase in the number of cycles (up to 50), there was a decrease in limestone strength: the stress at which main cracks formed dropped from 98.6 MPa in the initial state to 65 MPa after 50 cycles. The frost resistance coefficient also decreased to 0.76 after 50 cycles, while the strength loss reached up to 23.89 %. These findings highlight the significant degradation of mechanical properties, which must be considered in the design and operation of structures in cold climates.

Keywords: weathering, acoustic emission, main cracks, frost resistance, acoustic-emissional activity.

Геомеханическое обоснование устойчивости выработок и различных сооружений стало актуальным на фоне изменения климата и усиливающегося влияния процессов температурного выветривания в регионах с холодным климатом, где температурные колебания приводят к циклическим процессам замораживания и оттаивания горных пород, в ходе которых они подвергаются изменениям их внутренних структур [3]. Это приводит к изменению физико-механических свойств пород и геомеханической обстановки окружающих массивов, увеличивая риск обрушения массивов и аварийных ситуаций. Акустико-эмиссионный метод представляет собой эффективный подход к изучению процессов разрушения и накопления повреждений в горных породах под воздействием внешних нагрузок. Этот метод позволяет в реальном времени фиксировать зарождение и развитие микротрещин, а также регистрировать моменты их объединения в магистральные трещины, что критично для оценки прочностных характеристик пород и прогнозирования их долговечности.

Настоящее исследование направлено на анализ влияния циклов замораживания и оттаивания на процесс образования магистральных трещин и оценку морозоразрушительной устойчивости горных пород.

Исследовались образцы известняка из кернового материала Кия-Шальтирского Нефелинового месторождения, минеральный состав которых представлен в основном кальцитом с низким содержанием доломита. Породы характеризуются неравномерной кристаллической структурой с низкой открытой пористостью и межкристаллическими трещинами. Было подготовлено 20 цилиндрических образцов диаметром около 48 мм и высотой около 50 мм, которые были разделены на 4 групп по 5 образцов. Образцы предварительно выдерживали в воде в течение 48 ч [2], после чего первую группу испытывали в водонасыщенном состоянии при комнатной температуре. Остальные замораживали в морозильной камере в течение 8 ч при температуре -40°C , а затем размораживали в дистиллированной воде при температуре 20°C в течение 8 ч. На образцах, как в исходном состоянии, так и после 15, 30 и 50 ЦЗО (циклов замораживание и оттаивание), были проведены испытания на одноосное сжатие с одновременной регистрацией акустической эмиссии. При фиксированной скорости нагружения (0.3 кН/с) удалось в режиме реального времени фиксировать моменты разрушения образцов на основе регистрируемых сигналов с использованием двух каналов модульного акустико-эмиссионного прибора A-Line DDM-1. В ходе экспериментов определялись напряжения, при которых образуются магистральные трещины, а также определялись коэффициент морозостойкости и предел прочности на одноосное сжатие.

Результаты экспериментов показали, что с увеличением числа циклов замораживания и оттаивания наблюдается рост активности АЭ и снижение напряжения, необходимого для образования магистральной трещины (рисунок 1). Для образцов в исходном состоянии напряжение, при котором образуются магистральные трещины, составило около 98,6 МПа, для образца после 15 циклов оно снизилось до 92 МПа, для образцов после 30 и 50 циклов, снизилось, соответственно, до 75 МПа и 65 МПа. Эти изменения указывают на снижение прочности и ухудшение структуры известняка под воздействием циклов замораживания и оттаивания. Различия в уровнях активности акустической эмиссии между каналами Y6 и Y7 могут указывать на неравномерное распределение деформаций и появление повреждений в образце. Более высокая активность на одном из каналов может сигнализировать о направлении распространения магистральной трещины или о зоне с более интенсивным разрушением.

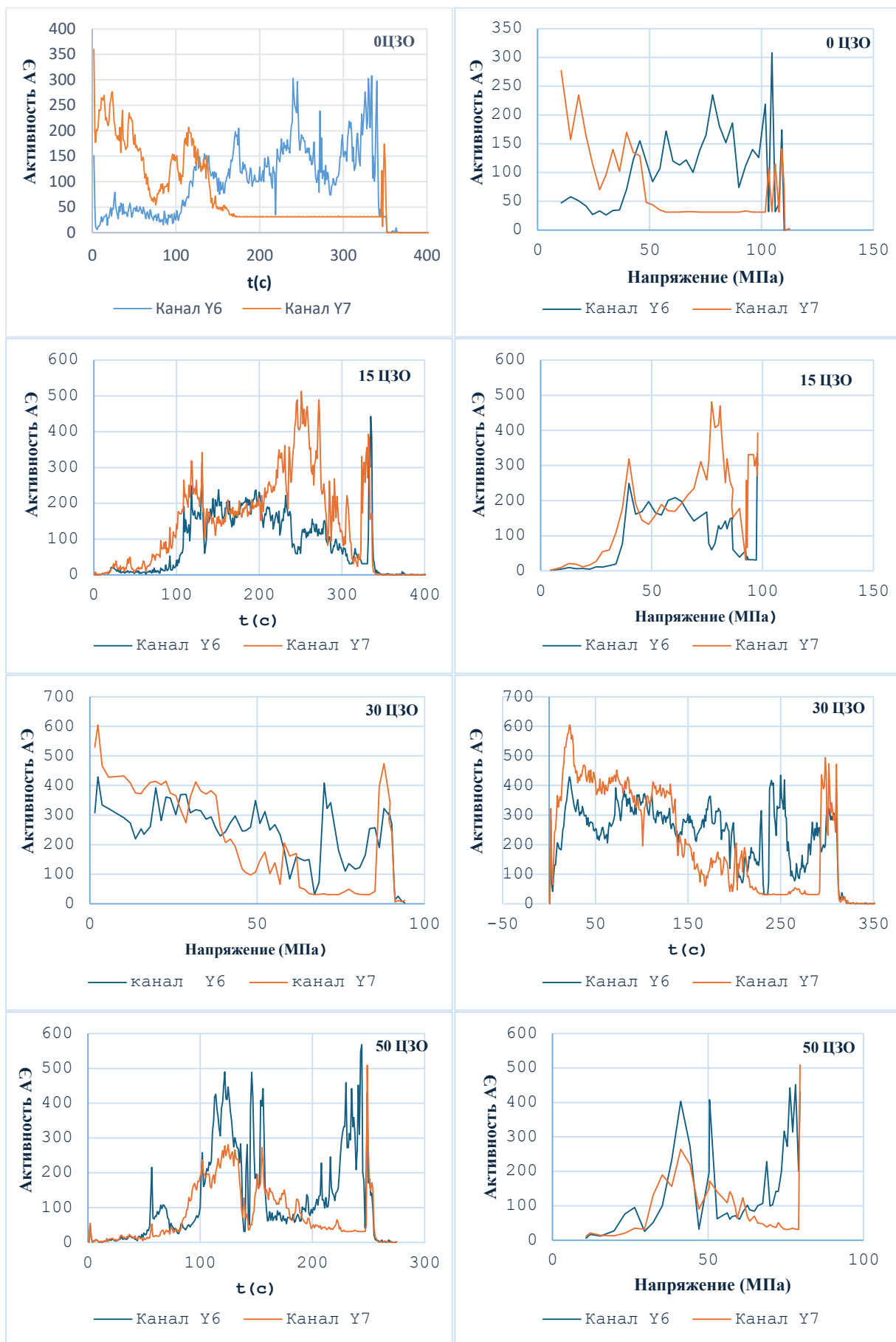


Рис.1. График зависимости Активности акустической эмиссии от времени и напряжения

Морозоразрушительная устойчивость горных пород может быть выражена коэффициентом морозостойкости ($K_{мпз}$), который рассчитывается по формуле [4]:

$$K_{мпз} = \frac{R_{сж}^{мпз}}{R_{сж}^{вод}} \quad (1)$$

где $R_{сж}^{мпз}$ – предел прочности при сжатии образца, подвергавшегося замораживанию, МПа; $R_{сж}^{вод}$ – предел прочности при одноосном сжатии водонасыщенного образца, не подвергавшегося замораживанию, МПа.

Потеря прочности рассчитывается по формуле [1]:

$$K_{мпз} = \frac{R_{сж}^{вод} - R_{сж}^{мпз}}{R_{сж}^{вод}} \quad (2)$$

Результаты эксперимента представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Коэффициент морозостойкости и потеря прочности после циклов замораживания и оттаивания

Количество ЦЗО	15	30	50
Коэффициент морозостойкости	0,9	0,8	0,7
Потере прочности (%)	9,6	19,3	23,9

С уменьшением температуры замораживания-оттаивания, морозостойкость образцов горных пород в целом снижается, а потеря прочности увеличивается. Образцы после 15 циклов замораживания и оттаивания при температуре показывают потерю прочности на 9 %, после 30 – на 19,3 %, после 50 – на 23,9 %. Воздействие большего числа ЦЗО оказывает еще большее влияние на изменение данных параметров.

Таблица 2

Экспериментальные результаты испытания образцов при одноосном сжатии

Количество циклов замораживания и оттаивания	№ группы образцов	Среднее значение предела прочности на одноосное сжатие	СКО
Перед замораживанием и оттаиванием	И-1	104,9	3,9
После 15 циклов замораживания и оттаивания	И-2	94,9	2,3
После 30 циклов замораживания и оттаивания	И-3	84,8	3,3
После 50 циклов замораживания и оттаивания	И-4	79,9	4,8

Таким образом, при оценке устойчивости выработок и различных инженерных сооружений, в регионах с холодным климатом, необходимо учитывать, что при циклических процессах замораживания и оттаивания горных пород происходит снижение морозостойкости и, соответственно, потеря прочности последних не менее чем на 9 %.

Понимание этих процессов поможет не только минимизировать потенциальные угрозы, но и оптимизировать технологии, что в конечном итоге поспособствует более эффективному извлечению ресурсов и сохранению экологического баланса.

Список литературы:

1. ГОСТ 30629-2011 Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний.
2. Курилко А. С. Экспериментальные исследования влияния циклов замораживания-оттаивания на физико-механические свойства горных пород. – Якутск: ЯФ ГУ «Изд-во СО РАН», 2004 – 154 с.
3. Вайсберг, Л. А. Изменение структуры горных пород при циклическом замораживании и оттаивании / Л. А. Вайсберг, Е. Е. Каменева. – (Технологическая минералогия). – Текст: непосредственный // Прикладная информатика. – 2015. – № 2. – С. 28–31: 2 рис., 5 табл. – Библиогр.: с. 31 (8 назв.). – ISSN 0202-3776.
4. Свойства, определяющие поведение горных пород в массиве: методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Геомеханика» для студентов очной формы обучения специальности 130403.
5. «Открытые горные работы» / сост.: В. Ф. Воронков; КузГТУ. – Кемерово, 2012 – 21 с.

Научный руководитель: Черепецкая Елена Борисовна, д.т.н., профессор, Университет науки и технологии «МИСИС», Москва, Россия.

Взаимное влияние тоннеля метро и подземного перехода в городе Гомель

Аннотация. Разработан проект подземной транспортной развязки, совмещенной со станцией метрополитена. Создана 3D-модель объекта в Revit. В программном комплексе SOFiSTiK выполнен расчет и анализ влияния существующей застройки на подземные сооружения, а также выполнена оценка взаимного влияния станции метрополитена и подземного пешеходного перехода. Составлены графики зависимости внутренних усилий от изменения глубины залегания сооружений.

Ключевые слова: транспортная развязка, метрополитен, подземный пешеходный переход, проектирование, Revit, SOFiSTiK.

Aleksandra D. Legan
BNTU, Minsk, Belarus, aleksandra200321@gmail.com

The mutual influence of the subway tunnel and the underpass in the city of Gomel

Abstract. Has been developed a project of an underground transport interchange combined with an underground subway station. Was made a 3D-model of the project using Revit. Was made a calculation the impact of the existing buildings on underground structures, as well as assessment of mutual influence of the subway station and the underground pedestrian crossing with the usage of such software as SOFiSTiK. Graphs of the dependence of internal forces on changes in the depth of structures have been compiled.

Keywords: transport interchange, subway, underground pedestrian crossing, design, Revit, SOFiSTiK.

Улица Советская в городе Гомель является одной из главнейших в городе, что обуславливает большое количество транспортных средств. Она находится в исторической части города и по своей ширине не способна пропускать транспортный поток, что приводит к серьезным пробкам. Город занимается вопросом оптимизации транспортной инфраструктуры, но на сегодняшний день технического решения нет.

Мною был предложен проект подземного автомобильного перекрестка, совмещенного со станцией метрополитена (Рис. 1).

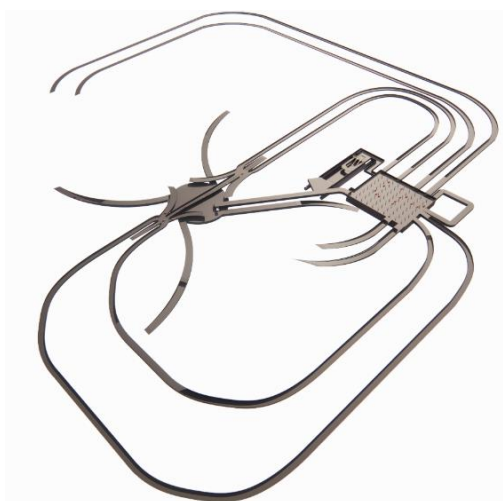


Рис. 1. Схема расположения подземной транспортной развязки, совмещенной со станцией метрополитена

Тоннель метрополитена залегает в глинах твердых переуплотненных и расположен на глубине 9,53 м от поверхности земли до верха кольца обделки. Несущие конструкции подземного пешеходного перехода находятся на глубине 4,00 метра. Расстояние между конструкциями составляет 6,0 метров. Гидростатическое давление отсутствует (Рис. 2).

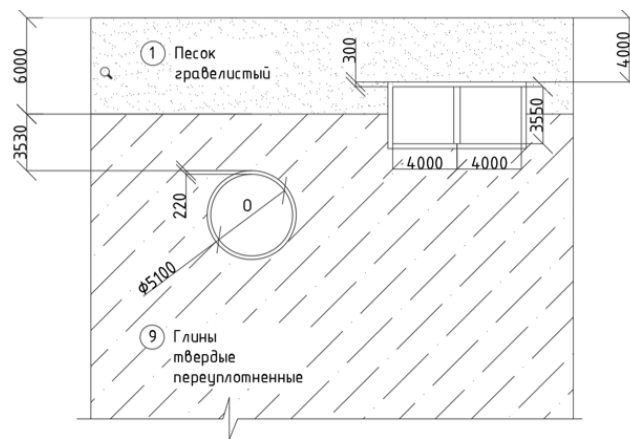


Рис. 2. Исходные данные

Исходя из геологических условий местности несущие конструкции тоннеля были приняты сборные железобетонные тубинги толщиной 0,22 м и шириной 1 м. Диаметр кольца – 5,1 м. Подземный пешеходный переход – сборный, железобетонный. Высота в свету 3 м, два пролета шириной в осях по 4 м. Сечение колонн 400×400 мм, стеновой блок толщиной 300 мм и шириной 1 м. Перекрытие – сборные железобетонные балки П-образного сечения (Рис. 3).

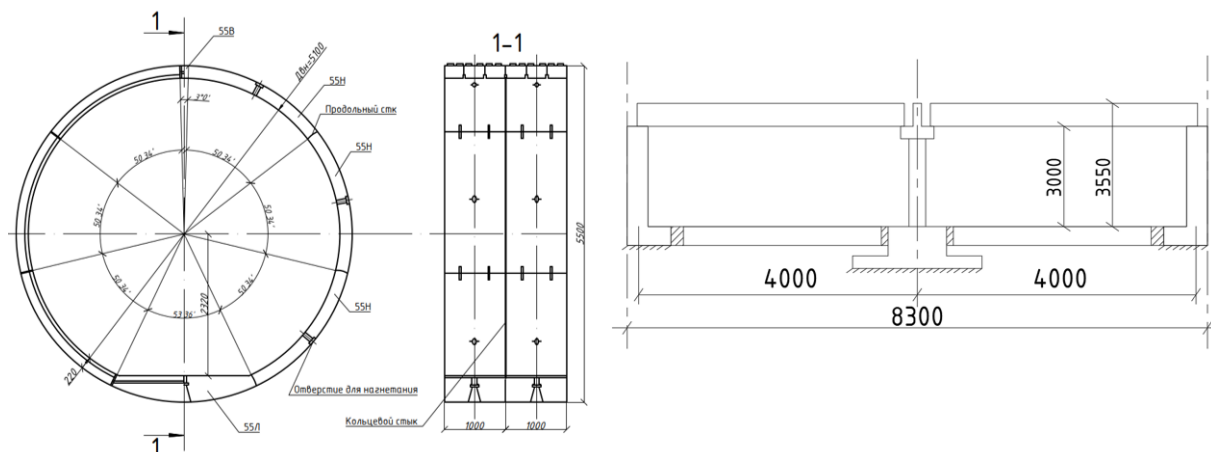


Рис. 3. Несущие конструкции подземных сооружений

В программном комплексе Revit была создана 3D-модель подземной транспортной развязки, совмещенной со станцией метрополитена (Рис. 4, 5).

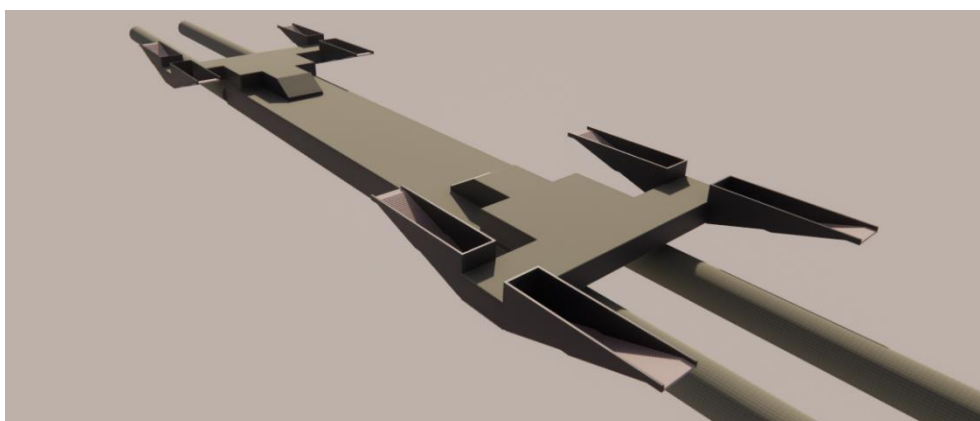


Рис. 4. Цифровая модель станции метрополитена

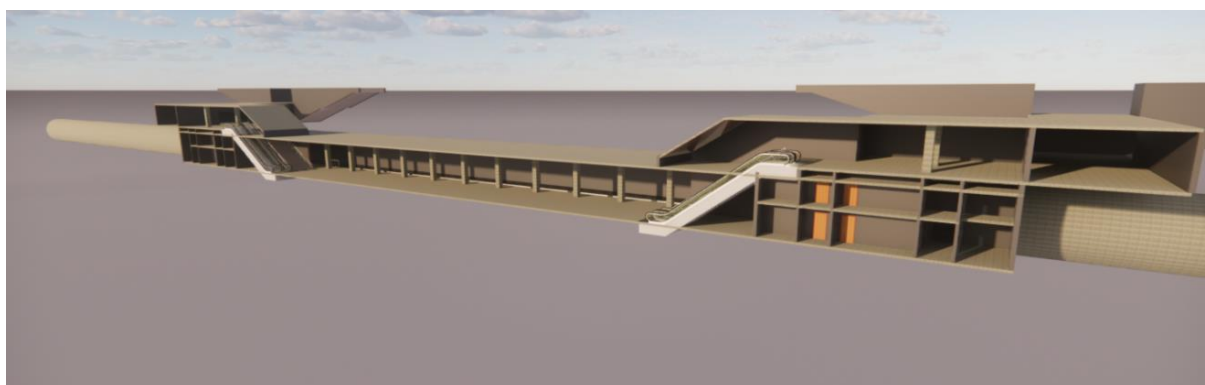


Рис. 5. Продольный разрез станции метрополитена

Используя программный комплекс SOFiSTiK была выполнена оценка влияния существующей застройки на подземные сооружения, а также влияния подземных конструкций друг на друга. Для этого каждое из сооружений поочередно, а затем вместе опускались на 5, 10, 15, 20 м вниз (Рис.6).

Полученные результаты расчетов занесены в таблицу и на основании этих данных построены графики зависимости внутренних усилий несущих элементов от изменения глубины их залегания (Рис. 7).

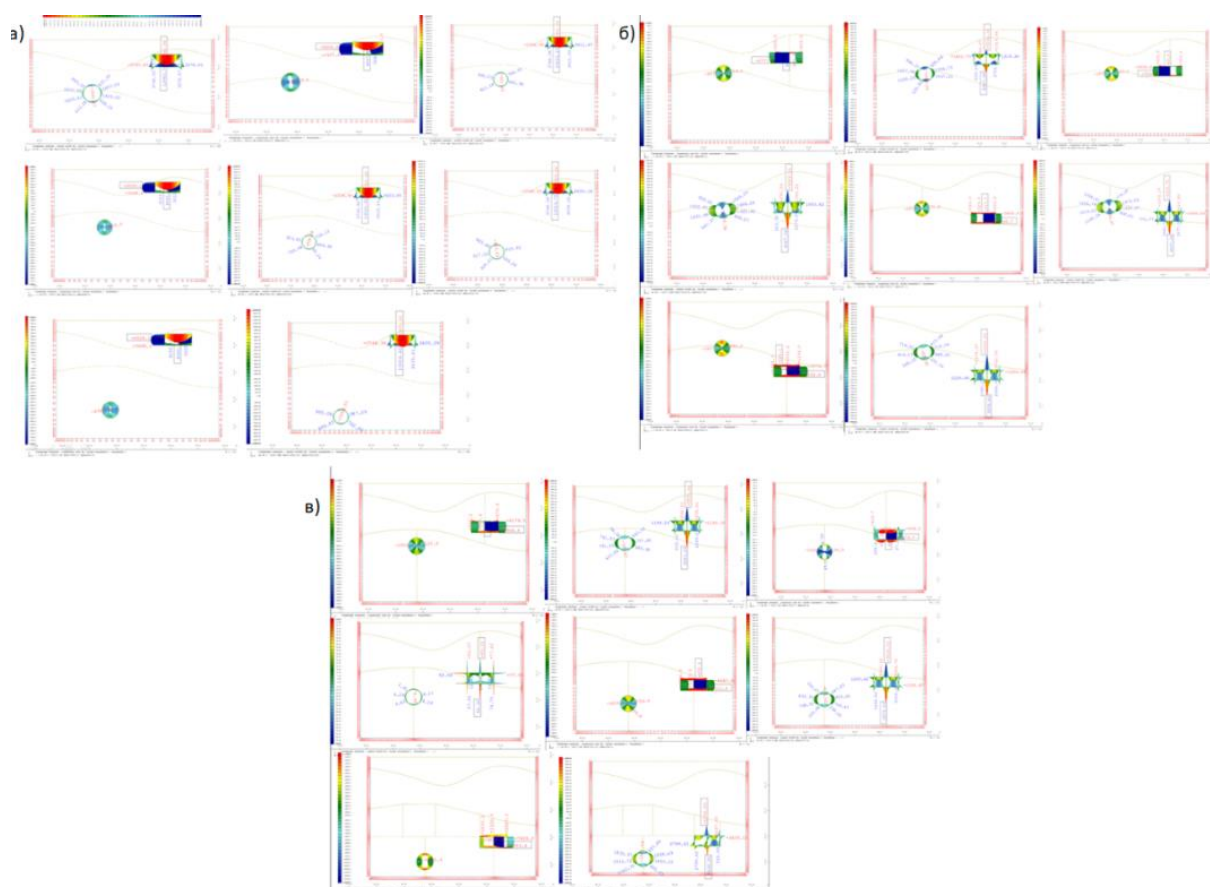


Рис. 6. Эпюры изгибающих моментов и нормальных сил при:
а) смещении тоннеля, б) смещении перехода, в) смещении обоих сооружений вниз на 5, 10, 12, 20, 25 м

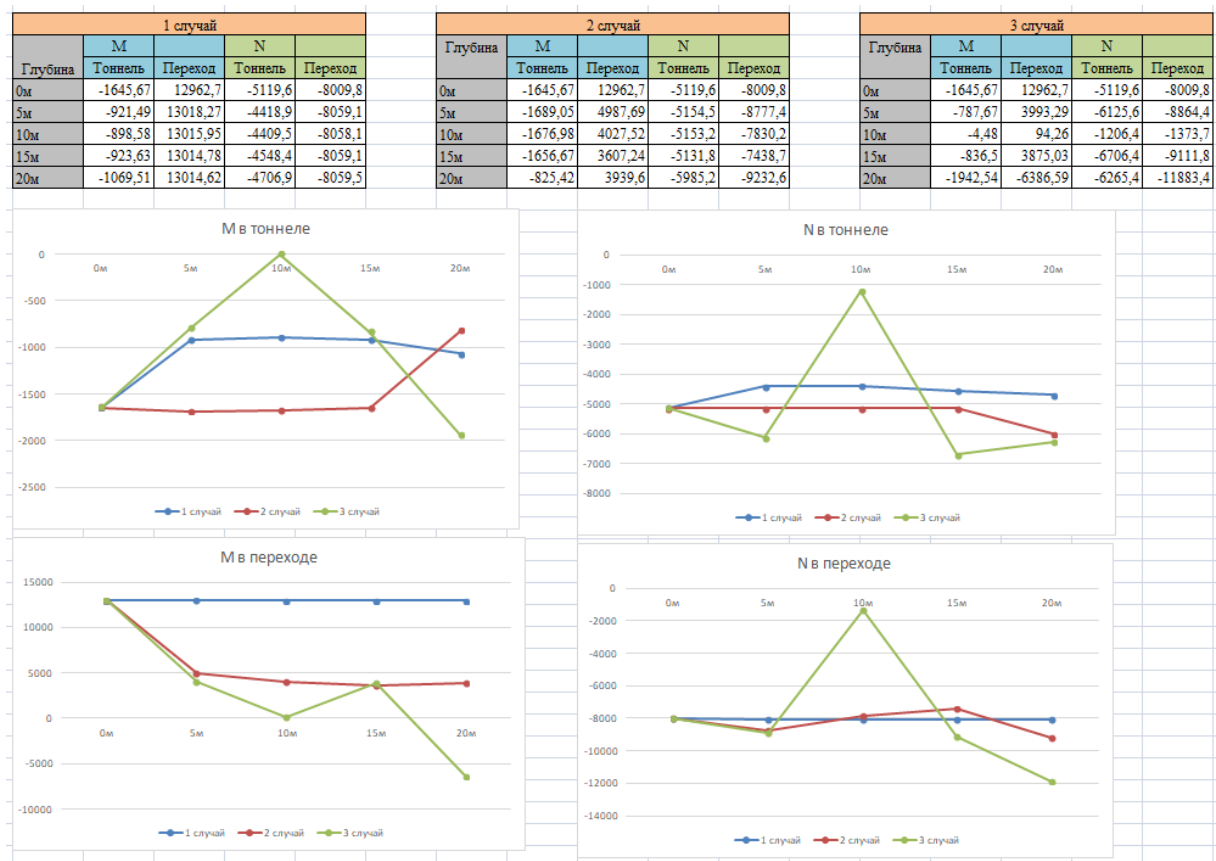


Рис. 7. Графики зависимости изгибающего момента и нормальной силы от глубины залегания сооружения

Из графиков видно, что оптимальным уровнем расположения для обоих сооружений является глубина на 10 м ниже относительно исходной высотной отметки. При данной глубине городская застройка оказывает наименьшее влияние на подземные конструкции, а взаимное влияние подземных сооружений друг на друга минимально.

Научный руководитель: Яковлев Александр Александрович, старший преподаватель, БНТУ, Минск, Беларусь.

Мангушев Рашид Абдуллович

Квашук Алина Витальевна*

Куляшов Илья Дмитриевич

Вагурина Александра Викторовна

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,

Санкт-Петербург, Россия

** alina_kvashuk@mail.ru*

Учет влияния загрязнения песчаных грунтов нефтепродуктами при определении допускаемых значений давления на грунт основания

Аннотация. Представлены результаты лабораторных испытаний по определению прочностных характеристик песчаных грунтов, загрязненных нефтепродуктами, методом одноплоскостного среза. В качестве испытуемых образцов применялись пески крупный, средней крупности и мелкий, загрязненные бензином А-95, дизельным топливом и тяжелой нефтью в концентрации 0–12 % по массе сухого грунта. Описана и апробирована методика проведения лабораторных испытаний методом одноплоскостного среза для песков, загрязненных нефтепродуктами. Лабораторно подтверждено снижение угла внутреннего трения песчаных грунтов крупных, средней крупности и мелких вне зависимости от вида нефтепродукта и его концентрации. Аналитически подтверждено снижения расчетного сопротивления грунта основания при загрязнении нефтепродуктами. Представлены графики зависимости изменения величины расчетного сопротивления грунта основания от концентрации нефтепродукта.

Ключевые слова: песчаные грунты, угол внутреннего трения, нефтепродукты, концентрация, расчетное сопротивление.

Rashid A. Mangushev

Alina V. Kvashuk*

Ilya D. Kulyashov

Alexandra V. Vagurina

Saint Petersburg state university of architecture and civil engineering,

St. Petersburg, Russia

** alina_kvashuk@mail.ru*

The impact of pollution of sandy soils with oil products for determining the permissible values of pressure on the foundation soil

Abstract. The article presents the results of laboratory tests to determine the strength characteristics of sandy soils contaminated with oil products using the single-plane shear method. Coarse, medium and fine sands contaminated with A-95 gasoline, diesel fuel and heavy oil in a concentration of 0–12 % by dry soil weight were used as test samples. A methodology for conducting laboratory tests using the single-plane shear method for sands contaminated with oil products is described and tested. A decrease in the angle of internal friction of coarse, medium and fine sandy soils regardless of the type of oil product and its concentration was confirmed in the laboratory. A decrease in the estimated resistance of the foundation soil when contaminated with oil products was analytically confirmed. Graphs of the dependence of the change in the estimated resistance of the foundation soil on the concentration of the oil product are presented.

Keywords: sandy soils, angle of internal friction, oil products, concentration, design resistance.

По данным Министерства энергетики, на территории Российской Федерации количество аварий, сопровождавшихся разливами нефтепродуктов (далее – НП), в 2019 году превысило 17000. Разливы НП сопровождаются инфильтрацией в грунтовый массив, в результате чего изменяются физико-механические характеристики грунтов.

При проектировании и устройстве оснований и фундаментов наиболее значимыми являются механические свойства, так как они, наряду с действующими нагрузками на основание, формируют напряженно-деформированное состояние грунта. Известно, что прочность песчаных грунтов обеспечивается за счет сил трения, возникающих в точках контакта минеральных частиц. Таким образом, возможное снижение угла внутреннего трения при загрязнении грунта нефтепродуктами может привести к снижению величины расчетного сопротивления грунта и, следовательно, сузить диапазоны допускаемых давлений на основание, при которых обеспечивается практически линейная зависимость между средним давлением по подошве фундамента и осадкой сооружения. Для корректного использования метода послойного суммирования, регламентированного СП 22.13330 необходимо учитывать возможное снижение расчетного сопротивления с целью выполнения условия, в рамках которого среднее давление под подошвой фундамента меньше расчетного сопротивления основания.

Испытания по определению прочностных характеристик, проводились методом одноплоскостного среза на монофракционных песчаных образцах различной крупности. В качестве загрязняющего нефтепродукта использовался бензин А-95, дизельное топливо и тяжелая нефть. Концентрация нефтепродукта задавалась по массе сухого грунта и составляла $C = 2, 6$ и 12% .

Расчетное сопротивление грунта основания определялось при ширине подошвы фундамента $b=1$ м и глубине заложения подошвы фундамента $d=3$ м. Характеристики грунтов принимались по результатам выполненных лабораторных испытаний.

Результаты лабораторных испытаний показали, что загрязнение песчаных грунтов нефтепродуктами приводит к снижению угла внутреннего трения вне зависимости от крупности песка, вида нефтепродукта и его концентрации.

Максимальное снижение угла трения наблюдается при взаимодействии с тяжелой нефтью. При росте концентрации от 0 до 12% , угол внутреннего трения снижается в диапазоне от 16 до 22% в зависимости от крупности песка.

Минимальное снижение угла внутреннего трения наблюдается при загрязнении грунта бензином. С ростом концентрации от 0 до 12% , угол внутреннего трения снижается в диапазоне от 8 до 17% .

При взаимодействии с дизельным топливом, трение между частицами снижается на примерно на $15\text{--}20 \%$.

Также, результаты лабораторных испытаний показали, что загрязнение песчаных грунтов нефтепродуктами приводит к увеличению, или, в целом к появлению удельного сцепления грунта.

Максимальное увеличение сцепления наблюдается при загрязнении песчаного грунта тяжелой нефтью. С увеличением концентрации вплоть до 12% удельное сцепление увеличивается от 30% до 9 раз в зависимости от крупности песка.

Минимальное увеличение удельного сцепления наблюдается при загрязнении песчаного грунта бензином. С увеличением концентрации до 12% удельное сцепление увеличивается от 13% до почти 6 раз в зависимости от крупности испытуемого песка. Увеличивая концентрацию дизельного топлива от 0 до 12% сцепление увеличивается от 30% до 6 раз в зависимости от крупности песка.

Отметим, что у крупных песков сцепление увеличилось примерно в $6\text{--}10$ раз; у средних – в $3\text{--}5$ раза, а у мелких – до 30% . Следовательно, интенсивность изменения удельного сцепления тем выше, чем больше крупность песка.

С учетом обозначенных характера и степени изменения угла внутреннего трения и удельного сцепления величина расчетного сопротивления грунта основания снижается в среднем на $10\text{--}38 \%$ в зависимости от крупности песчаного грунта, вида НП и его концентрации.

Таким образом, можно заключить, что загрязнение песчаных грунтов нефтепродуктами приводит к снижению величины расчетного сопротивления грунта основания и сужает диапазон расчетных давлений, в пределах которых зависимость осадки от среднего давления по подошве фундаменты принимается практически линейной.

Список литературы:

1. Бракоренко Н. Н., Емельянова Т. Я. Влияние нефтепродуктов на петрографический состав и физико-механические свойства песчано-глинистых грунтов (на примере г. Томска) // Вестник Томского Государственного Университета, № 342, 2011. – С. 197–200.
2. Дашко Р. Э., Ланге И. Ю. Инженерно-геологические аспекты негативных последствий контаминации дисперсных грунтов нефтепродуктами // Записки Горного института. 2017. Т. 228. С. 624–630. DOI: 10.25515/PML 2017.6.624.
3. Каченов В. И., Середин В. В., Карманов С. В. К вопросу о влиянии нефтяных загрязнений на свойства грунтов. Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – 2011. – № 14. – С. 164–165.
4. Ланге И. Ю. Инженерно-геологический анализ и оценка изменения несущей способности дисперсных грунтов при их контаминации нефтепродуктами // Дисс... канд. техн. Наук: 25.00.08.– СПГУ, 2016 – с. 234.
5. Осовецкий Б. М., Каченов В. И., Растегаев А. В., Афанасьев Р. А., Пикулев Д. А. Закономерности изменения прочностных свойств песков, загрязненных дизельным топливом // Геолого-минералогические науки. 2014, № 9, С. 1769–1774.
6. Al-Sanad H. A., Eid W. K, Ismael N. F. Geotechnical properties of oil contaminated Kuwaiti sand. J Geotech. Eng. ASCE №121 (5), 1995: p. 407–412.
7. Cook E. E., Puri V. K., Shin E. C. Geotechnical characteristics of crude oil-contaminated sands. Proceedings of the Second International Offshore and Polar Engineering Conference, San Francisco, USA, 1992, p. 384–387.
8. Evgin, E., Das, B. M. (1992). Mechanical behavior of oil contaminated sand. In: Usmen, Acar (Eds.), Environmental Geotechnology proceeding of the Mediterranean Conference. Balkema Publishers, Rotterdam: p. 101–108.
9. Shin E. C., Lee J. B., Das B. M. Bearing capacity of a model scale footing on crude oil-contaminated sand//geotechnical and geological engineering, Vol. 17, 1999. p. 123–132.
10. Shin E., Das B. (2001) Bearing capacity of unsaturated oil contaminated sand. Int J Offshore Polar Eng. 11(3): p. 220–227.

Научный руководитель: Мангушев Рашид Абдуллович, чл.-корр. РААСН, доктор технических наук, профессор кафедры геотехники, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия.

Мухина Мария Михайловна
Лосева Елизавета Сергеевна
*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург, Россия*

Особенности проектирования подземного пространства зданий, возводимых в сложных инженерно-геологических условиях

Mariya M. Mukhina
Elizaveta S. Loseva
*Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia*

Features of designing underground space of buildings constructed in complex geological conditions

С каждым годом потребность в высотном строительстве продолжает расти. Популярность крупных городов и стремительное увеличение численности населения ведут к уплотнению застройки, что является естественным процессом урбанизации. Возможности расширения мегаполисов постепенно исчерпываются из-за нехватки свободных городских территорий, ухудшения транспортной ситуации и высокой стоимости земельных участков. Решением этой проблемы стало высотное строительство с комплексным освоением подземного пространства [1]. Основная концепция заключается в рациональном использовании наземной части города, включая сохранение зеленых зон и улучшение эстетики городской среды за счет увеличения подземных паркингов и пространств.

Цель исследования заключается в изучении особенностей формирования подземного пространства на примере жилого комплекса, возведенного в сложных инженерно-геологических условиях [3]. В исходном проекте отсутствовал подземный паркинг, поэтому в качестве освоения подземного пространства рассматривается идея создания объединенного трехуровневого подземного паркинга под жилой застройкой, а также этажа для коммерческих помещений. Методы исследования включают эмпирические исследования и численное моделирование. Для достижения цели были изучены отечественные и зарубежные источники, а также созданы 3D модели различных технологий проектирования подземного пространства для подтверждения их целесообразности.

Анализ литературных источников и инженерно-геологических условий позволил выделить ключевые варианты проектирования [4]. Для повышения несущей способности были выбраны бареттные фундаменты как альтернатива буронабивным сваям. Устройство свай-баретт схоже с возведением ограждающей конструкции траншейной стены в грунте. Процесс начинается с устройства форшахты, которая направляет грейфер и стабилизирует стенки. После выравнивания и уплотнения основания траншеи устанавливаются щиты опалубки, армируются и бетонируются форшахты. Траншея откапывается на полную глубину отдельными захватками под защитой глинистого раствора [5].

Для устройства ограждения котлована выбрана «стена в грунте» с грунтовыми анкерами в качестве распорной системы, необходимыми для передачи выдергивающих усилий на грунтовую толщу [2]. Скважины для анкеров бурятся, а в качестве несущих элементов используются металлические стержни, трубы и тросы. После погружения несущего элемента в скважину, нижняя часть перекрывается пакером, и под давлением подается цементный раствор, создавая зону уплотненного грунта вокруг донной части скважины, что увеличивает несущую способность анкера.

Предложенные конструктивные решения подтверждены расчетами. Анализ показывает, что заглубление подвальной части высотного здания выполняет две функции:

конструктивную (фундамент) и функциональную (использование помещений для потребительских целей).

Таким образом, при проектировании фундаментов для высотных зданий полезно учитывать возможность освоения подземного пространства с помощью комбинированных вариантов устройства фундаментов. Варианты должны включать не только традиционные методы, но и устройство баретт. Использование бареттного фундамента позволяет рационализировать количество свай под зданием, так как они обладают значительно большей несущей способностью и минимально влияют на окружающие грунты и застройку [6]. Что касается распорной системы в виде грунтовых анкеров, их основным преимуществом является освобождения пространства котлована от распорок и подкосов, что в значительной мере упрощает и ускоряет производство строительных работ.

Список литературы

1. А. Б. Пономарев, Ю. Л. Винников «Подземное строительство», г. Пермь, 2014;
2. О. А. Шулятьев «Фундаменты высотных зданий», г. Москва, 2014;
3. Р. Э. Дашко, А. М. Жукова «Инженерно-геологические проблемы строительства высотных зданий в Санкт-Петербурге в условиях освоения подземного пространства», г. Санкт-Петербург, 2011
4. А. И. Осокин, С. В. Татаринов, Е. В. Макарова «Система геотехнического мониторинга как средство обеспечения безопасности строительства»
5. З. Г. Тер-Мартirosян, В. В. Сидоров, П. В. Струнин «Теоретические основы расчета фундаментов глубокого заложения свай и баретт»
6. Р. А. Мангушев, А. И. Осокин, С. Н. Сотников «Геотехника Санкт-Петербурга. Опыт строительства на слабых грунтах», – М.: Изд-во АСВ, 2018 – 386 с.

Научный руководитель: Лосева Елизавета Сергеевна, к.т.н., ст. преподаватель, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Исследование физико-химических свойств отходов сжигания угля, металлургического производства и процессов синтеза на их основе вспененных геополимерных материалов строительного назначения

Аннотация. Проведено исследование химического состава, фазового состава отходов сжигания угля (золошлаковой смеси Новочеркасской ГРЭС) и отходов металлургического производства (сталеплавильного шлака АО «Тагмет»), установлена принципиальная возможность синтеза вспененных геополимерных материалов на их основе. Проведен синтез вспененного геополимерного материала на основе золошлаковой смеси Новочеркасской ГРЭС, сталеплавильного шлака АО «Тагмет», щелочного активатора – смеси растворов гидроксида калия и метасиликата калия, а также газогенерирующей добавки – алюминиевого порошка. Исследованы физико-механические свойства синтезированного образца вспененного геополимерного материала, а также его фазовый состав.

Ключевые слова: отходы сжигания угля, отходы металлургического производства, геополимерные материалы, щелочные активаторы, теплоизоляционные материалы.

Yuri V. Novikov
*Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI),
Novocherkassk, Russia, novikovtnv@yandex.ru*

Study of physical and chemical properties of waste from coal combustion, metallurgical production and processes of synthesis of foamed geopolymer materials based on them

Abstract. The chemical composition and phase composition of coal combustion waste (ash and slag mixture of Novocherkassk TPP) and metallurgical production waste (steel-smelting slag of JSC Tagmet) were studied, and the fundamental possibility of synthesizing foamed geopolymer materials on their basis was established. A foamed geopolymer material was synthesized on the basis of ash and slag mixture of Novocherkassk TPP, steel-smelting slag of JSC Tagmet, alkaline activator – a mixture of potassium hydroxide and potassium metasilicate solutions, gas-generating additive – aluminum powder. The physicomachanical properties of the synthesized sample of foamed geopolymer material, as well as its phase composition, were studied.

Keywords: coal combustion waste, metallurgical waste, geopolymer materials, alkaline activators, thermal insulation materials.

Геополимеры – новый класс материалов, получаемый путем воздействия на алюмосиликатное сырье сильнощелочных растворов, называемых щелочными активаторами. В результате взаимодействия щелочей с алюмосиликатами, происходит растворение оксидов кремния и алюминия, протекают процессы гидролиза, олигомеризации, полимеризации и конденсации. Новообразованный полимерный гель связывает между собой непрореагировавшие или частично прореагировавшие частицы алюмосиликатов.

В качестве сырья для синтеза геополимеров могут быть использованы как природные материалы, такие как полевошпатные горные породы, термически обработанные каолины и т.д., так и на основе техногенных минеральных отходов, среди которых можно выделить богатые алюмосиликатами отходы, такие как золы и шлаки угольных электростанций, металлургические шлаки, отходы переработки бокситов [1, 2]. Применение отходов производств является предпочтительным для синтеза геополимеров, так как это способствует и экономическому эффекту, за счет дешевизны конечного материала, и устойчивому развитию [3, 4].

Особый интерес представляют вспененные геополимерные материалы, обладающие малой плотностью и низкой теплопроводностью. Ячеистая структура вспененных геополимерных материалов достигается за счет введения в сырьевую смесь газогенерирующих добавок, способных вступать во взаимодействие с сырьевыми компонентами с образованием газов, вспенивающих жидкую геополимерную смесь [5]. Такие материалы могут быть использованы в строительстве зданий и сооружений в качестве теплоизоляции, выступать конкурентом по отношению к традиционно используемым органическим теплоизоляционным материалам, обладающим высокой горючестью и недолговечностью.

Целью настоящей работы является исследование получения вспененных геополимерных материалов на основе отходов сжигания угля на Новочеркасской ГРЭС (г. Новочеркасск, Ростовская область) и металлургического сталеплавильного шлака АО «Тагмет» (г. Таганрог, Ростовская область).

Для установления возможности использования отходов сжигания угля, а именно – золошлаковой смеси (ЗШС) Новочеркасской ГРЭС и сталеплавильного шлака (СШ) АО «Тагмет», был проведен комплекс их физико-химических исследований. Был выполнен рентгенофлуоресцентный анализ данных отходов с целью установления их химического (оксидного состава), результаты которого приведены в таблице 1.

Таблица 1

Химический (оксидный) состав используемых отходов

Отход	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	ППП
ЗШС	56.12	18.78	10.27	2.08	0.92	3.04	3.10	0.78	0.13	0.13	0.31	9.23
СШ	14.65	15.62	-	5.72	-	0.09	49.03	0.31	-	0.018	3.15	-11.60

Как видно из таблицы 1, химический (оксидный) состав ЗШС, более чем наполовину представлен оксидом кремния, а также содержит значительные количества оксидов алюминия и железа, что подтверждает возможность использования данного сырья для синтеза геополимеров. Химический (оксидный) состав СШ, практически наполовину выражен оксидом кальция, что характерно для шлаков, образованных при выплавке чугуна и стали. Данный фактор придает отходу высокую реакционную способность, ввиду определенной пуццолановой активности CaO и некоторых его соединений, способных образовывать при затворении смеси водными растворами щелочных активаторов силикаты кальция. Низкое содержание оксида кремния препятствует возможности использования чистого СШ для синтеза геополимеров. В связи с чем было принято решение о введение его в геополимерную смесь в качестве вспомогательной добавки.

Был выполнен рентгенофазовый анализ исследуемых отходов. Результаты рентгенофазового анализа приведены на рисунке 1.

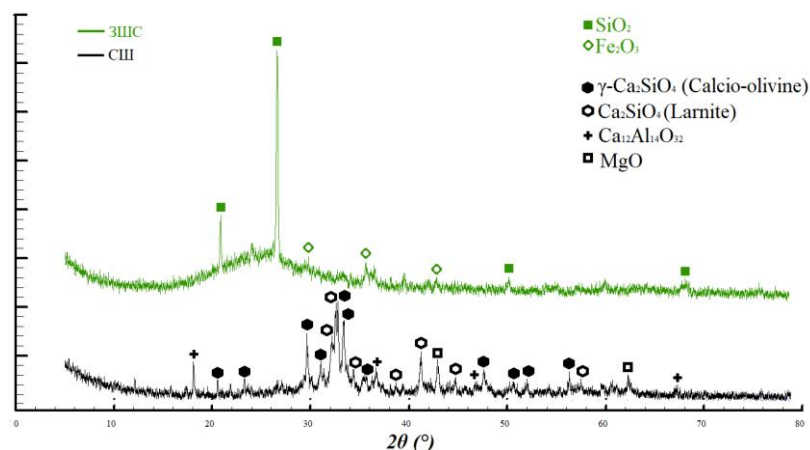


Рис. 1. Рентгенограммы золошлаковой смеси Новочеркасской ГРЭС и сталеплавильного шлака АО «Тагмет»

Как видно из рисунка 1, фазовый состав ЗШС представлен двумя кристаллическими фазами – SiO_2 в форме кварца, а также Fe_2O_3 – в форме гематита. В целом, данный фактор подтверждается химическим составом ЗШС, где SiO_2 и Al_2O_3 являются одними из основных компонентов. Кроме того, в составе ASW наблюдается гало в диапазоне 5–20 °, что свидетельствует о наличии в отходе стекловидной аморфной фазы, образованной при плавлении минеральной рудной части твердого угольного топлива.

Фазовый состав СШ, согласно рисунку 1, выражен наличием двух разных форм ортосиликата кальция – $\gamma\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$, представленной минералом кальциевым оливином, и Ca_2SiO_4 , представленной минералом ларнитом. Эти фазы образованы в шлаке при высокотемпературной обработке исходных металлических руд, в результате которой происходит взаимодействие оксидов кальция и иных кальцийсодержащих компонентов с диоксидом кремния, поступающим из природных минералов или других добавок. Также, в СШ наблюдается наличие фазы $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{32}$, представляющей собой кальциевый алюминат, образованный при высокотемпературной обработке металлической руды в результате взаимодействия оксидов кальция и алюминия. Наличие кальциевого алюмината свидетельствует о реакционной способности СШ, так как при затворении водой, он склонен к образованию гидроалюминатов кальция, способных вступать во взаимодействие с щелочными компонентами активатора с образованием полисиалатных цепей. Наименее интенсивно в СШ выражена кристаллическая фаза, представленная MgO в форме периклаза, источником которого являются магниевые соединения в исходных металлических рудах.

Для синтеза вспененных геополимерных материалов был разработан сырьевой состав, представленный в таблице 2.

Таблица 2

Сырьевой состав для синтеза вспененного геополимерного материала

Компонент	ЗШС	СШ	Гидроксид калия	Метасиликат калия	Алюминиевый порошок (сверх 100)
Содержание, %	65	10	2,5	22,5	2

На первом этапе производили подготовку золошлаковой смеси и сталеплавильного шлака, включающую их сушку при температуре 110 °С и помолу в шаровых лабораторных мельницах до размера частиц менее 250 мкм. Согласно таблице 2, производили смешение сырьевых компонентов по следующей технологии: в отдельной емкости готовили раствор щелочного активатора, путем приготовления 12М водного раствора гидроксида калия, смешения его с 45 % водным раствором метасиликата калия (калийного жидкого стекла) в течение 5 минут. Отдельно производили смешение ЗШС и СШ, после чего вводили в полученную смесь приготовленный щелочной активатор и перемешивали образованную пасту в течение 5 минут. На последнем этапе в сырьевую смесь вводили алюминиевый порошок, выступающий в качестве газогенерирующей добавки. Затем, готовую смесь помещали в кубические формы с размером граней 30 мм и подвергали сушке при 80 °С в течение 12 часов.

В результате взаимодействия алюминиевого порошка с раствором гидроксида калия, происходили образование водорода, вспенивающего реакцию смесь и придающего ей ячеистую структуру. Макроструктура синтезированного образца приведена на рисунке 2.

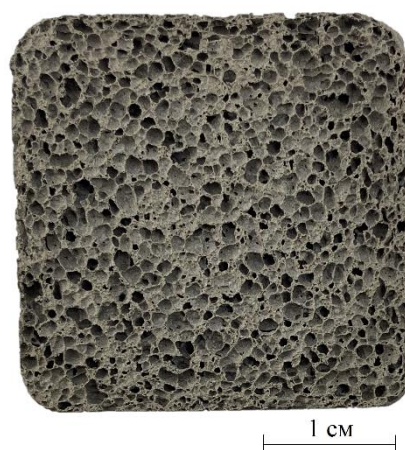


Рис. 2. Макроструктура синтезированного образца вспененного геополимерного материала

Было установлено, что прочность на сжатие синтезированного образца составляет 2,4 МПа, плотность – 356 кг/м³.

Были проведены рентгенофазовый анализ синтезированного образца. Рентгенограмма образца вспененного геополимера приведена на рисунке 3.

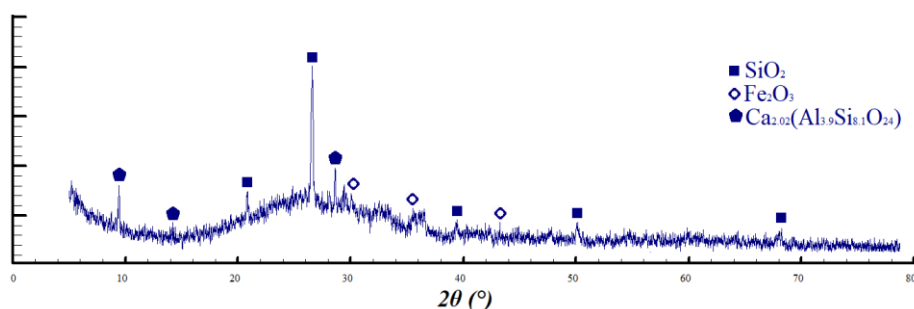


Рис. 3. Рентгенограмма образца вспененного геополимерного материала

Как видно из рисунка 3, в исследуемом образце присутствуют фазы диоксида кремния и оксида железа, вводимые через золошлаковую смесь. Также, наблюдается образование новой фазы – сложного алюмосиликата кальция, образованного в результате взаимодействия с водой и раствором щелочного активатора кальциевого алюмината, вводимого через сталеплавильный шлак.

Таким образом, в ходе исследования были исследованы физико-химические свойства золошлаковой смеси Новочеркасской ГРЭС и сталеплавильного шлака АО «Тагмет». Было установлено, что золошлаковая смесь богата диоксидом кремния, а также содержит значительные количества оксидов алюминия и железа, что свидетельствует о возможности ее применения для синтеза геополимеров. Установлено, что сталеплавильный шлак АО «Тагмет» богат оксидом кальция, но при этом содержание в нем оксидов кремния и алюминия невысоко, в связи с чем, для синтеза геополимеров возможно его использования в качестве вспомогательной добавки. Проведен синтез вспененного геополимерного материала на основе золошлаковой смеси, сталеплавильного шлака, щелочного активатора, содержащего растворы гидроксида калия и метасиликата калия, а также газогенерирующей добавки – алюминиевого порошка. Исследованы физико-механические свойства целевого продукта, а также его фазовый состав, выраженный оксидами кремния и алюминия, а также сложным алюмосиликатом кальция.

Список литературы

1. Яценко Е. А. и др. Исследование возможностей синтеза вспененных геополимерных материалов на основе золошлаковых отходов ТЭЦ Арктической Зоны РФ // Физика и химия стекла. – 2022. – Т. 48. – № 5. – С. 616–624.
2. Ерошкина Н. А. Геополимерные строительные материалы на основе промышленных отходов: моногр / Н. А. Ерошкина, М. О. Коровкин. – Пенза: ПГУАС, 2014 – 128 с.
3. Davidovits J. Geopolymers and geopolymeric materials // Journal of Thermal Analysis, 1989. Vol. 35, pp. 429–441.
4. Davidovits J. Geopolymers: Inorganic polymeric new materials // Journal of Materials Education. 1994. Vol. 16 (2, 3). P. 91–138.
5. Новиков Ю. В. Исследование процессов пенообразования при синтезе пористых щелочеактивированных геополимерных материалов на основе котельных шлаков угольных электростанций // Физико-химия и технология неорганических материалов. – 2022. – С. 269–271.

Научный руководитель: Яценко Елена Альфредовна, д.т.н., профессор, ЮРГПУ (НПИ) им. М. И. Платова, Новочеркасск, Россия.

Оценка прочностных свойств грунтов с применением прибора кольцевого среза

Анотация. Одним из методов определения прочности грунта, отвечающих на вопрос разности параметров прочности в различных точках котлована может быть кольцевой срез. Автором выполнен ряд испытаний на приборе кольцевого среза. Обработка испытаний кольцевого среза показывает зависимость параметра Лоде от касательных напряжений, вертикальных перемещений и угла закручивания. Рассчитан угол дилатансии грунта, выведена его зависимость от параметра Лоде. Приведено сравнение полученных результатов с трехосными испытаниями образцов-близнецов песчаного грунта, которое выявило расхождение по параметрам прочности и параметру Лоде – так, например, разница между удельным сцеплением доходит до 100 %. Сделан вывод о соответствии выбранной методики испытаний и их обработки данным Зарецкого Ю. К.

Ключевые слова: кольцевой срез, трехосные испытания, прочность грунта, параметр Лоде, угол дилатансии

Nadezhda V. Remizova
*Saint Petersburg state university of architecture and civil engineering,
St. Petersburg, Russia, nadevya@yandex.ru*

Evaluation of strength properties of soils using a ring shear device

Abstract. One of the methods for determining the soil strength, answering the question of the difference in strength parameters at different points of the pit can be a ring cut. The author performed a number of tests on a ring cut device. Processing of the ring cut tests shows the dependence of the Lode parameter on tangential stresses, vertical displacements and twist angle. The soil dilatancy angle is calculated, its dependence on the Lode parameter is derived. A comparison of the obtained results with triaxial tests of twin samples of sandy soil is given, which revealed a discrepancy in strength parameters and the Lode parameter – for example, the difference between specific adhesion reaches 100 %. A conclusion is made on the compliance of the selected test method and their processing with the data of Zaretsky Yu. K.

Key words: annular shear, triaxial tests, soil strength, Lode parameter, dilatancy angle.

Оценка прочностных свойств грунтов занимает важное место в работе геотехника; в частности – для прогнозирования поведения грунтового массива в ходе производства работ нулевого цикла, либо для возведения насыпей. Все методы лабораторных испытаний, направленных на определение прочности грунта, привязывают определение прочностных характеристик к теории Кулона-Мора. Однако, согласно Зарецкому Ю. К., характеристики прочности инвариантны относительно напряжённого состояния, при которых они определяются – таким образом прослеживается прямая зависимость от напряжённо-деформированного состояния грунта. Применительно к котловану на дне и бровке будет формироваться различное напряжённое состояние. Принципиальная разность положения площадок главных напряжений будет зависеть от локализации данных параметров в самом котловане. Зона поверхности сдвига будет характеризоваться переходным между сжатием и растяжением состоянием, тогда как на бровке котлована проявляется преимущественно сжимающее воздействие, а на дне котлована – растяжение вследствие разуплотнения грунта после его экскавации. Одним из методов определения прочности грунта, отвечающих на вопрос разности параметров прочности в различных точках котлована может быть кольцевой срез.

Для изучения состояния вопроса и особенностей работы прибора кольцевого среза было выполнено следующее:

1. Изучен отечественный и зарубежный опыт в части определения прочностных характеристик дисперсных грунтов;
2. Отмечена важность методики отбора проб грунтов и выбора методики определения прочностных характеристик грунтов;
3. Проведена серия испытаний песчаных грунтов на приборе кольцевого среза;
4. Проведена серия испытаний песчаных грунтов на приборе трёхосного сжатия;
5. Определён параметр Лоде и особенности его выражения на разных этапах испытания для различных серий испытаний;
6. Качественно продемонстрирован угол дилатансии, выраженный косвенным образом через учёт касательных напряжений и вертикальных перемещений в ходе испытания;
7. Проведено сравнение результатов определения прочностных характеристик грунтов на приборе кольцевого среза приборе трёхосного сжатия.

В результате была подобрана и апробирована схема испытания, наиболее полно отражающая работу грунта в части переходного состояния между трёхосным сжатием и трёхосным растяжением.

Была отмечена важность методики обработки испытания и учёта параметров, коррелирующих с формулами, дающих наиболее полную картину напряжённого состояния грунта.

Выявлены закономерности изменения прочностных характеристик в зависимости от методики испытания и его последующей обработки.

Корреляция между испытаниями на кольцевом срезе и приборе трёхосного сжатия показала следующие расхождения:

- разница в значениях угла внутреннего трения составила порядка 10 %;
- разница между значениями удельного сцепления составила 100 %;
- значения параметра Лоде по расчётам трёхосных испытаний составляют – 1, тогда как в кольцевом срезе этот же параметр составил порядка 0,75.

Полученные результаты в целом соответствуют экспериментам Зарецкого Ю. К. и его учеников и показывает эффективность применения метода определения прочностных характеристик грунта при помощи прибора кольцевого среза для больших деформаций.

Список литературы

1. Болдырев Г. Г. Методы определения механических свойств грунтов с комментариями к ГОСТ 12248–2010, 2-е изд., доп. и испр. – М.: ООО «Прондо», 2014. – 814 с.
2. Васенин В. А., 2018. Оценка закономерностей изменения физических свойств глинистых отложений на территории Санкт-Петербурга и их связь с механизмами переуплотнения. Геотехника, Том X, № 3, с.70–86.
3. Васенин В. А., 2019. Метод определения давления переуплотнения на основе статистических зависимостей распределения индекса компрессии. Часть 1. Обоснование метода. Инженерная геология, Том XIV, № 3, с. 38–57, <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2019-14-3-38-57>.
4. Васенин В. А., 2019. Компрессионная сжимаемость глинистых грунтов Санкт-Петербурга. Часть 2. Сопоставление корреляционных зависимостей для Балтийского региона. Геотехника, Том XI, №1, с.6-21, <https://doi.org/10.25296/2221-5514-2019-11-1-6-21>.
5. Васенин В. А., 2020. Метод определения давления переуплотнения на основе статистических зависимостей распределения индекса компрессии. Часть 3. Верификационные возможности метода и основные причины переуплотнения грунтов на территории Санкт-Петербурга. Инженерная геология, Том XV, № 1, с. 20–34, <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2020-15-1-20-34>.
6. Пол В. Мэйн, Мэтью Р. Куп, Сара М. Спрингман, Ан-Бин Хуанг, Йорге Г. Цорнбег, 2012. Поведение геоматериалов и геотехнические испытания. Развитие городов и геотехническое строительство, вып. №1/2012, с. 1–26.

7. Ремизова Н. В. 2024. Влияние структуры образцов слабых глинистых грунтов на результаты определения недренированной прочности. Экономика строительства, №6/2024, с. 298–302.
8. Федоренко В. В. 2023. Интерпретация результатов испытаний при определении прочностных характеристик грунтов. История и состояние вопроса. Грунтоведение, №1/2023, с. 34–46.
9. Mangushev R., Bashmakov I., Paskacheva D. & Kvashuk A., 2023. Mathematical modeling of undrained behavior of soils. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, 19(1), 97–111. <https://doi.org/10.22337/2587-9618-2023-19-1-97-111>.
10. Ladd C. C., Lambe T. W., 1963. The strength of undisturbed clay determined from undrained tests. Proceedings of the Symposium on Laboratory Shear Testing of Soils, ASTM STP 361, Philadelphia, 1963, pp. 342–371.
11. Lunne T., Berre T.V., Strandvik S., 1998. Sample disturbance effects in deep water soil investigations. Offshore Site Investigation and Foundation Behaviour 'New Frontiers, Proceedings of the International Conference, London, UK, 1998, pp. 81–103.
12. Terzaghi K., Peck R.B., Mesri G., 1996. Soil mechanics in engineering practice. John Wiley and Sons, New York.

Научный руководитель. Полунин Вячеслав Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры геотехники, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Scopus ID: 57222318443, n1ce2u@yandex.ru.

Верификация расчетных моделей с учетом физической нелинейности сталефибробетонных зданий, проектируемых для сейсмических районов

Danil O. Saradov
Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia

Verification of design models taking into account physical nonlinearity steel-fibre concrete buildings designed for seismic regions

Текущие методы расчета, такие как линейно-спектральный метод, учитывает нелинейное поведение конструкций через ввод коэффициента K_1 [1]. Однако этот коэффициент единый для всех зданий в сейсмических районах, хотя его применимость подтверждена только для простых конструкций [2]. Точное понимание работы конструкций под воздействием сейсмических сил требует анализа, основанного на нелинейных методах.

Современные тенденции в строительстве требуют улучшения физико-механических и эксплуатационных характеристик материалов, снижения затрат и повышения эффективности. Сталефибробетон, как один из перспективных строительных материалов, отвечает этим требованиям. Дисперсное армирование фибробетона различными видами волокон открывает новые возможности для управления свойствами композита. Однако вопросы полиармирования до сих пор недостаточно изучены, и существует потребность в дальнейших исследованиях.

Применение сталефибробетона в строительстве зданий в сейсмических районах обосновано включением стальных волокон, способных эффективно сопротивляться трещинообразованию. Это особенно важно в условиях сейсмической активности, где здания подвергаются динамическим и циклическим нагрузкам [3]. Улучшенная пластичность сталефибробетона позволяет конструкциям перераспределять нагрузки и предотвращать внезапные обрушения, что повышает безопасность зданий.

Целью исследования является верификация расчетных динамических моделей многоэтажных сталефибробетонных зданий рамно-связевой и перекрестно-стеновой конструктивных схем с учетом нелинейной работы, оценка их сейсмостойкости с использованием нелинейных динамических методов.

Методологической основой работы являлись исследования зарубежных и отечественных авторов в области сейсмостойкого строительства и численных методов расчета. В работе применялись следующие методы:

- Моделирование. Проводилось численное моделирование сталефибробетонных образцов, отдельных несущих элементов, многоэтажных сталефибробетонных зданий с применением расчетных динамических моделей с учетом нелинейной работы несущих конструкций. Синтезировалась трехкомпонентная акселерограмма [4];
- Сравнение. По результатам исследования была произведена верификация моделей нелинейных материалов. Сравнение уровня сейсмостойкости полученных и нормативных значений коэффициента K_1 сталефибробетонных зданий рамно-связевой и перекрестно-стеновой конструктивных схем;
- Анализ. Для верификации и оценки сейсмостойкости сталефибробетонных зданий проведен подробный анализ полученных в процессе численных исследований результатов.

Из анализа результатов, полученных в ходе работы, можно сделать следующие ключевые положения:

- Присутствие волокон в композите оказывает существенное влияние на механизм разрушения. Образцы с высоким содержанием волокон после разрушения демонстрируют сохранение геометрической целостности, в то время как в образцах с меньшим содержанием волокон наблюдаются образование широких наклонных трещин и отслоение фрагментов сталефибробетона;
- Выполнены численные исследования по верификации расчетных моделей отдельных несущих элементов балок и колонн. Картина разрушения балок и колонн, полученная по результатам моделирования с использованием различных моделей материалов в целом совпадает с картиной разрушения, полученной по результатам экспериментальных исследований. Значение предельной разрушающей нагрузки достаточно хорошо совпадает с результатами экспериментальных исследований;
- Расчет многоэтажного здания с различными конструктивными схемами на нелинейно-деформируемом грунтовом основании показал, что для рассматриваемых зданий, запроектированных по нормам сейсмостойкого строительства с учетом коэффициента K_1 имеет коэффициент запаса несущей способности 1,4;
- Расчет по линейно-спектральному анализу с экспериментально найденный коэффициент $K_1=0,18$ показывает сходимость результатов в 11 % по сравнению с нелинейным анализом.

Список литературы:

1. СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*». – М.: Стандартинформ, 2018. – 115 с.
2. Соснин А. В. Об уточнении коэффициента допускаемых повреждений K_1 и его согласованности с концепцией редукции сейсмических сил в постановке спектрального метода // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 1(60). С. 92–116.
3. Рабинович, Ф. Н. Дисперсно-армированные бетоны / Ф. Н. Рабинович. – М.: Стройиздат, 1989. – 176 с.
4. Мкртычев, О. В. Синтезирование наиболее неблагоприятных акселерограмм для линейной системы с конечным числом степеней свободы / О. В. Мкртычев, А. А. Решетов // International Journal of Computer and Communication System Engineering. – 2015. – volume 11, issue 3. – P. 101–115.

Научный руководитель: *Алексеев Александр Васильевич, к.т.н., доцент, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.*

Влияние длины свай на несущую способность свайного фундамента

Almaz I. Sattarov
Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia

The influence of pile length on the bearing capacity of pile foundation

В работе предлагается обоснование использования свайного фундамента с применением свай разной длины.

Актуальность исследования заключается в применении свай разной длины способствует снижению относительной неравномерности осадок фундамента; в отличие от свайного фундамента с постоянной длиной свай, разная длина свай дает преимущество в снижении материалоемкости; неравномерным распределением нагрузки в составе фундамента [1].

Цели и методы исследования заключаются в изучении работы и целесообразности свайного фундамента, имеющего в своем составе сваи различной длины с целью уменьшения его осадки в различных геологических условиях. Использовать методы математического и численного моделирования, а также с помощью эмпирических методов – изучение научной литературы, исследований российских и зарубежных авторов.

Вариант фундамента с одинаковой длиной свай во многих случаях не является оптимальным. Чтобы уменьшить жёсткость краевых свай и увеличить жёсткость центральных, можно увеличить количество свай в центре и уменьшить на периметре [2, 3]. Однако следует помнить, что значительное сгущение свай приводит к снижению их жёсткости из-за взаимного влияния [4]. Для достижения равного прироста жёсткости основания необходимо использовать больше свай. Однако разрежение свай на периметре может привести к увеличению средней осадки сооружения [5]. Также можно изменить жёсткость основания, изменяя длину или диаметр свай. Важно увеличить жёсткость в центре фундамента и снизить её на краях. Численное моделирование было произведено в программе Midas GTS NX на примере 37-и этажного высотного жилого здания, где в результате необходимо выбрать наиболее оптимальный вариант конструирования фундамента.

В качестве результатов можно сказать, что при рассмотрении взаимосвязи между нагрузкой на сваю и ее осадкой можно отметить, что периферийные сваи обладают большей жесткостью, в то время как центральные имеют наименьшую жесткость [6]. Для снижения жесткости краевых свай и увеличения жесткости центральных свай можно изменить длины свай. Используя более длинные сваи в центре и более короткие сваи по периметру фундамента, можно уменьшить осадку в центральной части [7]. Такой подход позволяет частично скорректировать неравномерность осадки фундамента при строительстве высотных зданий.

По результатам проведенной работы можно выделить, что использование свай разной длины приводит к более безопасной и экономически выгодной конструкции с точки зрения материалоемкости, но требует сложных расчетов [8]. В связи с несовершенством методологии технологии, ее дальнейшее развитие требует оптимизации выбора длины свай и их расстановки.

Список литературы:

1. Wu M. Analysis of the influence of pile foundation settlement of high-rise buildings on surrounding buildings // Arab J Geosci. 2020. Vol. 13. 822. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05832-7>.
2. Leung Y. F., Klar A., Soga K. Theoretical Study on Pile Length Optimization of Pile Groups and Piled Rafts // Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. 2010. Vol. 136, no 2. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0000206](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0000206).
3. Sychkina E. N., Ofrikhter I. V., Ponomaryov A. B. Bearing capacity equations of piles in weathered claystone and sandstone // Magazine of Civil Engineering. 2020. Vol. 97, no 5. 9704. <https://doi.org/10.18720/MCE.97.4>.
4. Ponomarev A. B., Akbul'yakova E. N., Ofrikhter Y. V. Prediction of Bearing Capacity of Driven Piles in Semi-Rocky Soils // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2020. Vol. 57. pp. 133–138. <https://doi.org/10.1007/s11204-020-09648-1>.
5. Zheng Li, Sandra Escoffier, Panagiotis Kotronis. Study on the stiffness degradation and damping of pile foundations under dynamic loadings // Engineering Structures. 2020. Vol. 203. 109850. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109850>.
6. Demenkov P. A., Goldobina L. A., Trushko O. V., GEOTECHNICAL BARRIER OPTIONS WITH CHANGED GEOMETRIC PARAMETERS // International Journal of GEOMATE. 2020. Vol.19. pp. 58-65. <https://doi.org/10.21660/2020.75.78558>.
7. T. Senjuntichai, N. Sornpakdee, S. Keawsawasvong, B. Phulsawat, R.K.N.D. Rajapakse. Consolidation settlement of vertically loaded pile groups in multilayered poroelastic soils // Transportation Geotechnics. 2023. Vol. 38. 100904. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2022.100904>.
8. R. K. Madhumathi, A. Abisha. Experimental investigation on single pile subjected to lateral load // Materials Today: Proceedings. 2020. Vol. 24. pp. 2244–2249, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.751>.

Научный руководитель: Захаров Александр Викторович, к.т.н., доцент, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Влияние органических включений на пучинистые свойства грунтов

Аннотация. Актуальность исследования свойств морозного пучения грунтов и грунтовых оснований обусловлена значительными материальными затратами, связанными с мероприятиями по устранению этого опасного для многих зданий (сооружений) и их фундаментов явления. Одним из способов устранения или уменьшения пучинистости грунта может стать введение в него различного рода добавок, например, органических включений (органоминеральные грунты, древесные стружки и опилки, торф и т.п.). Часто органические и органоминеральные грунты используются в качестве оснований без предварительной подготовки. Для оценки влияния органической составляющей на пучинистые свойства грунта автором были проведены лабораторные исследования со специально подготовленными образцами, имеющими различное процентное (по массе) содержание органики. Степень морозного пучения оценивалась по изменению объёма образцов грунта при их промораживании. Результаты экспериментов показали положительный эффект (снижение пучинистости грунта) при увеличении объёма вводимого в грунт органического вещества (торфа).

Ключевые слова: морозная пучинистость, содержание органики, изменение объёма.

Ivan V. Shelskij
NGASU (Sibstrin), Novosibirsk, Russia, shelskij01@mail.ru

The effect of organic inclusions on the heaving properties of soils

Abstract. The relevance of the study of the properties of frost heaving of soils and groundwater bases is due to the significant material costs associated with measures to eliminate this phenomenon, which is dangerous for many buildings (structures) and their foundations. One of the ways to eliminate or reduce the heaviness of the soil may be the introduction of various kinds of additives into it, for example, organic inclusions (organomineral soils, wood shavings and sawdust, peat, etc.). Organic and organomineral soils are often used as bases without prior preparation. To assess the effect of the organic component on the heaving properties of the soil, the author conducted laboratory studies with specially prepared samples having different percentages (according to mass) the content of organic matter. The degree of frost heaving was estimated by the change in the volume of soil samples during their freezing. The experimental results showed a positive effect (reduction of soil heaviness) with an increase in the volume of organic matter (peat) introduced into the soil.

Keywords: frost heaviness, organic matter content, volume change.

Освоение территорий Сибири и Крайнего Севера, расположенных в условиях пространства многолетне- и сезонномерзлых грунтов, неразрывно связано со строительством там зданий и сооружений. Фундаменты в таком случае часто могут располагаться, в том числе, в пучинистых при промерзании и заторфованных грунтах. Ввиду этого актуальной стала проблема оценки и возможности изменения влияния криогенного пучения грунтов на устойчивость и несущую способность фундаментов зданий (сооружений).

В настоящее время в рамках проведения изысканий для сооружений повышенного (КС-3) и нормального (КС-2) уровней ответственности степень морозной пучинистости грунтов определяется экспериментально в лабораторных условиях на стадиях подготовки проектной документации [1]. Для получения значений степени морозной пучинистости, которые применяют при расчётах оснований зданий (сооружений) на ранних стадиях проектирования, а также для проектирования сооружений пониженного уровня ответственности (КС-1) возможно применение специальные формул. При этом, для грунтов,

содержащих в своем составе органическое вещество, и грунтов, состоящих полностью из органики, методики получения расчетных значений степени криогенного пучения отсутствуют. Это связано с недостаточной изученностью поведения таких грунтов при действии отрицательных температур.

Наиболее эффективным (но при этом и дорогостоящим) направлением в ликвидации пучинистых свойств грунтовых оснований является замена таких грунтов на непучинистые. Особенно это становится заметным, когда речь идет о строительстве в районах распространения вечномёрзлых грунтов и северных регионах страны. Общая заторфованность территории здесь может достигать до 80 % по площади. Добавление в пучинистые грунты грунтов с определенным содержанием органических веществ или органики (например, торфа) может положительно сказаться на характеристиках основания в плане снижения степени криогенной пучинистости.

Целесообразным в этих случаях представляется создание таблиц степени пучинистости органоминеральных грунтов заданной влажности, в зависимости от процентного содержания в них органики, полученных на основании комплекса лабораторных исследований. Такой подход позволит на первых этапах проектирования и при проектировании сооружений пониженного уровня ответственности оценить опасности проявления сил морозного пучения без дорогостоящих натурных исследований, а также дать представления о прогнозных деформациях морозного пучения оснований и фундаментов.

Автором настоящей исследовательской работы в рамках проведенных экспериментов в качестве методологии применялся процесс физического моделирования промораживания заранее подготовленных образцов грунтов известной влажности, с различным содержанием органического вещества (торфа) в их составе. Методика исследований состояла в наблюдении и фиксировании изменения объёма образцов грунта, помещенных в морозильную камеру, анализе полученных результатов и формулировании выводов.

Для фиксации изменения объёма грунта из металла были изготовлены специальные ёмкости-грунтоносы. Ёмкости-грунтоносы в данном случае представляли собой условно недеформируемые стаканы, выполненные из труб (ГОСТ 10704-91) и пластин (ГОСТ 103-2006), с внутренним объёмом 250 см³. Для фиксации первоначального объёма грунта и его изменения при промораживании по боковой поверхности ёмкостей-грунтоносов предусматривалось по два ряда контрольных отверстий.

Исследования пучинистых свойств заторфованных грунтов проводились на заранее подготовленных смесях грунтов известной влажности, с различным содержанием органического вещества в их составе (суглинке легком с содержанием органического вещества (торфа) от 0 до 75 %, а также на чистом нейтральном торфе при влажности 20 и 225 %). Последовательность проведения испытания каждого из образцов грунта заключалась в следующем. Компоненты смеси подготавливались (высушивались и измельчались), выбиралось процентное соотношение (по массе) между минеральной составляющей смеси (суглинки) и органической составляющей (торф). Образец взвешивался и тщательно перемешивался до однородного состояния. Определялся объём воды, необходимый для получения требуемой влажности, грунтовая смесь перемешивалась с водой. Полученная грунтовая масса помещалась в ёмкость-грунтонос до уровня нижних контрольных отверстий (200 см³) с уплотнением фиксированным давлением (0,10 МПа). Производилось замораживание образца в большеобъёмной морозильной камере при температуре –24°С. Без выемки образца грунта из морозильной камеры выполнялся контроль изменения его объёма посредством измерения количества охлажденной спиртосодержащей жидкости, заполняющей ёмкость-грунтонос до второго контрольного уровня после предварительного размещения на поверхности мерзлого грунта слоя пищевой плёнки (толщина 6 мкм). Степень пучинистости грунта определялась как отношение увеличения объёма образца после заморозания к его начальному объёму.

Анализ результатов испытаний показал существенное различие в увеличении объёмов образцов грунта в зависимости от процентного содержания торфа в составе грунта. Так, образец, состоящий из суглинка влажностью 20 % без добавления органического вещества, увеличился в объёме на 9,5 %. Образцы грунта с добавлением торфа в 25 %, 50 %, 75 % показали увеличение объёма на 8,5 %, 7,5 % и 2,0 %, соответственно. Образец из органического грунта (торф, 100 %) влажностью 20 % не проявил признаков морозного пучения (0 %). Образец из торфа с влажностью 225 %, при этом, увеличивался в объёме на 5 %. Для подтверждения достоверности результатов испытаний, получаемых по указанной методике, выполнены исследования изменения объёма чистой воды при замораживании. Зафиксированные значения увеличения объёма воды на 10-11 % позволяют судить о достаточной надёжности выбранного способа измерения.

Первый этап проведенных экспериментальных исследований позволяет сделать вывод об эффективности введения органических добавок в грунты и грунтовое основание с целью снижения или даже ликвидации явления морозного пучения. Что, в свою очередь, может приводить к существенному снижению стоимости строительства за счёт отказа от закупки и транспортировки грунта при его замене на площадке застройки. Дальнейшие эксперименты с органоминеральными грунтами, имеющими различное процентное содержание органики и различную влажность, позволят создать необходимую базу данных о степени морозной пучинистости таких грунтов и могут быть с успехом использованы при качественной оценке опасности проявления морозного пучения без экспериментальных исследований свойств таких грунтов. Однако для достижения этой цели предварительно потребуется проведение большого объёма экспериментальных исследований в указанном направлении.

Список литературы

1. ГОСТ 28622.2012. Грунты. Метод лабораторного определения степени пучинистости. Москва: Стандартинформ.2012.

Научный руководитель: *Линовский Станислав Викторович, канд. техн. наук, доцент, кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин).*

Влияние городской застройки в г. Могилев на тоннель метрополитена по проспекту Мира

Аннотация. Развитие подземного городского пространства набирает обороты в последние годы, в связи с развитием строительных технологий и появление новых машин и механизмов. влияния городской застройки на тоннели метрополитена при разной глубине залегания. Создана цифровая модель объекта на базе BIM технологий с применением виртуальной реальности. Выполнен расчет несущей способности тоннелей метрополитена с использованием программного комплекса SOFiSTiK. Выполнен анализ полученных результатов и построены графики зависимости изменения глубины залегания тоннеля, с учетом городской застройки.

Ключевые слова: тоннель, подземный многофункциональный комплекс, BIM, цифровая модель объекта, проектирование, конструкции, расчет, транспортное сооружение, несущая способность, виртуальная реальность.

Aleksey D. Shcherboa
BNTU, Minsk, Belarus, shherboa@bk.ru

The impact of urban development in Mogilev on the subway tunnel along Mira Avenue

Abstract. The development of underground urban space has been gaining momentum in recent years, due to the development of construction technologies and the emergence of new machines and mechanisms. the influence of urban development on subway tunnels at different depths of occurrence. A digital model of the object based on BIM technologies using virtual reality has been created. The calculation of the bearing capacity of the subway tunnels was performed using the SOFiSTiK software package. The analysis of the obtained results is performed and graphs of the dependence of the change in the depth of the tunnel are constructed, taking into account urban development.

Keywords: tunnel, underground multifunctional complex, BIM, digital object model, design, structures, calculation, transport structure, load-bearing capacity, virtual reality.

Город Могилев является вторым областным городом по количеству населения в Республике Беларусь. На уровне правительства постоянно обсуждался вопрос начала строительства метрополитена в данном населённом пункте для обеспечения непрерывного пассажиропотока. На сегодняшний день в час пик на основных магистралях города образуются пробки что негативно влияет на имидж города (рис. 1). В рамках курсовой работы мною была разработана цифровая модель подземного транспортного сооружения, состоящая из подземного перекрестка, многофункционального комплекса совмещённого со станцией метрополитена. Место расположения объекта пересечение проспекта Мира и улицы Ленинская.

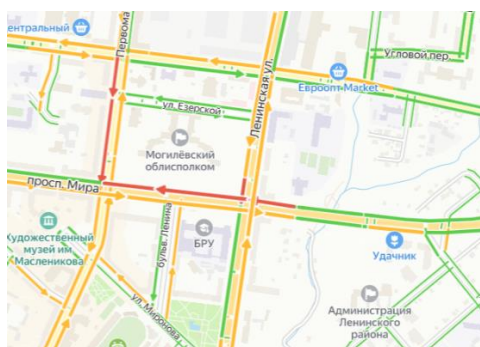


Рис.1. Дорожная ситуация в час пик г. Могилев

Используя ситуационный план городской застройки, было разработано техническое решение для исключения образования остановки движения транспортных средств, за счет перераспределения транспортных потоков под землю, с применением подземных перекрестков и системы тоннелей, позволяющих объединить существующую инфраструктуру (рис. 2).

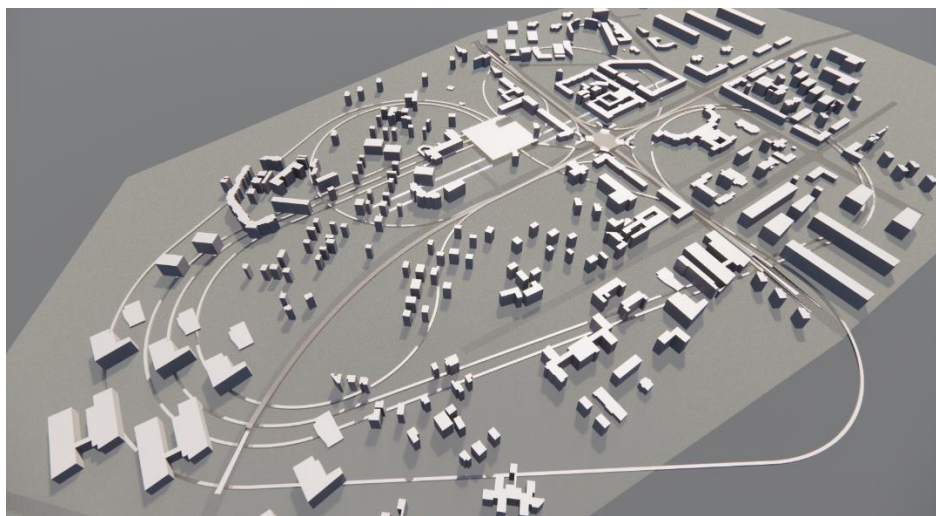


Рис.2. Цифровая модель подземного транспортного сооружения на основе BIM технологий с применением виртуальной реальности

Для обеспечения парковочных мест в центре города был предусмотрен подземный многофункциональный комплекс, включающий в себя магазины, кинотеатры, спортивные и социальные объекты. Увеличение количества людей в центральной части города необходимо распределить и уменьшить нагрузку на надземный городской транспорт, для этого было предусмотрено размещение станции метрополитена в многофункциональном комплексе (рис. 3, 4).

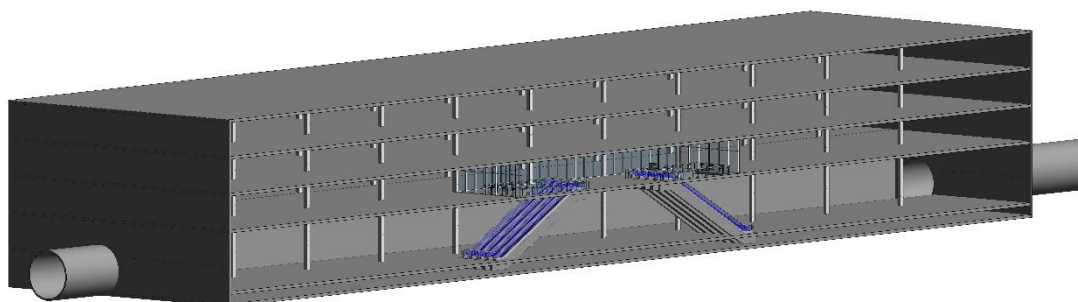


Рис. 3. Общий вид станции метрополитена

Для обеспечения непрерывного движения мною разработана система тоннелей, объединенная в подземную транспортную развязку, которая состоит из 4 уровней (рис. 5):

- На первом уровне расположен наземный перекресток.
- На втором уровне расположен подземный пешеходный переход с входом на станцию метрополитена и в многофункциональный комплекс.
- На третьем уровне расположен подземный автомобильный тоннель, который позволяет преодолевать проблемный надземный перекресток (рис. 4).
- На четвёртом уровне расположен подземный автомобильный перекресток, обеспечивающий взаимодействие с тоннелями обеспечивающих движение транспорта в и из паркинга многофункционального комплекса (рис. 6).

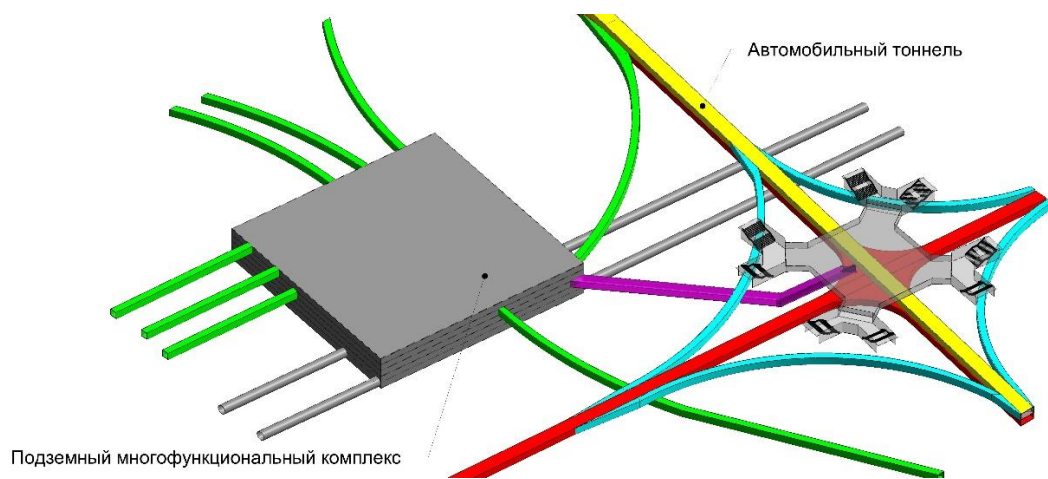


Рис. 4. Общий вид подземного многофункционального комплекса совмещенного со станцией метрополитена

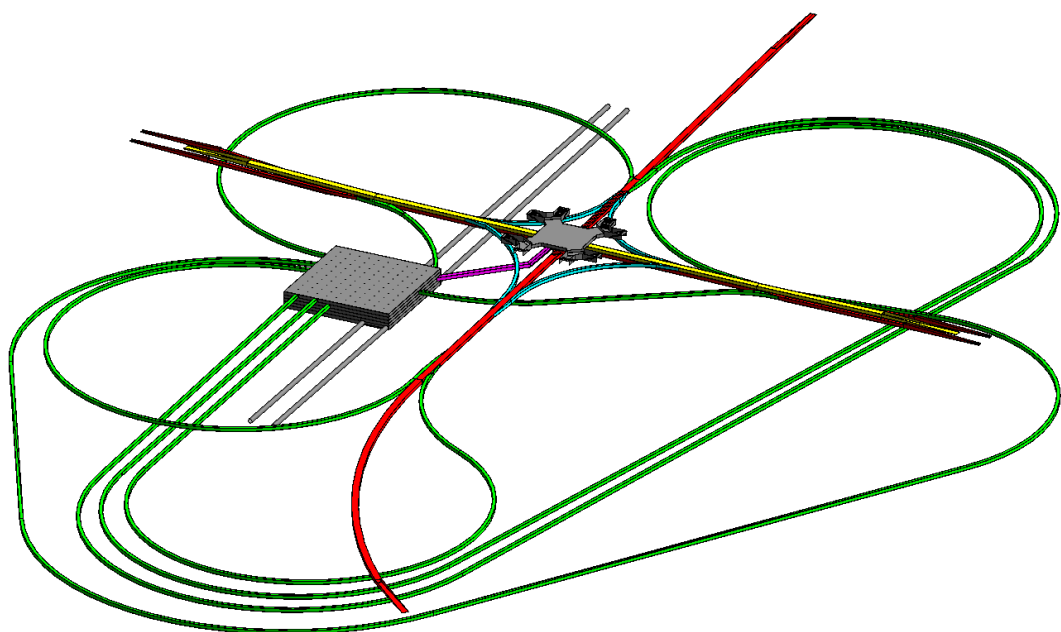


Рис. 5. Многоуровневая подземная транспортная развязка.

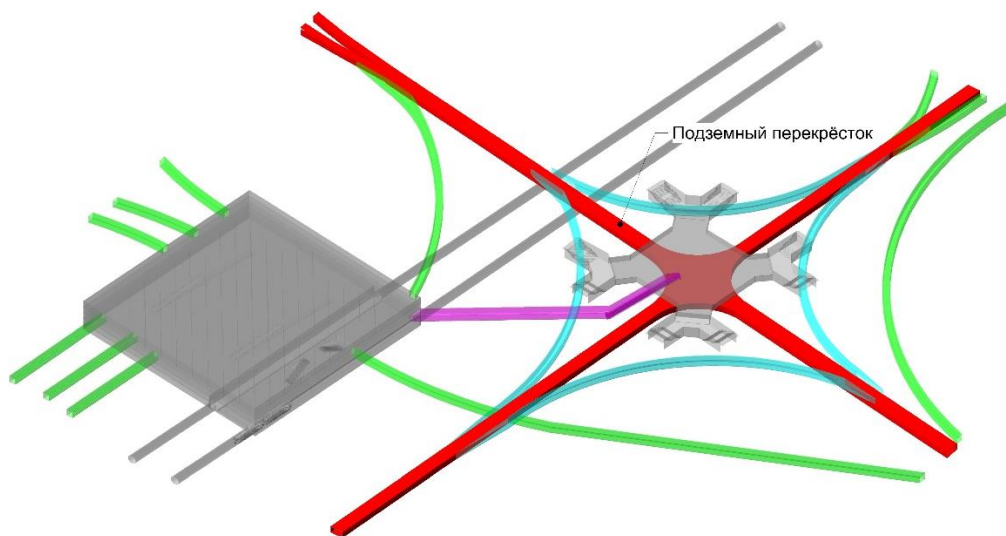


Рис. 6. Подземный автомобильный перекресток

Используя исходные данные и пятно застройки были собраны фактические нагрузки, которые использовали при создании адекватной расчетной схемы. Результаты зависимости внутренних усилий несущих конструкций, используя несколько вариантов изменения залегания глубины перегонных тоннелей метрополитена (рис. 7), изображены на рисунке (рис. 8).

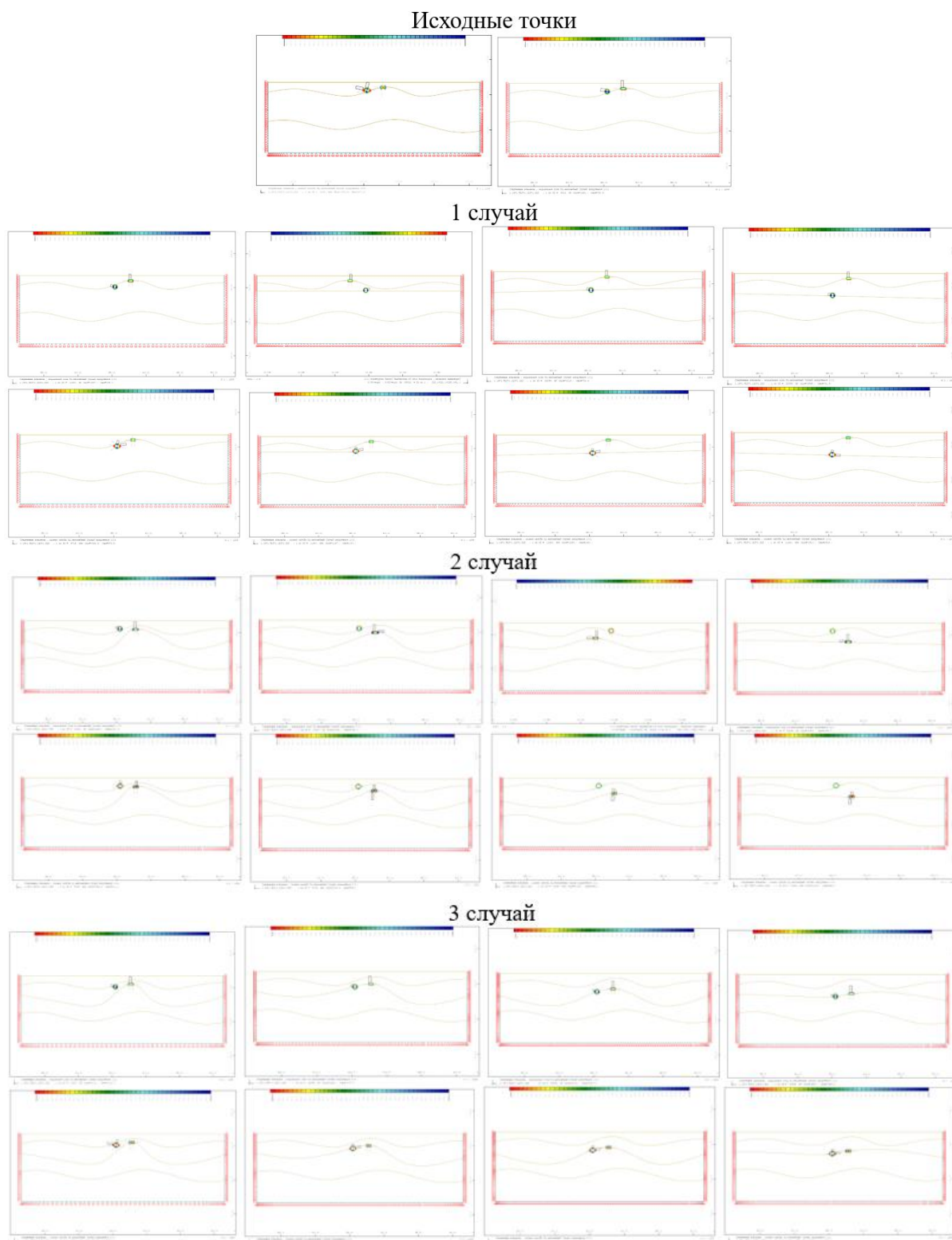


Рис. 7. Эпюры изгибающих моментов и нормальных сил при: 1 случай – изменение глубины залегания перегонного тоннеля, 2 случай – изменение глубины залегания подземного пешеходного перехода, 3 случай – изменение глубины залегания тоннеля и перехода вниз на 5, 10, 15, 20 м

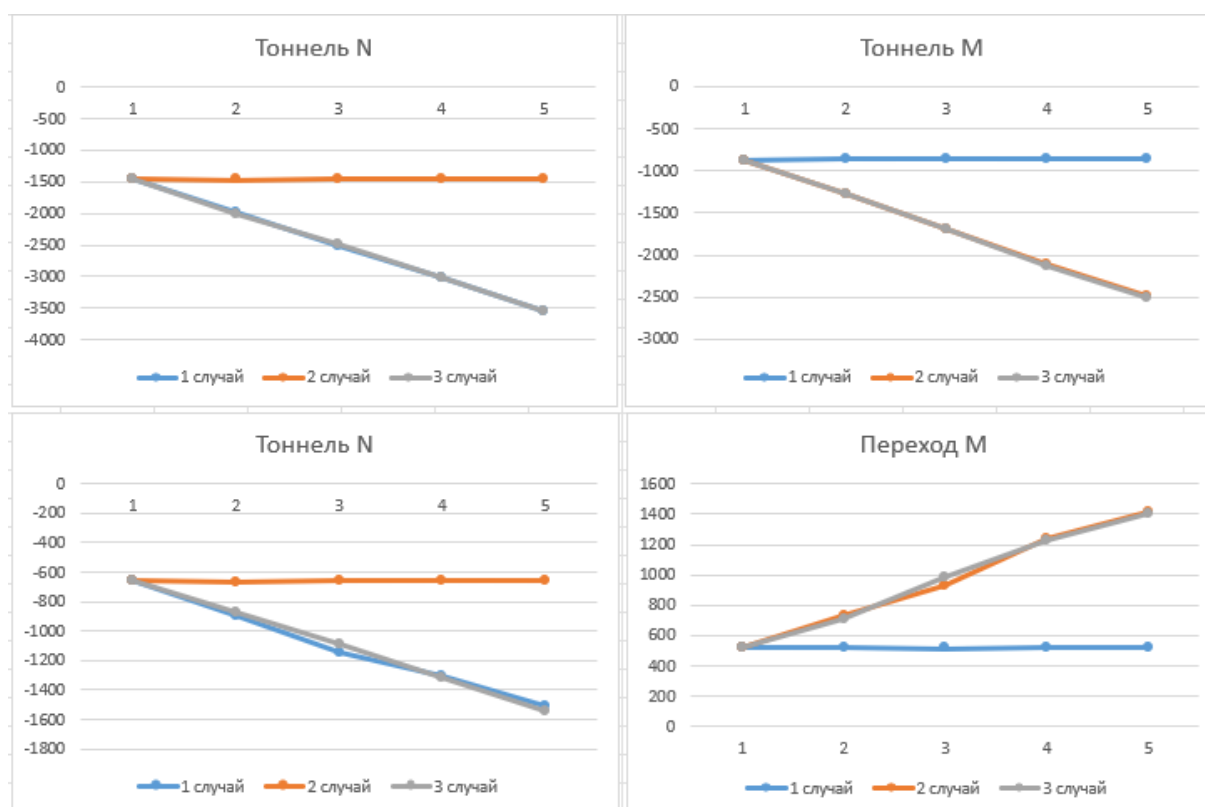


Рис. 8. Графики зависимости М и N от глубины залегания сооружений

В работе отображены все этапы создания цифровой модели сооружения, показаны основные преимущества, позволяющие оптимизировать затраты как времени, так и финансов. Создание цифровой модели объекта с применением виртуальной реальности является перспективным направлением развития с учетом отсутствия аналогов.

Внедрение данной технологии позволит создать новое направление в строительной отрасли. Внедрить такие термины, как: Цифровая модель в виртуальной реальности, Цифровой технический паспорт объекта. Разработать нормативную базу и начать выпускать молодых специалистов по данному направлению.

Анализ расчета и полученных данных показывает – оптимальное положение тоннеля будет на отметке – 8,12 метра, переход – 6,38 метра. По графикам изменения внутренних усилий в конструкциях видно, что при изменении условий необходимо выполнить их перерасчет для обеспечения несущей способности.

Научный руководитель: Яковлев Александр Александрович, старший преподаватель, БНТУ, Минск, Беларусь.

Расчетные модели для анализа колебаний одиночной сваи

Аннотация. В работе рассматриваются расчетные модели, применимые для анализа колебаний одиночной сваи в однородном и слоистом грунтовом основании, при различном закреплении концов сваи и различных единичных перемещениях верхнего конца сваи.

Ключевые слова: колебания одиночной сваи; волновые модели; колебания пластины; параметры жесткости и демпфирования; концевые усилия.

Ivan I. Yakel
NSUACE (Sibstrin), Novosibirsk, Russia, vanya.yakel@mail.ru

Calculation models for the analysis of vibrations of a single pile

Abstract. The paper considers computational models applicable to the analysis of vibrations of a single pile in a homogeneous and layered soil base, with different fixing of the ends of the pile and various single movements of the upper end of the pile.

Keywords: vibrations of a single pile; wave models; plate vibrations; stiffness and damping parameters; end forces.

Наиболее близко процессам колебаний свайных фундаментов отвечают волновые модели свайных фундаментов. Преимущества волновых моделей основаны на использовании истинных динамических характеристик грунтов, внушительной базы теоретических и экспериментальных данных.

По волновым моделям параметры жесткости и демпфирования свайного основания определяются из рассмотрения колебаний одиночной сваи или свайного куста в грунтовой среде. Свая моделируется вертикальным стержнем, расположенным в упругой анизотропной среде, который взаимодействует с грунтом по боковой поверхности (не теряет контакта) и под нижним концом. Каждый слой грунта представлен множеством бесконечно тонких независимых пластин, по которым распространяются волны, впоследствии затухая. Отношение между перемещениями и реакцией грунта по боковой поверхности стержня определяются из предложенного В.А. Барановым решения задачи о колебаниях бесконечно тонкой пластины с жестким цилиндрическим включением.

При составлении расчетной схемы свая представляется стержнем, условия опирания на верхнем конце принимаются в зависимости от сопряжения с ростверком (жесткая заделка или шарнирное сопряжение), на нижнем конце принимается шарнирное закрепление (висячая свая), либо жесткая заделка (свая-стойка). Задается единичное перемещение верхнего конца (сдвиг, поворот), в зависимости от условия опирания возникают концевые моменты и силы, которые удобно принимать, пользуясь решениями В. Колоушека:

Концевые моменты и силы стержня, защемленного с двух сторон:

$$M_{h,g} = -M(l) = \frac{EI}{l} F_2(a, d); V_{h,g} = T(l) = \frac{EI}{l^2} F_4(a, d) \text{ – при повороте;}$$

$$M_{h,g} = -M(l) = \frac{EI}{l^2} F_4(a, d); V_{h,g} = T(l) = \frac{EI}{l^3} F_6(a, d) \text{ – при сдвиге.}$$

1) Концевые моменты и силы стержня, с нижним концом, шарнирно опертым, и верхним, жестко закрепленным:

$$M_{h,g} = -M(l) = \frac{EI}{l} F_7(a, d); V_{h,g} = T(l) = \frac{EI}{l^2} F_9(a, d) \text{ – при повороте;}$$

$$M_{h,g} = -M(l) = \frac{EI}{l^2} F_9(a, d); V_{h,g} = T(l) = \frac{EI}{l^3} F_{11}(a, d) \text{ – при сдвиге.}$$

2) Концевые моменты и силы стержня, с верхним концом, шарнирно опертым, и нижним, жестко закрепленным:

$$M_{h,g} = 0; V_{h,g} = T(l) = \frac{EI}{l^3} F_{12}(a, d) - \text{при сдвиге.}$$

3) Концевые моменты и силы стержня, с двумя концами, шарнирно закрепленными:

$$M_{h,g} = 0; V_{h,g} = T(l) = \frac{EI}{l^3} F_{14}(a, d) - \text{при повороте;}$$

$$M_{h,g} = 0; V_{h,g} = T(l) = \frac{EI}{l^2} F_{16}(a, d) - \text{при сдвиге.}$$

Исходя из решения Баранова, при поперечных колебаниях стержня (множества бесконечно тонких пластин), сопротивление грунта на эти перемещения принимается по следующим зависимостям:

$$S_{u1} = \pi a_0^2 \left[1 + 2 \frac{J_0(a_0)J_2(a_0) + Y_0(a_0)Y_2(a_0)}{J_0^2(a_0) + Y_0^2(a_0)} \right], S_{u2} = \frac{8}{J_0^2(a_0)},$$

где a_0 – комплексная частота колебаний, учитывающая характеристики грунта; J_0, J_2, Y_0, Y_2 – функции Бесселя первого и второго рода нулевого и второго порядка.

После преобразований расчетные формулы для параметров жесткости и демпфирования сдвиговращательных (сдвиг + поворот) колебаний одиночной сваи будут иметь вид:

1) При защемлении с двух сторон:

$$K_{xx}^1 = \frac{EJ}{r^3} f_{6.1}, C_{xx}^1 = \frac{EJ}{r^2 V_{s1}} f_{6.2}, K_{\varphi x}^1 = \frac{EJ}{r^2} f_{4.1}, C_{\varphi x}^1 = \frac{EJ}{r V_{s1}} f_{4.2}, K_{x\varphi}^1 = \frac{EJ}{r^3} f_{5.1},$$

$$C_{x\varphi}^1 = \frac{EJ}{r^2 V_{s1}} f_{5.2}, K_{\varphi\varphi}^1 = \frac{EJ}{r^2} f_{2.1}, C_{\varphi\varphi}^1 = \frac{EJ}{r V_{s1}} f_{2.2}.$$

2) С нижним концом, шарнирно опертым, и верхним, жестко закрепленным:

$$K_{xx}^2 = \frac{EJ}{r^3} f_{11.1}, C_{xx}^2 = \frac{EJ}{r^2 V_{s1}} f_{11.2}, K_{\varphi x}^2 = \frac{EJ}{r^3} f_{9.1}, C_{\varphi x}^2 = \frac{EJ}{r^2 V_{s1}} f_{9.2}, K_{x\varphi}^2 = \frac{EJ}{r^3} f_{20.1},$$

$$C_{x\varphi}^2 = \frac{EJ}{r^2 V_{s1}} f_{20.2}, K_{\varphi\varphi}^2 = \frac{EJ}{r^2} f_{7.1}, C_{\varphi\varphi}^2 = \frac{EJ}{r V_{s1}} f_{7.2}.$$

3) С верхним концом, шарнирно опертым, и нижним, жестко закрепленным:

$$K_{xx}^3 = \frac{EJ}{r^3} f_{12.1}, C_{xx}^3 = \frac{EJ}{r^2 V_{s1}} f_{12.2}, K_{\varphi x}^3 = \frac{EJ}{r^2} f_{8.1}, C_{\varphi x}^3 = \frac{EJ}{r V_{s1}} f_{8.2}, K_{x\varphi}^3 = \frac{EJ}{r^3} f_{10.1},$$

$$C_{x\varphi}^3 = \frac{EJ}{r^2 V_{s1}} f_{10.2}, K_{\varphi\varphi}^3 = \frac{EJ}{r^2} f_{7.1}, C_{\varphi\varphi}^3 = \frac{EJ}{r V_{s1}} f_{7.2}.$$

Таким образом, при рассмотрении одиночной сваи в виде стержня, с различными закреплениями его концов, можно получить концевые усилия при единичном смещении (повороте) и далее, анализируя их, получить параметры жесткости и демпфирования для одиночной сваи.

Список литературы

1. Колоушек В. Динамика строительных конструкций. Тем. План 1964 г. № 76 – Москва: Стройиздат, 1965. – 632 с.
2. Л. В. Нуждин, А. О. Колесников. К оценке динамических реакций на контуре прямоугольного выреза в бесконечно тонкой пластине. // Известия вузов. «Строительство». 2004. № 5. С. 22–31.
3. Л. В. Нуждин, М. И. Забылин. Жесткость и демпфирование вертикальных колебаний свайного фундамента в слоистом основании. // Известия вузов. «Строительство и архитектура». 1990. № 12. С. 36–41.

Научный руководитель: Нуждин Леонид Викторович, к.т.н., профессор, НГАСУ (Сибстрин), Новосибирск, Россия.

Секция 15. ГЕОИНФОРМАТИКА, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ

УДК 347.268

Барабанова Софья Михайловна
*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург, Россия, sBonya.2003@gmail.com*

Проблемы установления публичного сервитута при строительстве и эксплуатации газопроводов

Аннотация. Представленное исследование посвящено выявлению проблем, с которыми сталкиваются кадастровые инженеры при внесении в ЕГРН сведений о публичных сервитутах. В статье описывается правовой режим публичных сервитутов, накладываемых на земельные участки, на которых располагаются линейные объекты, в частности газопроводы. Также в исследовании рассмотрены особенности размещения газопроводов. На основе анализа законодательных актов, практического опыта, анализа правоприменительной практики и научных исследований были выявлены проблемы, связанные с установлением публичного сервитута на земельных участках, по которым проходят линейные объекты.

Ключевые слова: правовой режим линейных объектов, публичный сервитут, газопровод, линейные сооружения, обременения прав.

Sofya M. Barabanova
*Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, sBonya.2003@gmail.com*

Problems of establishing a public easement during the construction and operation of a gas pipelines

Abstract. The presented study is dedicated to identifying the problems faced by cadastral engineers when entering information about public easements into the EGRN. The article describes the legal regime of public easements imposed on land plots on which linear objects, gas pipelines in particular, are located. The study also examines the specifics of the placement of gas pipelines. Based on the analysis of legislative acts, practical experience, analysis of law enforcement practice and scientific research, problems related to the establishment of a public easement on land plots through which linear objects pass were identified.

Keywords: the legal regime of linear objects, public easement, gas pipeline, linear structures, encumbrances of rights.

Линейные объекты на всех уровнях государственного нормативно-правового регулирования всегда рассматриваются с особым вниманием из-за своего специфического набора особенностей, так как в большинстве своем представляют собой инженерные сооружения, обеспечивающие снабжение различных групп пользователей ресурсами [7]. Так, в соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации, линейные объекты – линии электропередачи, линии связи (в том числе линейно-кабельные сооружения), трубопроводы, автомобильные дороги, железнодорожные линии и прочие [1]. Таким образом, из определения линейных объектов делаем вывод о их пространственной протяженности, в следствии чего такие объекты располагаются на большом количестве земельных участков. По этой причине участились судебные разбирательства по правовому регулированию пользования земельными участками под линейными объектами.

Стоит отметить, что представленное исследование рассматривает только один тип линейных объектов – газопроводы, которые в силу своей конструкции имеют определенные особенности пространственного размещения. Так, большинство газопроводов являются подземными, а на поверхности располагаются незначительные по площади конструктивные элементы (опознавательные знаки и крановые узлы трубопроводов, контрольно-измерительные пункты), а значит, после строительства такого объекта использовать земельный участок будут только для наземных конструктивных элементов, в то время как основная часть сооружения будет располагаться под землей [9].

Законодательство предусматривает несколько вариантов решения правового регулирования землепользования при размещении газопроводов: аренда земельных участков, установление частных и публичных сервитутов, изъятие земельных участков.

Раньше для строительства газопроводов у собственников изымались земельные участки в государственное или муниципальное пользование. Теперь же для целей строительства и проведения изыскательных работ такие земельные участки предоставляются во временное пользование, а после возвращаются собственнику с обременением в виде публичного сервитута.

Если говорить простыми словами, то сервитут, как инструмент правового регулирования, позволяет с ограничениями пользоваться чужим земельным участком без его изъятия в целях государственных и муниципальных нужд. В соответствии с законодательством Российской Федерации публичный сервитут устанавливается по решению исполнительного органа государственной власти или органа местного самоуправления для государственных, муниципальных нужд и нужд местного населения. Так, статьей 39.37 ЗК РФ и Федеральным законом №341-ФЗ «О внесении изменений в Земельный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части упрощения размещения линейных объектов» приведены цели, для которых устанавливается публичный сервитут при размещении линейных сооружений [2, 3].

Вообще, до введения в действие Федерального закона №341-ФЗ в 2018 году, в связи со сложной конструкцией линейных объектов, их строительство и согласование размещения было достаточно проблематичным, затруднительным и долговременным процессом [10]. Благодаря упрощению процедуры, процесс согласования строительства стал намного легче. В настоящее время орган государственной власти или орган местного самоуправления может принимать административное решение об установлении публичного сервитута по ходатайству определенных организаций, для ограничений права пользования земельным участком. Так, на рисунке 1 представлена схема изменения Российского законодательства в сфере предоставления земельных участков под строительство газопроводов.

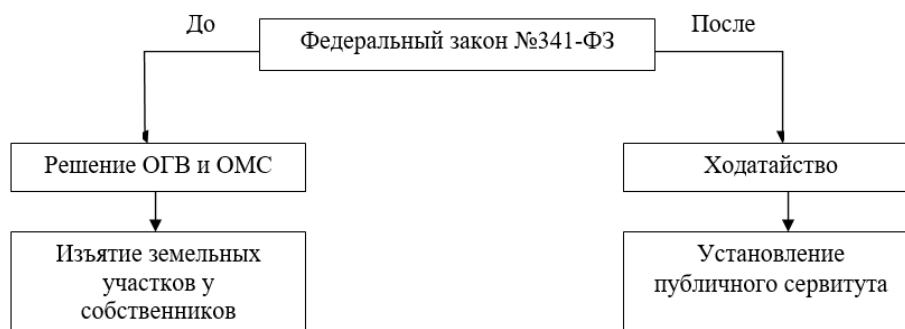


Рис. 1. Схема изменения Российского законодательства

Одним из главных преимуществ публичного сервитута над изъятием земель собственника является отсутствие необходимости в проведении кадастровых работ по образованию новых земельных участков. Данный факт значительно ускоряет и упрощает оформление и согласование строительства газопроводов и других линейных объектов.

Конечно, при установлении публичного сервитута интересы собственника в таком случае также учитываются. Например, запрещается устанавливать публичный сервитут в случае, если это повлечет существенные затруднения в использовании земельного участка или невозможность его использования в течение одного года [2].

Таким образом, можем прийти к выводу, что оформлять права собственности и аренды на земельный участок под газопровод нецелесообразно, так как вся конструкция газопровода проходит под землей, следовательно, собственник почти без ограничений может пользоваться земельным участком.

По законодательству обладатель сервитута обязан вносить плату за него. Для земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности, это будет 0,01 % от кадастровой стоимости такого земельного участка за каждый год использования этого земельного участка, а для земель, находящихся в частной собственности, размер выплаты за сервитут устанавливаются в соответствии с Федеральным законом «Об оценочной деятельности» и методическими рекомендациями, утвержденными федеральным органом исполнительной власти [3].

Конечно, рассчитывая плату за публичный сервитут, необходимо обладать достоверной и объективной информацией о кадастровой стоимости земельных участков с учетом их особенностей и обременений [6, 8].

Однако, такой способ отлично работает для земельных участков, у которых только один собственник. Например, для земель сельскохозяйственного назначения, находящихся в общей долевой собственности, такой способ не будет подходить. Во-первых, многие собственники таких участков не внесли сведения о своем праве собственности в ЕГРН, следовательно, информации о них там не содержится. Во-вторых, в соответствии с Федеральным законом №152-ФЗ «О персональных данных» орган государственной регистрации прав не может предоставить персональные данные исполнителям кадастровых работ по установлению публичного сервитута [4]. В-третьих, чаще всего у таких земельных участков не определены границы в натуре, что приводит к затруднению определения собственников. В связи с перечисленными проблемами у кадастровых инженеров, проводящих кадастровые работы по установлению публичного сервитута, появляются трудности с выплатами за него правообладателям земельных участков, находящихся в общей долевой собственности.

Решением сложившейся ситуации может быть государственная регистрация права в общей долевой собственности вместе с земельным участком и внесение сведений о них в ЕГРН. Однако, также следует предусмотреть Федеральным законом №152-ФЗ предоставление неполных персональных сведений о правообладателе земельных участков.

Еще одним вариантом решения может стать установление на законодательном уровне конкретных формул и методик по определению платы за публичный сервитут. Так, в статье Е.Н. Быковой приведена одна из методик расчетов платы за публичный сервитут на сельскохозяйственных землях [5].

Список литературы

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ (ред. от 08.08.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024).
2. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 №136-ФЗ (ред. от 08.08.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024).
3. Федеральный закон от 03.08.2018 № 341-ФЗ «О внесении изменений в Земельный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части упрощения размещения линейных объектов».
4. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» (ред. от 08.08.2024).
5. Быкова Е. Н. Оценка негативных инфраструктурных экстерналий при определении стоимости земель. Записки Горного института. – 2021. – 247. – С. 154–170.
6. Быкова Е. Н., Белякова Н. Н., Ромашина Т. А. Определение коэффициента регламента охранной зоны газопровода для кадастровой оценки земель сегмента «садоводство и огородничество, малоэтажная жилая застройка» // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 35. С. 809–820.
7. Карякин, А. В. Проблемы государственного регулирования в сфере строительства линейных объектов в Российской Федерации / А. В. Карякин. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2021. – № 43 (385). – С. 53-55. – URL: <https://moluch.ru/archive/385/84837/> (дата обращения: 01.10.2024).
8. Kovyazin, V. F., Kitcenko, A. A., & Shobairi, S. O. R. Cadastral valuation of forest lands, taking into account the degree of development of their infrastructure // Journal of Mining Institute. 2021. № 249. P. 449–462.
9. Митулинская Я. А. Проблемные вопросы установления публичного сервитута на земельные участки для размещения линейных объектов // Правовой энергетический форум. 2023. № 4. С. 28–35.;
10. Самодурова Д. Ю. Особенности оформления прав на земельные участки под линейными объектами газоснабжения // Вестник образовательного консорциума среднерусский университет. серия: юриспруденция. 2023. №21. С. 83-85.

Научный руководитель: Балтыжакова Татьяна Игоревна, кандидат технических наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Богданова Елизавета Алексеевна
*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург, Россия, elizaveta_bogdanova@mail.ru*

Состав земель особо охраняемых природных территорий Арктической зоны Архангельской области

Аннотация. В статье рассматривается состав земель особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Арктической зоны Архангельской области, расположенных в Приморском и Мезенском районах. Авторами проанализированы границы ООПТ и состав земель, включенных в такие территории. Исследования показывают необходимость учета категории земель при формировании и функционировании особо охраняемых природных территорий. В результате анализа выявлено преобладание земель лесного фонда на территориях ООПТ. Исследователями сделаны выводы о наличии земель различных категорий в составе ООПТ, о их влиянии на природоохранный комплекс.

Ключевые слова: особо охраняемая природная территория, арктическая зона, Архангельская область, границы, категория земель.

Elizaveta A. Bogdanova
*Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, elizaveta_bogdanova@mail.ru*

Composition of lands of specially protected natural areas of the Arctic zone of the Arkhangelsk region

Abstract. The article examines the composition of lands in specially protected natural areas (SPNA) of the Arctic zone of the Arkhangelsk region, located in the Primorsky and Mezensky districts. The authors analyzed the boundaries of SPNA and the composition of lands included in such territories. Research shows the need to take into account the category of lands when forming and operating specially protected natural areas. The analysis revealed the predominance of forest fund lands in SPNA territories. The researchers made conclusions about the presence of lands of various categories in SPNA, their impact on the environmental complex.

Keywords: specially protected natural area, Arctic zone, Arkhangelsk region, borders, land category.

Охрана природы – одна из наиболее актуальных проблем современного человечества: сохранение и восстановление природной среды, ее комплексов и систем, ландшафтов и биоразнообразия. В Российской Федерации (РФ) одним из ключевых инструментов в данной области является «создание и развитие системы особо охраняемых природных территорий» (ООПТ) [1]. Система ООПТ в России представлена широким спектром категорий, каждая из которых имеет свои особенности в области охраны и использования природных ресурсов.

С точки зрения законодательства РФ, территория ООПТ является охраняемым объектом, на котором должен быть обеспечен специальный режим охраны, направленный на сохранение природного баланса. Это включает в себя строгие правила по использованию природных ресурсов, ограничения на хозяйственную деятельность и меры по восстановлению нарушенных экосистем. Важно отметить, что охрана природы на таких территориях не только сохраняет биоразнообразие, но и способствует устойчивому развитию регионов, в которых они расположены.

Арктика – это один из самых уникальных и уязвимых регионов России, обладающий разнообразными природными ландшафтами и богатейшими природными ресурсами. Исследователями отмечается активное развитие тенденции «к изменению структуры промышленного производства в сторону инновационного развития» [2]. Активная эксплуатация ресурсов, в частности разработка месторождений полезных ископаемых, приводит к серьезным экологическим последствиям. Перевод земель лесного фонда в земли промышленности в связи с добычей полезных ископаемых ухудшает экологическое состояние региона, поскольку «площадь лесов уменьшается и снижается их защитная функция» [3]. Загрязнение воздуха, воды и почвы становится неотъемлемой частью антропогенной нагрузки, что ставит под угрозу не только природную среду, но и само биоразнообразие региона [4].

Учеными проводятся многочисленные исследования состояния природной среды Арктики. Их цель – выявление факторов и причин, влияющих на экологическую ситуацию, а также разработка рекомендаций и методов по уменьшению антропогенного воздействия на окружающую среду. Понимание состава земель ООПТ важно для мониторинга состояния таких территорий и их охраняемых комплексов. Эффективный мониторинг позволяет не только отслеживать изменения в экосистемах, но и своевременно реагировать на негативные воздействия и выявлять их причины.

В ходе исследований проведен анализ данных о землях, включенных в ООПТ регионального значения Архангельской области (АО), расположенных в Арктической зоне Российской Федерации (АЗ РФ). Объектом исследования выбраны ООПТ регионального значения Приморского и Мезенского районов АО. В результате проведенных исследований получена информация о составе категорий земель в границах ООПТ.

АЗ РФ – регион, одновременно богатый неисчерпаемыми ресурсами и невероятно уязвимый перед лицом антропогенного воздействия. Ее развитие – это сложнейшая задача, требующая балансирования между экономическими интересами и сохранением уникальной арктической экосистемы. Несмотря на природные богатства, АЗ РФ остается одним из самых хрупких регионов планеты, где последствия даже незначительного вмешательства могут быть катастрофическими и необратимыми.

Ключевым аспектом устойчивого развития АЗ РФ является охрана природы [5]. Сохранение уникального биоразнообразия Арктики – это и этическая задача, и важный фактор для долгосрочного экономического процветания. Разрушение существующих экосистем повлечет за собой негативные последствия для рыболовства, охоты, туризма и других отраслей, зависящих от состояния арктической природы [6].

Охрана природы является одним из важнейших аспектов современного общества, где сохранение биоразнообразия и экосистем становится приоритетом. В этом процессе ключевую роль играет совершенствование системы ООПТ.

С точки зрения кадастрового учета ООПТ – это специальные зоны, обеспечивающие сохранение природного разнообразия ландшафтов, растительности и популяций животных, птиц и иных живых организмов путем ограничения хозяйственной деятельности на определенной территории. Данные территории имеют свои четко определенные границы, сведения о которых вносятся в реестр сведений о границах Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН).

Реестр сведений о границах ЕГРН включает в себя порядка 17 отдельных реестров границ, в один из которых включают сведения об ООПТ [7]. Публичная кадастровая карта, как источник открытой и общедоступной информации, предоставляет нам сведения об ООПТ как о зоне (по типу объекта) в соответствующем разделе карты.

ООПТ – сложная система правовых, организационных и природоохранных мер, призванная сохранить уникальные природные комплексы и биологическое разнообразие нашей

планеты [8]. Главная функция ООПТ – установление особого режима использования земель в пределах их границ. Данный режим варьируется в зависимости от статуса ООПТ и её целей: ограничение или запрет хозяйственной деятельности, контроль за рекреационной деятельностью, научные исследования и мониторинг, экопросвещение населения.

Зоны особо охраняемых природных территорий могут быть установлены на землях различных категорий. Важным аспектом функционирования ООПТ является понимание структуры земель, на которых они расположены.

Всего в АЗ АО РФ расположено 40 особо охраняемых природных территорий, из которых 7 федерального значения, 32 регионального значения и 1 местного значения. В рамках исследования изучены 8 ООПТ регионального значения, расположенные в Приморском и Мезенском районах АО.

Анализ территории исследуемых ООПТ показал, что земли лесного фонда составляют большую часть исследуемой территории. Данный фактор обуславливается преобладанием лесов в Арктической зоне. Однако проведенный анализ выявил и другие категории земель: 1) земли водного фонда, преимущественно представленные озерами, реками, морскими акваториями; 2) земли сельскохозяйственного назначения представлены в небольших количествах, преимущественно вкраплениями в виде пастбищ и сенокосов; 3) земли населенных пунктов, которые в своем большинстве представлены поселками и деревнями; 4) земли промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного специального назначения, что включает в себя инфраструктурные объекты, такие как дороги, линии электропередачи, а также участки, используемые для добычи полезных ископаемых.

Категории земель, указанные в пунктах 2-4, часто не входят в территорию ООПТ в соответствии с Положением о такой территории. Однако формулировка «в состав ООПТ не входят» подразумевает нераспространение природоохранных ограничений на такие территории, а из границ ООПТ они не исключаются.

Проведенные исследования показали, что ООПТ АО АЗ РФ чаще всего устанавливаются на землях лесного и водного фондов. Однако наличие вкраплений других категорий земель в границах ООПТ может представлять собой значительную угрозу для экосистем. Важно учитывать, что такие вкрапления могут оказывать негативное влияние на природоохранные комплексы, что требует комплексного подхода к управлению и охране этих территорий.

Полученные результаты дают возможность оценить предполагаемую нагрузку на ООПТ. Так, при активном освоении лесных ресурсов природные комплексы могут подвергаться риску деградации, что окажет негативное воздействие на биоразнообразие и среде обитания. Земли водного фонда могут подвергаться загрязнению из-за отходов производств, а земли населенных пунктов ставят под угрозу экосистемы из-за роста численности населения, развития их инфраструктуры. Человеческая деятельность, связанная с сельским хозяйством, промышленностью и развитием инфраструктуры, может привести к загрязнению воздуха, почв и вод, изменению гидрологического режима, разрушению естественных местообитаний. Эффективная охрана ООПТ должна включать не только защиту лесов и водных ресурсов, но и тщательное планирование использования земель, чтобы минимизировать воздействие человеческой деятельности на окружающую среду.

Управление ООПТ в АЗ требует комплексного и многоуровневого подхода. Данное исследование является одним из элементов такого подхода к сохранению уникальных экосистем АЗ. Учитывая разнообразие категорий земель в ООПТ и их влияние на экосистемы, важно разработать стратегии, которые обеспечат баланс между охраной природы и потребностями человека.

Список литературы

1. Об одобрении Экологической доктрины Российской Федерации : Распоряжение Правительства РФ от 31.08.2002 1225-р // Собрание законодательства Российской Федерации. 2002. № 36.
2. Березиков С. А. Структурные изменения и инновационное развитие экономики Арктических регионов России // Записки Горного института. 2019. Т. 240. С. 716. DOI: 10.31897/PMI.2019.6.716.
3. Problems of Forest Resource Management in the Arctic Zone of the Russian Federation / V. F. Kovyazin, O. Yu. Lepikhina, P. M. Demidova [et al.] // Russian Forestry Journal. – 2023. – No. 3(393). – P. 185–194. – DOI 10.37482/0536-1036-2023-3-185-194. – EDN IAIJCA.
4. The role of specially protected natural areas in solving environmental problems of the Russian arctic (using the example of Vaygach Island) / A. Aleinikova, M. Byashkin, T. Gaivoron [идр.] // E3S Web Conf. 2020. № 169. 5 p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016902019>.
5. Удря, М. С. Государственная политика и Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации до 2035 года / М. С. Удря, Г. И. Ногаев // Лучшая научная работа 2024 : сборник статей XIII Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 08 января 2024 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2024. – С. 53–55. – EDN LYOPED.
6. Vasilev, Y., Tsvetkova, A., Stroykov, G. SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE ARCTIC REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION // International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2020. P. 763–770. <https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.1/s20.096>.
7. Федеральный закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» // «Российская газета», № 156, 17.07.2015.
8. Чернобровкин, А. В. Проблемы предоставления в собственность земельных участков, расположенных в пределах особо охраняемых природных территорий / А. В. Чернобровкин, М. А. Анпилов // Научные исследования: фундаментальные и прикладные аспекты : сборник статей II Международной научно-практической конференции, Пенза, 08 января 2024 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г. Ю.), 2024. – С. 93–95. – EDN PYQNUN.

Научный руководитель: Ковязин Василий Федорович, д.б.н., профессор, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Обоснование необходимости оценки убытков землепользования в связи с негативным влиянием объектов инженерной инфраструктуры

Аннотация. В работе рассмотрена мировая практика оценки негативного влияния объектов инженерной инфраструктуры на землепользование. Изучены существующие научные разработки по вопросу расчета убытков, возникающих в связи с установлением зон с особыми условиями использования территорий объектов инженерной инфраструктуры. Обоснована необходимость оценки изменения стоимости земельных участков, связанного с ограничением прав, экологическими загрязнениями, территориальными недостатками, ухудшением качества земель от объектов инженерной инфраструктуры, которые не позволяют полностью реализовать правообладателю потенциал земельных ресурсов и свои права на землю. Предложены подходы к определению убытков от негативного влияния объектов инфраструктуры и их зон с особыми условиями использования.

Ключевые слова: кадастровая оценка, зоны с особыми условиями использования, ограничения прав, пространственные недостатки, загрязнение окружающей среды, качество почв.

Vera V. Voronetskaya
*Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, s245055@stud.spmi.ru*

Justification of the need to assess land use losses due to the negative impact of engineering infrastructure facilities

Abstract. The paper examines the world practice of assessing the negative impact of engineering infrastructure facilities on land use. Existing scientific developments on the issue of calculating losses arising in connection with the establishment of zones with special conditions for the use of territories of engineering infrastructure facilities are studied. The need to assess the change in the value of land plots associated with the restriction of rights, environmental pollution, territorial deficiencies, deterioration of the quality of land from engineering infrastructure facilities, which do not allow the owner to fully realize the potential of land resources and their rights to the land, is substantiated. Approaches to determining losses from the negative impact of infrastructure facilities and their zones with special conditions of use are proposed.

Keywords: cadastral valuation, zones with special conditions of use, restrictions of rights, spatial deficiencies, environmental pollution, soil quality.

Земля является базисом для производственной деятельности и одновременно главным средством производства, поэтому рациональное землепользование должно обеспечивать максимальное вовлечение в хозяйственный оборот и эффективное использование по целевому назначению всех земель, создание условий для высокой продуктивности сельскохозяйственных угодий при наименьших затратах. В последние годы в Российской Федерации происходит развитие земельного законодательства в области установления и изменения зон с особыми условиями использования территории (ЗОУИТ) объектов инженерной инфраструктуры, а также возмещения убытков, причиненных ограничением прав в границах таких зон. Однако, отсутствие утвержденных методических рекомендаций по определению и возмещению убытков и сложившаяся неоднозначная юридическая практика не позволяют в полной мере реализовать справедливый механизм компенсации потерь правообладателей земель, расположенных в зоне влияния объектов инженерной инфраструктуры. Отечественные и зарубежные исследования направлены на оценку влияния

объектов инженерной инфраструктуры при определении стоимости земель [1, 2, 3]. Многие авторы предпринимают попытки оценить положительное влияние развитости инфраструктуры [4, 5, 6], предлагая методические разработки по совершенствованию системы кадастровой оценки, однако, несмотря на это, остаются нерешенными такие вопросы, как оценка убытков правообладателей земель в связи с негативным влиянием объектов инженерной инфраструктуры [7, 8, 9]. В связи с этим целью данной работы является методологический обзор научных исследований по указанному вопросу.

В работе используются методы группировки, иерархической классификации, аксиоматический метод, метод сравнения, аналогии, индукции и дедукции. Анализ теоретических и методических основ определения убытков, связанных с негативным влиянием объектов инженерной инфраструктуры осуществлен в трех аспектах: правовой, пространственный и экологический.

Влияние обеспеченности инженерной инфраструктурой на стоимость земельных участков имеет двойственный характер. С одной стороны, объекты инженерной инфраструктуры создают условия для бесперебойной работы систем, обеспечивающих комфортный уровень жизни населения, и способствуют повышению инвестиционной привлекательности территории, что сказывается в условиях рынка на повышении стоимости земли, а, соответственно, заложено в методических рекомендациях по кадастровой оценке при использовании статистических методов. С другой стороны, инженерная инфраструктура является одним из источников нарушенных и загрязненных земель, ее линейный характер создает расчлененность территории. Эти факторы являются факторами негативного влияния объектов инженерной инфраструктуры на землепользование, которые выражаются в виде убытков правообладателей земельных участков. В рамках работы они классифицированы на группы:

1. Ограничения прав (правовой фактор). Согласно Земельному кодексу РФ объекты инженерной инфраструктуры требуют установления ЗОУИТ, в границах которых ограничивается или полностью запрещается определенная хозяйственная деятельность. В настоящее время, ввиду отсутствия опубликованных информационных источников или опробованных разработок по учету ограничений использования земельных участков по фактору «Наличие на территории земельного участка обременений (ограничений), связанных с зонами охраны инженерных коммуникаций», учет фактора влияния ЗОУИТ на стоимость земель, согласно Отчетам об оценке, носит формальный характер.

2. Пространственные недостатки (территориальный фактор). В п. 6 ст. 11.9 Земельного кодекса РФ¹ закреплено, что «образование земельных участков не должно приводить к вклиниванию, вкрапливанию, изломанности границ, чересполосице, невозможности размещения объектов недвижимости и другим препятствующим рациональному использованию и охране земель недостаткам». Однако, в результате прохождения коммуникаций по территории или вблизи границ землепользования образуются части земельных участков, которые не обременены ЗОУИТ и могли бы использоваться максимально эффективно, но имеют неправильную форму, изрезанность, вклинивание и другие пространственные недостатки и оказываются нерентабельными для использования по целевому назначению.

3. Загрязнение окружающей среды (экологический фактор). При строительстве объектов инженерной инфраструктуры происходит механическое нарушение структуры почвы и создание техногенного ландшафта. Кроме того, возникают ситуации, приводящие к загрязнению окружающей среды: загрязнения почв в связи с утечками газа и разливом

¹ Российская Федерация. Законы. Земельный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон № 136-ФЗ: [принят Государственной думой 28 сентября 2001 года; одобрен Советом Федерации 10 октября 2001 года]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (дата обращения: 6.10.2024). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

нефтепродуктов, влияние электромагнитного излучения ЛЭП и сетей связи, шумовые и пылевые загрязнения, различные выбросы заводов и промышленных объектов и т.д. Загрязнение окружающей среды приводит к дополнительным убыткам правообладателей земельных участков в зоне влияния инженерных объектов, вынужденных проводить мероприятия по рекультивации и восстановлению плодородия земель, и сказывается на здоровье населения.

Проведенный анализ нормативно-правовых документов и научных работ позволяет сделать следующие выводы: во-первых, в современной теории и практике различные научные школы придерживаются различных мнений: с одной стороны, объекты инженерной инфраструктуры являются неотъемлемой частью комфортной среды проживания человека, с другой, – источником негативного влияния на землепользование (ограничения прав, пространственные недостатки и загрязнение окружающей среды); во-вторых, в условиях развития рыночной экономики возмещение убытков становится одним из основных возможных механизмов компенсации для правообладателей земель, обремененных наличием зоны влияния объектов инженерной инфраструктуры; в-третьих, в связи с отсутствием реакции рынка на негативное влияние объектов инженерной инфраструктуры, необходимы иные, нежели рыночные, подходы к оценке земельных участков, которые могут использоваться для расчета кадастровой стоимости земель, установления компенсационных платежей, возмещения реального ущерба и упущенной выгоды; в-четвертых, научный обзор показал, что в ряде зарубежных стран с более развитым и активным земельным рынком возможно применение методов сравнительного подхода для оценки наличия правовых ограничений от объектов инженерной инфраструктуры и/или установление платного сервитута. В то время как в России присутствует недостаток рыночной информации по обремененным земельным участкам, а зоны влияния объектов инженерной инфраструктуры не приравниваются к платным сервитутам, в связи с чем требуется разработка методики расчета убытков в связи с негативным влиянием объектов инженерной инфраструктуры.

Список литературы

1. Сутягин В. Ю. Учет влияния охранных зон на стоимость земельного участка // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2017. – № 12 (195). – С. 82-98. EDN ZWTS DH.
2. Sherwood D. The valuation of easement // Right of way. 2014. Vol. 11/12. P. 36–39.
3. Скатов М. А. Методические подходы к оценке земельных участков в зонах с особыми условиями использования территорий // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2023. – Т. 9. – № 12 (141). – С. 147–155. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2023.12.09.019.
4. Ковязин В. Ф., Киценко А. А., Шобайри С. О. Р. Кадастровая оценка лесных земель с учетом степени развитости их инфраструктуры // Записки Горного института. 2021. Т. 249. С. 449–462. DOI: 10.31897/PMI.2021.3.14.
5. Babajanov A., Majitov B., Abdurahmanov I. Study of the main directions of the cadastral valuation of non-agricultural land in Uzbekistan // E3S Web of Conferences. 2023. P. 386. DOI: 10.1051/e3sconf/202338605005.
6. Лепихина О. Ю., Правдина Е. А. Вариативный учет ценообразующих факторов при кадастровой оценке земель (на примере города Санкт-Петербург) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330. № 2. 65–74.
7. Антропов Д., Жданова Р., Гвоздева О. Учет влияния зон с особыми условиями использования территорий при формировании эффективной системы сельскохозяйственного землепользования // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2016. – № 4. – С. 15–17. EDN WHALSB.
8. Stopar I., Kovač M. Š. Land valuation in case of easement: The case study in Slovenia // Geodetski Vestnik. 2016. Vol. 60. Iss. 4. P. 685–716. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.04.685-716.
9. Быкова Е. Н. Оценка негативных инфраструктурных экстерналий при определении стоимости земель // Записки Горного института. – 2021. – Т. 247. – С. 154–170. DOI: 10.31897/PMI.2021.1.16.

Научный руководитель: *Быкова Елена Николаевна, доктор экономических наук, профессор кафедры землеустройства и кадастров, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.*

Оценка влияния объектов культурного наследия на стоимость жилых помещений (на примере Пскова)

Аннотация. В современных условиях при проведении оценки объектов недвижимости важную роль играет объективное определение их стоимости. Данная публикация посвящена вопросам, касающимся методики проведения оценки недвижимости, в том числе корректного подбора объектов-аналогов, и подтверждения наличия зависимости между стоимостью жилых помещений и расположением объектов культурного наследия (ОКН) относительно них. Цель исследования заключается в получении коэффициента влияния ОКН на стоимость жилых помещений для города Пскова, областью применения которого может стать как индивидуальная оценка недвижимости, так и кадастровая. Результатом данной работы является значение снижения стоимости жилой недвижимости, расположенной в зоне влияния ОКН, в процентах.

Ключевые слова: корректировки, метод сравнительного анализа продаж, оценка недвижимости, памятники истории и культуры, ценообразующий фактор.

Kirill V. Grigorev
Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, s242783@stud.spmi.ru

Assessment of the impact of cultural heritage objects on the value of residential premises (on the example of Pskov)

Abstract. Nowadays, correct determination of the value of real estate objects plays an important role in their valuation. This publication is devoted to the issues related to the methodology of real estate valuation, including the correct selection of object-analogues and identification of the dependence between the value of nearby residential premises and the presence of cultural heritage objects (CHO). The purpose of the research is to study the influence of cultural heritage objects on the value of residential premises on the example of the city of Pskov. The result of this study is to identify the reduction in the value of residential property by calculating the adjustment coefficient that takes into account the influence of cultural heritage objects.

Keywords: adjustments, comparative sales analysis method, real property valuation, historical cultural monuments, price factor.

В данном исследовании проведена оценка влияния объектов культурного наследия (ОКН) на стоимость жилой недвижимости, в частности, близлежащих жилых помещений. Актуальность работы заключается в необходимости учета ОКН как ценообразующего фактора, влияющего на рыночную стоимость жилых помещений, определяемую для кредитования, оспаривания кадастровой стоимости, сделок купли-продажи, приватизации, страхования и т.д. Поэтому целью является получение коэффициента влияния ОКН на стоимость жилых помещений на примере исторического поселения регионального значения «Псков». Для определения ценообразующих факторов, влияющих на стоимость жилых помещений, проанализирован последний отчет об итогах государственной кадастровой оценки (ГКО) Псковской области. Объектами оценки выбраны жилые помещения, расположенные в и вне зон влияния объектов культурного наследия.

В качестве методов исследования применены: описание, метод сравнительного анализа продаж, систематизация. Расчеты методом сравнительного анализа продаж производились в MS Excel 2021. Исследование основано на результатах работ таких ученых, как Е. Н. Быкова, И. С. Дьячкова, О. Ю. Лепихина, В. М. Круглякова, Д. Амар, Д. Кастило,

П. Джупка, внесших значительный вклад в решение задачи методического обеспечения учета влияния буферных зон объектов культурного наследия на стоимость недвижимости. Дьячкова И. С. и Быкова Е. Н. обосновали использование метода сравнительного анализа продаж в условиях малоактивного земельного рынка на территории города Оренбурга [7]. Совместно с Дудиной В. Д. они рассмотрели различные методы выявления закономерностей влияния зон с особыми условиями использования территории (ЗООИТ) на рыночную стоимость земельных участков [4]. Некоторые российские ученые изучают особенности определения сопоставляемых характеристик для проведения массовой и индивидуальной оценки недвижимости [8, 9]. Например, в индивидуальной оценке Круглякова В. М. предлагает учитывать объекты-аналоги, находящиеся в зоне охраны ОКН [8]. Одно из исследований проведено финскими учеными Amar J. H. N. and Tyvimaa T. Они выявили незначительную положительную взаимосвязь между ценами продажи жилой недвижимости и назначением ОКН [1]. Anelli. D, Tajani. F и др. предложили внедрить инновационную модель компенсации, позволяющую осуществлять снос и реконструкцию непригодных зданий, препятствующих облагораживанию исторических центров города [2]. Bade D., Castilo J. и др. изучили разновидности форм политики в области сохранения ОКН с различными уровнями ограничений в Окленде (Новая Зеландия) и выявили увеличение цены индивидуального дома, находящегося в радиусе 50 метров от ближайшего ОКН, на 1.7 % [3]. Dzurka P. и Grof M. выявили как положительное, так и отрицательное влияние реконструкции ОКН на стоимость близлежащей жилой недвижимости на территории пригорода Кошицы (Словакия). Кратковременное положительное влияние на стоимость квартир возникло вследствие увеличения туристического потока, в то же время шумовое воздействие и проблемы с безопасностью в пригороде оказали негативное превалирующее влияние на их стоимость [6].

В рамках представляемого исследования оценка влияния ОКН на стоимость жилых помещений осуществлена посредством применения метода сравнительного анализа продаж. На первом этапе проведен сбор рыночной информации по сегменту жилой недвижимости. Значения ценообразующих факторов у данных объектов определялось посредством анализа рыночной информации, то есть определялось преобладающее значение элемента сравнения. Согласно последнему отчету об итогах ГКО на территории Псковской области определен перечень следующих элементов сравнения для жилых помещений: местоположение; тип дома; этаж; техническое состояние; расположение относительно социальных объектов (медицинских объектов, остановок общественного транспорта, школ и водных объектов); общая площадь.

Объектами оценки выбраны эталонные жилые помещения, которые отличаются на один ценообразующий фактор. В качестве объектов-аналогов определены 12 жилых помещений, находящихся в границах буферной зоны ОКН, и 11, вне границ данных зон. Данное количество объектов-аналогов обосновано мнением учёных Гладких Н.И. и Кузнецова В.И. [5]. Затем вводились корректировки на сопоставляемые характеристики. Корректировка на общую площадь и местоположение введена на основании Справочника жилой недвижимости Лейфера Л.А. 2018 года, а остальные корректировки введены на основе экспертного опроса сотрудников ГБУ «БТИ и ГКО», приведенные в последнем отчете ГКО.

Коэффициент влияния объектов культурного наследия K рассчитан по формуле 1:

$$K = \frac{УПРС_{ОКН}}{УПРС_{без\ ОКН}} = \frac{63\,742.33}{72\,740.23} = 0,88 \quad (1)$$

где $УПРС_{ОКН}$ – рыночная стоимость эталонного объекта, учитывающая влияние ОКН, руб.; $УПРС_{без\ ОКН}$ – рыночная стоимость эталонного объекта, не учитывающая влияния ОКН, руб.

На основе вышеизложенного, можно заключить, что нахождение близлежащих жилых помещений в зоне влияния ОКН уменьшает их рыночную стоимость на 12 %. Данные выводы в целом согласуются с результатами исследований американских ученых Heintzelman M.D. и Altieri J.A., которые выявили снижение цен на жилье на 11,6–15,5 % в зоне влияния культурной инфраструктуры на территории города Бостон, расположенного в штате Массачусетс (США) [10]. Результаты исследования могут использоваться оценочными организациями для корректного определения рыночной стоимости жилых помещений.

Список литературы

1. Амар Й. Х. Н., Тывимаа Т. «Включение в список Всемирного наследия и ценность жилой недвижимости: на примере Старой Раумы, Финляндия», Журнал культуры Управление наследием и устойчивое развитие. 2022. Том. номер для предварительной печати. Номер для предварительной печати. <https://doi.org/10.1108/JCHMSD-07-2021-0121>.
2. Анелли Д., Таяни Ф. 2022. Повышение ценности культурного наследия и сокращение землепользования: модель городской компенсации за замену непригодных зданий на итальянском объекте ЮНЕСКО. Журнал культурного наследия, 57: 165–172. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.08.006>.
3. Бейд Д., Кастильо Дж. Г., Фернандес М. А., Агилар-Бокес Дж. Ценовая надбавка к наследию на рынке жилья: данные из Окленда, Новая Зеландия. Политика землепользования на 2020 год. 99.105042. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3307221>.
4. Быкова Е. Н., Дудина В.Д. Влияние объектов культурного наследия на стоимость земельных участков различных сегментов рынка недвижимости / Е. Н. Быкова, В. Д. Дудина // Финансовая экономика. 2024. № 4. С. 171–176.
5. Гладких Н. И., Кузнецова В. В. Определение необходимого количества аналогов при заданном числе ценообразующих факторов для целей оценки недвижимости методами корреляционно-регрессионного анализа // Имущественные отношения в РФ. 2016. № 6 (177). URL: <https://clck.ru/3DRbBo> (дата обращения: 21.09.2024).
6. Дзупка П., Граф М. Влияние новой культурной инфраструктуры на цены на жилую недвижимость. Данные исследования Kosice ECoC 2013. 2020. Города, 110, 103047. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.103047>.
7. Дьячкова И. С., Быкова Е. Н., Дудина В. Д., Баникевич Т. Д. Оценка влияния режима охранной зоны объектов культурного наследия на стоимость земельных участков под индивидуальное жилищное строительство в условиях низкой активности рынка // Наследие. 2024. Том 7, № 6. С. 2682–2708. <https://doi.org/10.3390/heritage7060128>
8. Круглякова В. М. Охранные зоны объектов культурного наследия и их влияние на экономическую оценку объектов недвижимости / В. М. Круглякова, П. И. Кравцова // Строительство и недвижимость. 2021. № 1(8). С. 148–155.
9. Лепихина О. Ю., Дьячкова И.С., Павликова М.С. Особенности подбора ценообразующих факторов при индивидуальной оценке незастроенного земельного участка в г. Всеволожске Ленинградской области / О. Ю. Лепихина, И. С. Дьячкова, М. С. Павликова // Инженерный вестник Дона. 2024. № 6(114). С. 656–675.
10. Хайнцельман Д. М.; Алтьери Дж. А. Сохранение исторического наследия: ценность для сохранения? Экономика, 2013, 46, 543–563. <https://doi.org/10.1007/s11146-011-9338-8>.

Научный руководитель: *Быкова Елена Николаевна, доцент, заведующий кафедрой землеустройства и кадастров, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.*

Актуальность и значимость реализации мероприятий по муниципальному земельному контролю в современных условиях

Аннотация. В данной работе рассматривается актуальность и значимость реализации мероприятий по муниципальному земельному контролю в условиях динамичного изменения законодательства и возрастания потребностей общества в эффективности управления земельными ресурсами.

Ключевые слова: муниципальный земельный контроль, земельное законодательство, земельный участок, правила землепользования и застройки.

Nadezhda A. Dalneva
Tula State University, Tula, Russia, n.dailneva@yandex.ru

The relevance and significance of the implementation of measures for municipal land control in modern conditions

Abstract. This paper examines the relevance and importance of the implementation of measures for municipal land control in the context of dynamic changes in legislation and the increasing needs of society in the effectiveness of land management.

Keywords: municipal land control, land legislation, land plot, rules of land use and development.

Муниципальный земельный контроль – это система и инструментов, направленных на регулирование использования земельных участков, находящихся в частной собственности граждан или юридических лиц на территории муниципалитета. Она включает мониторинг, проверку соблюдения законодательства и меры по пресечению нарушений.

Целью муниципального земельного контроля является обеспечение рационального и целевого использования земельных ресурсов. Основные задачи данного контроля включают в себя проверку соблюдения условий и ограничений, установленных для использования конкретных земельных участков, а также мониторинг за соблюдением законодательства в области земельных отношений.

Основными задачами муниципального земельного контроля являются предотвращение недопустимого использования земли, рациональное ее использование и соблюдение законодательства в области земельных отношений.

В соответствии с Федеральным законом от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» при осуществлении муниципального контроля проведение профилактических мероприятий, направленных на снижение риска причинения вреда (ущерба), является приоритетным по отношению к проведению контрольных (надзорных) мероприятий.

Предметом муниципального земельного контроля являются:

- использование земельных участков: проверка соблюдения норм и правил, связанных с использованием земель для установленных целей;
- соблюдение земельного законодательства: контроль за соблюдением норм, регламентирующих порядок предоставления и перехода прав на земельные участки, а также законодательства о защите земельных ресурсов;
- состояние земель: мониторинг экологических показателей, включая качество, уровень загрязнения и деградации почвы.

К объектам муниципального земельного контроля относятся конкретные земельные участки, находящиеся в ведении муниципальных образований, а также правоотношения, возникающие на основании их использования.

Таким образом, предмет и объект муниципального земельного контроля образуют системный взгляд на процессы управления земельными ресурсами на местном уровне. Эффективность данного контроля во многом зависит от четкости определения этих понятий, что в свою очередь необходимо для разработки и внедрения эффективных инструментов и механизмов управления, способствующих рациональному использованию и охране земельных ресурсов.

Использование земельных участков в соответствии с их целевым назначением и видом разрешенного использования является важным аспектом рационального природопользования и устойчивого развития. Данная практика включает в себя строгое соблюдение установленных требований и ограничений при возведении объектов недвижимости, ведении сельского хозяйства, а также осуществлении других видов деятельности на земельных участках. В этом контексте следует обратить внимание на несколько ключевых аспектов.

Суть мероприятий по муниципальному земельному контролю состоит в систематическом и комплексном анализе, наблюдении и регулировании использования земельных участков на территории муниципального образования с целью обеспечения их рационального и целевого использования [1].

Эти мероприятия включают в себя ряд основных этапов и процессов:

- определение целей и задач контроля: идентификация нарушений, оценка состояния и использования земельных участков;
- планирование мероприятий: сроки проведения контроля, ресурсы и ответственные лица;
- сбор информации и данных: сбор информации о земельных участках, анализ документации, сбор данных о фактическом использовании земель;
- проведение контрольных мероприятий;
- анализ результатов контроля: выявленные нарушения должны быть задокументированы;
- принятие мер по устранению нарушений: выдача предостережения о недопустимости нарушения обязательных требований;
- мониторинг и оценка результатов контроля, последующая оценка их эффективности. Это позволит выработать рекомендации по улучшению системы муниципального земельного контроля и подготовить соответствующие изменения в нормативные акты.

Таким образом, четкий и последовательный порядок осуществления муниципального земельного контроля обеспечивает создание эффективной системы управления земельными ресурсами, защищает права граждан и способствует устойчивому развитию территорий [6].

В 2023 году в Тульской области было проведено более 1000 проверок соблюдения требований земельного законодательства на территории Тульской области. Из них было выявлено более 200 нарушений, связанных с незаконным использованием земельных участков [6].

В Тульской области при проведении муниципального земельного контроля в 2023 году отмечено значительное увеличение показателей в сравнении с объемом работ, выполненных в 2022 году.

Например, при рассмотрении статистических данных о проведении контрольных (надзорных) мероприятий без взаимодействия наблюдается увеличение показателей на 46 % к показателю 2022 года, выездные обследования – 35 %, наблюдения за соблюдением обязательных требований – 81 %, профилактические мероприятия – 60 %, объявление предостережения – 39 %, консультирование – 107 %, информирование – 77 %.

В результате комплексного анализа было установлено, что на увеличение показателей влияют следующие факторы:

- усиление законодательной базы, вследствие чего повышается значимость проведения мероприятий по муниципальному земельному контролю;

- увеличение финансирования, что приводит к более активной деятельности структур, ответственных за контроль;
- совершенствование технологий, которые помогают улучшить качество и скорость проведения контрольных (надзорных) мероприятий;
- повышение компетентности сотрудников, способствующее более эффективному осуществлению обязанностей и увеличению общего числа проводимых мероприятий;
- активизация общественного контроля, влекущая за собой увеличение интереса граждан и общественных организаций к вопросам использования земель и защиты прав собственности, а также увеличение числа обращений по вопросам нарушения земельного законодательства.

Перспективы в осуществлении проведения мероприятий в области муниципального земельного контроля в ближайшее время связаны с изменениями в законодательстве, использованием новых технологий и повышением эффективности контрольно-надзорной деятельности [2].

Стоит ожидать усиления правового регулирования в области земельных отношений, что создаст более жесткие нормы и стандарты для использования земельных участков, установления строгого контроля за соблюдением целевого использования земли, оперативного реагирования на нарушения и более эффективного применения санкций в случае невыполнения установленных требований [2].

С развитием цифровых технологий и геоинформационных систем можно ожидать более широкого использования электронного документооборота, онлайн-мониторинга использования земельных участков, а также автоматизации процессов сбора и анализа данных, что упростит и ускорит процессы муниципального земельного контроля.

Важным направлением развития будет развитие межведомственного взаимодействия и сотрудничества между органами местного самоуправления, органами государственного контроля и надзора, а также общественными организациями, что способствует усилению контроля за использованием земель и более оперативной реакции на обнаруженные нарушения.

Соблюдение правил землепользования и застройки важно для предотвращения гидрологических и геологических рисков. Незаконные застройки, осуществленные в зонах повышенного риска наводнений, оползней или землетрясений, могут привести к серьезным последствиям для населения.

Также важно контролировать использование земельных участков в соответствии с их целевым назначением, чтобы обеспечить устойчивое развитие городской и сельской среды. Нарушения в планировании территорий могут привести к неравномерному распределению инфраструктуры и ресурсов, что в дальнейшем приведет к социальным и экономическим проблемам [5].

Наконец, избежание незаконного занятия земель является важным фактором для предотвращения коррупции и обеспечения справедливости в использовании ресурсов, государственная собственность на которые не разграничена. Контроль в данной сфере позволяет обнаруживать случаи незаконного занятия земельных участков и предотвращать их дальнейшее распространение.

Таким образом, эффективный контроль за соблюдением правил землепользования и застройки, а также использование земельных участков в соответствии с их целевым назначением представляет собой ключевую составляющую устойчивого развития общества.

Противодействие незаконному занятию земель и активное информирование граждан в вопросах использования земельных ресурсов способствуют созданию условий для экологической устойчивости и социального благополучия. Таким образом, развитие осознанности и ответственности граждан за сохранение природы и рациональное использование земельных ресурсов становится основой для обеспечения благополучия будущих поколений.

Список литературы

1. Гусева Т. В. Муниципальный земельный контроль: актуальные проблемы и пути их решения // Журнал муниципального управления, 2021, 5(2). – С. 45–59.
2. Кузнецов А. И. Земельный контроль: современное состояние и перспективы развития // Вестник регионального развития, 2020, 8(3). – С. 12–25.
3. Сидорова Е. П., Михайлов В. А. Правовые аспекты муниципального земельного контроля: теория и практика // Право и государство, 2022, 6(1). – С. 38–52.
4. Фролова Н. Ю. Инновационные технологии в муниципальном земельном контроле // Земельное право, 2023, 9(4). – С. 78–89.
5. Шевченко И. В. Земельные ресурсы и их использование в условиях муниципального управления // Экономика и управление, 2019, 11(2). – С. 105–119.
6. Официальный сайт министерства имущественных и земельных отношений Тульской области/ Деятельность/Муниципальный земельный контроль в муниципальном образовании город Тула: <https://mizo.tularegion.ru/activities/munitsipalnyy-i-zemelnyy-kontrol>.

Научный руководитель: Устинова Елена Алексеевна, кандидат технических наук, доцент, Тульский государственный университет, Тула, Россия.

Автоматизация кадастровых и землеустроительных работ при проектировании линейных объектов

Аннотация. В статье изложены принципы и возможности автоматизации проведения расчетов, оформления графической документации (чертежей), методика создания отчетов при проведении землеустроительных и кадастровых работ в составе разработки проектной документации при проектировании линейного объекта с использованием алгоритмических языков программирования .NET, которые входят в состав программного обеспечения, используемого для проектирования линейных объектов. Ключевая особенность – использование одного и того же программного обеспечения как для проектирования сооружений, так и для подготовки землеустроительной документации.

Ключевые слова: объектно-ориентированное программирование, .NET, Землеустройство, Кадастр, Плагин, AutoCAD, Robur Топоматик, автоматизация.

Maxim A. Zakharov
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education SPbSAU,
St. Petersburg, Pushkin, Russia, mzaharov@stpr.ru

Automation of cadastral and land management works in the design of linear objects

Abstract. The article describes the principles and possibilities of automating calculations, preparing graphic documentation (drawings), and the methodology for creating reports during land management and cadastral work as part of the development of design documentation when designing a linear object using .NET algorithmic programming languages, which are included in the software used to design linear objects. The key feature is the use of the same software for both designing structures and preparing land management documentation.

Keywords: Object-oriented programming, .NET, Land management, Cadastral, Plugin, AutoCAD, Robur Topomatic, automation.

На рынке представлен довольно большой ассортимент систем автоматизированного проектирования для разработки проектной документации линейных объектов, такие как: Autodesk Civil 3d, Топоматик Robur, NanoCad, IndorCAD, Credo и другие. В большинстве случаев имеющегося функционала недостаточно для выполнения отдельных видов проектных работ. На это есть несколько объективных причин, например, изменились нормативно-правовые документы, отсутствуют четкие рекомендации по составу отчетных документов, внутренние стандарты предприятия и др. Разработчики программного обеспечения не в состоянии удовлетворить потребности каждого отдельно взятого проектировщика и разрабатывают функционал наиболее востребованный для широкого круга пользователей, а такие узко специализированные задачи, как например, землеустроительные работы, рекультивация земель, очень часто остаются «за бортом». Конечно, есть возможность такие работы сделать в стороннем программном обеспечении или с привлечением субподрядных организаций, однако не всегда это выгодно (в случае малых объемов работ), поэтому возникает много сложностей с интеграцией разных видов программного обеспечения.

Выходом из данной ситуации является разработка собственных плагинов (модулей) для решения конкретных задач в составе основного программного продукта, который на данный момент используется на предприятии. Однако для этого используемое программное обеспечение должно иметь открытую архитектуру и давать возможность

для интеграции приложений, созданных сторонними разработчиками. И здесь список уже резко сокращается всего до 3 программных продуктов: Autodesk Civil 3D, Robur Дипломатик и Nano CAD. Если учесть тот факт, что в Nano CAD не большой выбор средств для проектирования линейных объектов, то остается только 2 программных продукта.

Для написания таких плагинов (модулей, дополнений) в вышеперечисленные программные продукты встроены алгоритмические языки программирования, такие как C#, C++, VB.NET, Python, способные, по сути, создать новый продукт для решения специфических задач. По сути инженер, используя уже готовый программный продукт и написав дополнительные модули к нему, приспособливает данное ПО под свои нужды и, более того, он может распространять свои разработки в другие проектные организации на безвозмездной или коммерческой основе.

Целью данной публикации является описание процессов автоматизации разработки землеустроительной и кадастровой документации, которая разрабатывается в составе проектной документации линейного объекта (например автомобильной дороги), то есть разрабатывается собственный модуль (плагин), упрощающий такие повседневные задачи, как автоматизация расчетов, оформление выходных чертежей, создание пользовательских отчетов и ведомостей, оперативное внесение изменений в уже выпущенные комплекты проектной документации. Упор сделан именно на последний пункт, как наиболее сложный и трудоемкий, т.к. при внесении изменений в уже разработанные комплекты важно не упустить ни одной детали; при ручной корректировке это требует больших трудозатрат и времени, и ресурсов.

Используя методы объектно-ориентированного программирования (при условии, конечно, если разработчики ПО, открыли такую возможность), мы можем получить возможность по созданию и редактированию графических объектов, таких как линии, окружности, тексты и др., получить доступ к свойствам таких объектов, например, к длинам, площадям примитивов, их цвету и т.п. Имеем возможность прикреплять к отдельным объектам вспомогательные данные (семантическую информацию). Ну и совокупность всей информации, которая представлена на чертеже, превращает его в некую базу данных, используя которую есть возможность анализировать такие данные и выводить их в отчеты по форме и содержанию согласно действующим ГОСТам, СП или внутренним стандартам предприятий.

Основные преимущества разработки:

- Достаточно легко начать разработку собственных плагинов, достаточно лишь иметь базовые навыки программирования, и для этого совсем не обязательно иметь в штате программиста, в большинстве случаев инженер это сделает не хуже.
- Основное ядро модуля (графическая система/интерфейс) уже создано, базовые функции для управления графическими примитивами разработаны. Мы можем сосредоточиться на нашей узкоспециализированной задаче.
- Большое количество поддерживаемых языков программирования (C++, C#, VB.NET, F#).
- Возможность подключения сторонних библиотек функций, которые также находятся в открытом доступе.

Однако, есть и недостатки:

- Разработанный модуль будет работать только на той платформе, для которой он был написан. Для переноса в его в другое ПО, необходима модернизация плагина.
- Мы ограничены возможностями графического ядра ПО, на котором ведем разработку, иными словами, мы не можем выйти за пределы тех возможностей, которые заложены в базовом функционале.
- Без документации (описания) функционала (открытого API) достаточно сложно разрабатывать собственные модули, это особенно актуально для российских платформ автоматизированного проектирования.

Для реализации поставленных задач по автоматизации разработки землеустроительной и кадастровой документации был создан отдельный Плагин «Civil3DtoolsUtility». Основа данного плагина – это площадной объект или Земельный участок, представляющий собой замкнутую полилинию. Был выбран именно примитив – полилиния, как наиболее простой объект, т.к. его геометрию понимают практически все программные продукты, включая MapInfo, QGIS и др. Основная сложность в использовании такого примитива, это случаи, когда в участке есть «дырки» (островки) или участок многоконтурный. Однако, эти проблемы успешно могут быть решены либо записью специальных скрытых меток, которые указывают, что две полилинии составляют один участок, или анализом геометрии в случае островка (одна замкнутая полилиния входит в границы другой полилинии). Во всех других случаях это в основном преимущества, т.к. такой примитив очень легко редактировать стандартными средствами ПО.

Итак, имея такой графический элемент, как полилиния, и указав программе с помощью специальных меток, что это земельный участок, возможно выпустить такие комплекты документации, как инвентаризация земель, документация по планировке территории (которая, как правило, состоит из проекта планировки территории и проекта межевания территории), проект полосы отвода, рекультивация временно занимаемых земель.

Данные разделы не являются основными при разработке проектной документации линейного объекта (за исключением документации по планировке территории), однако, их разработка и корректировка отнимает очень много сил в проектной организации. Самая большая проблема этих разделов заключается в том, что проектные решения могут поменяться даже на стадии государственной экспертизы, и внесение изменений в эти разделы (за исключением ДПТ) необходимо внести достаточно оперативно.

Основа или фундамент плагина – это пользовательский шаблон, в котором содержатся основные стили отображения условных знаков и перечень таблиц семантической информации. Если мы используем программное обеспечение по типу Autocad, то все пользовательские стили (типы линий, блоки, выноски, таблицы), являются частью того чертежа, который на данный момент открыт. В другом чертеже они уже не доступны. Если использовать один шаблон для всех задач, то это сильно «засоряет» документацию не используемыми стилями. Гораздо проще все настройки хранить в едином шаблоне, хранящемся на сервере предприятия, и при необходимости посредством специального функционала их просто подгружать в нужные чертежи по мере необходимости. В данном модуле создана с помощью .NET, отдельная палитра с условными знаками, выбирая нужный знак, стиль из основного шаблона подгружается автоматически. Данные стили едины для всех пользователей, у которых есть доступ к данному плагину.

Основным преимуществом данного плагина является его простота, поэтому все настройки хранятся в общем шаблоне формата dig, который представляет собой список таблиц, отсортированных по основным категориям: топография, земельный кадастр, проект планировки территории, автомобильные дороги. При внесении условного знака в определенную таблицу шаблона стиль данного знака автоматически становится доступным из любого чертежа разрабатываемого проекта. Для удобства и быстрого действия дополнительно данный шаблон возможно сконвертировать в формат xml и использовать уже этот формат. В данном шаблоне содержатся данные о типах применяемых линий, блоках, штриховках и в зависимости от разрабатываемого чертежа есть возможность использовать стили оформления, ранее разработанные и проверенные на других комплектах.

Вне зависимости от того, какой комплект землеустроительной или кадастровой документации мы создаем, основные задачи примерно одинаковы, а именно:

1. Загрузка в проект исходных данных, как правило, это кадастровый план территории кадастрового квартала. Если идет речь о линейном объекте, например, автомобильной дороге – таких кварталов может быть несколько десятков, они смежные, а это значит, неизбежно появятся дубликаты (повторяющиеся данные), это относится к территориальным

зонам, границам территории, ЗОУИТ. Отсечение таких данных – одна из главных задач модуля. Предоставление данных из Рос реестра на кадастровый квартал – избыточно. Маловероятно, что автомобильная дорога займет его полностью. Поэтому вторая задача – это отсечение избыточных данных, которые точно не понадобятся при разработке проекта. Игнорирование этого требования ведет к чрезмерному «раздутию» проекта, что влечет за собой общее замедление системы при навигации по проекту, а также созданию некорректных отчетов. Третья проблема – это визуализация данных, т.е. объекты должны быть объединены в группы (слои), у них должны быть определенные условные обозначения и однотипные атрибуты.

2. Непосредственное создание объектов землеустройства – проектных земельных участков. Частный случай таких объектов – это полоса отвода линейного объекта, здание (сооружение), территориальная зона, ЗОУИТ. С точки зрения использования .NET, это одно и то же. При небольшой модификации семантической информации, графического объекта типа полилинии создаются линейные объекты – красные линии, ОКС (инженерные коммуникации – оси сооружения). Основное требование – это запись особых меток в данный примитив (для того, чтобы программа правильно могла манипулировать данными объектами при создании отчетов).

Формирование земельных участков характерно для всех этапов землеустройства, даже для инвентаризации земель, где требуется выдать список пересекаемых полосой отвода земельных участков. Для этого данные объезды, как правило, временно преобразуются в регионы, анализируется их степень пересечения и выводится результат. Сам по себе алгоритм пересечения регионов написать очень сложно, однако, эти алгоритмы уже реализованы за нас разработчиками основного ПО и, используя готовые функции, мы можем получить информацию о наличии пересечения, получить площадь пересечения, а также получить область перекрытия регионов, и эту область оформить как проектный земельный участок, оформить ее соответствующим условным знаком, подписать в чертеже обозначение и вписать семантическую информацию во вновь созданный объект, например, информацию о собственнике земельного участка, ограничениях и др.

3. Авто нумерация полигонов. Наиболее простой подход, сделать итерацию по вершинам полилинии и вставить в нее простейший блок с атрибутом (номером вершины). Впоследствии при выводе каталога координат программа должна находить такой блок и прочесть из него номер, т.к. далеко не всегда номер вершины совпадает с атрибутом. Это особенно характерно для тех случаев, когда полигоны имеют общие точки. Основной проблемой авто нумерации полигонов является то, что надо постоянно контролировать наложение атрибутов блоков друг на друга. И если мы, например, вручную «растаскивали» атрибуты, затратив на это некоторое количество времени, а затем добавили в исходный полигон некоторое количество вершин, по сути, всю работу по растаскиванию атрибутов блоков необходимо начинать сначала. Данный плагин решает эту проблему, в вершинах где уже есть блок с атрибутом, просто меняется номер. Данный подход резко сокращает трудозатраты на оформление чертежей.

4. На последнем этапе проектирования необходимо иметь возможность вывода отчетов, например, каталога координат, инвентаризационной ведомости земельных участков, ведомости объемов работ по рекультивации или наиболее сложного отчета – текстовой части проекта межевания территории. Основные шаблоны таких ведомостей заранее подготовлены в форматах MS Word и MS Excel.

Использование методов объектно-ориентированного программирования сильно облегчает задачу взаимодействия различных приложений между собой. Например, используя процедуру позднего связывания можно вывести каталог координат земельных участков не просто в отдельный документ, но, скажем, в середину уже открытого документа, например, пояснительной записки. Программа просто обращается к приложению, например, MS Word, считывает текущее положение курсора, и, начиная именно с этой позиции, начинает вывод каталога координат.

Очень часто возникает такая ситуация, что, какая-то таблица уже вставлена в документ, но изменились площади земельных участков или условные номера, при использовании методов объектно-ориентированного программирования есть возможность такую таблицу найти и просто обновить данные. Это очень важно, т.к. есть случаи, когда полоса отвода автомобильной дороги изменилась как раз в тот момент, когда формируется комплект документов на ее согласование или утверждение в администрацию. Возможен и обратный процесс, перенести семантическую информацию из таблицы, сформированной во внешнем приложении, например, MS Word, в графические примитивы.

Как было сказано выше, результатом решения всех перечисленных проблем и методов их решения является плагин «Civil3DToolsUtility». Данный модуль успешно внедрен в производственный процесс. Благодаря этому решению, такие комплекты проектной документации как инвентаризация земель, рекультивация земель, документация по планировке территории или проект полосы отвода создаются силами всего 2 инженеров в независимости от протяженности линейного объекта. Имеется достаточно большой срок работы плагина под системой автоматизированного проектирования Autodesk Civil 3D. В связи с переходом на отечественное ПО, в частности Robur Дипломатик, NanoCAD, ведутся работы по актуализации данного плагина на эти платформы. Например, степень локализации данного плагина на платформе Robur Топоматик составляет более 70 %. В связи с тем, что применять систему NanoCAD для проектирования автомобильных дорог не целесообразно по причине крайне скудного функционала по проектированию линейных объектов, данный плагин на эту платформу практически не локализован, хотя для решения землеустроительных задач эта платформа хорошо подходит.

В заключении хочется отметить большие перспективы по расширению функционала, такие как:

- Возможность корректировки отчетной документации.
- Составление настраиваемых ведомостей.
- Возможности корректировки отдельных строк выбранной таблицы в составе отчета.
- Возможность работы данного плагина в среде nanoCad и др.

Автоматизация проектирования объектов инфраструктуры способствует повышению эффективности кадастровых работ и определяет условия развития земельного рынка, что позволяет преодолеть информационную асимметрию в земельных отношениях региона.

Список литературы

1. AutoCAD .NET Developer's Guide (<https://docs.autodesk.com/ACD/2010/ENU/AutoCAD%20.NET%20Developer%27s%20Guide/index.html>).
2. Разработка собственных команд и программных модулей на основе Топоматик Robur. Руководство пользователя. Том 10, Санкт-Петербург, 2015.
3. Руководство разработчика nanoCAD SDK для NanoCAD (https://developer.nanocad.ru/redmine/projects/ncadsdk/files_).
4. В Никлаус. «Алгоритмы и структуры данных». Пер. с англ. Ткачев Ф. В. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 274 с. – ISBN 978-5-94074-584-6.
5. Hillar Gastón C., Herman Todd. Professional Visual Basic 2012 and .NET 4.5 Programming, Volume 912, 2017, ISBN: 978-1-118-33213-9.
6. Efimova, G. A. Rent principles of development of project management in the regions of russia / G. A. Efimova, S. V. Efimova // The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences, Veliky Novgorod, 04–05 декабря 2019 года. Vol. 77. – Veliky Novgorod: Future Academy, 2019. – P. 505–510. – DOI 10.15405/epsbs.2019.12.05.62. – EDN DNZZMY.
7. Efimova, G. A. Information asymmetry in genetic farming / G. A. Efimova, S. V. Efimova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 613. – P. 012029. – DOI 10.1088/1755-1315/613/1/012029. – EDN DIMVDU.

Научный руководитель: *Ефимова Галина Анатольевна, заведующая кафедрой земельных отношений и кадастра, доктор экономических наук, ФГБОУ ВО СПбГАУ, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия.*

Игнова Владислава Вадимовна
*Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
Санкт-Петербург, Пушкин, Россия, v.ignova@yandex.ru*

Проблемы содержания публичного сервитута на современном этапе общественного развития

Аннотация. В работе рассматриваются проблемы трактовки словосодержания публичного сервитута с точки зрения законодательства и научного сообщества, а также проводится обоснование публичного сервитута в Калужской области, деревня Кривцово. Для которой автором разработан перечень критериев для технико-экономического обоснования вариантов размещения сервитута в зависимости от категории земель.

Ключевые слова: публичный сервитут, земельный участок, вещное право, ограничение, право, законодательство, собственность, сервитут.

Vladislava V. Ignova
*St. Petersburg State Agrarian University,
St. Petersburg, Pushkin, Russia, v.ignova@yandex.ru*

Problems with the content of a public easement at the present stage of social development

Abstract. The paper examines the problems of interpreting the word content of a public easement from the point of view of legislation and the scientific community, and also provides a justification for a public easement in the Kaluga region, the village of Krivtsovo. For which the author has developed a list of criteria for a feasibility study of easement placement options depending on the land category.

Keywords: public easement, land plot, property right, restriction, right, legislation, property, easement.

Актуальность исследования обосновывается тем, что в данный момент активно осуществляются программы газификации регионов в отношении удаленных населенных пунктов Российской Федерации для повышения уровня жизни населения, улучшая при этом социально-экономическое развитие и экологические условия. В таком случае, чтобы не изымать земельные участки – появляется необходимость установления публичного сервитута.

Основными методами в данном исследовании являются теоретический, эмпирический, количественный и качественный.

Публичный сервитут может быть установлен для обеспечения государственных, муниципальных нужд, а также нужд местного населения, без изъятия земельных участков. Устанавливается на землях государственной или муниципальной собственности и на земли, находящиеся в частной собственности.

Однако, с точки зрения научного сообщества (Вильгоненко И. М., к. ю. н., доцент, Манько Е. А. доцент и др.) в настоящее время сформировались проблемы, связанные со смысловым содержанием понятия «публичный сервитут». По мнению ученых присутствуют следующие проблемы в содержании публичного сервитута, так как термин недостаточно раскрыт в законодательстве, и он не является ограниченным вещным правом:

1. Публичный сервитут – это ограничение прав собственников земельных участков, а не вид ограниченного вещного права. Ученые обосновывают это тем, что нет конкретных управомоченных лиц, которые дают использовать земельные участки неограниченному числу лиц. В проекте гражданского законодательства рассматривается вопрос, что публичный сервитут не может быть установлен для неограниченного числа лиц;

2. Публичный сервитут обязателен к установлению, учитывая судебные разбирательства по данному вопросу, таким образом подчеркивая эксклюзивность публичного сервитута от частного;

3. Публичный сервитут устанавливается в рамках публичного права (земельного, лесного, водного, административного), в то же время частный сервитут устанавливается в рамках частного права – гражданского законодательства.

Таким образом, научное мнение насчет публичного сервитута – публичный сервитут довольно своеобразен и не входит в рамки понятия «сервитут». Понятие «публичный сервитут» необходимо устранить из гражданской и других отраслей законодательства, чтобы не было подмены понятия. И необходимо ввести новое – ограничение прав собственности на земельный участок в публичных интересах.

На наш взгляд, данная проблема существует – недостаточно раскрыт термин, но невозможно полностью убрать или заменить данное понятие, так как термин «публичный сервитут» существует и в других отраслях права. Необходимо внести поправки в гражданское и земельное законодательство, чтобы они не противоречили друг другу, а наоборот дополняли и поясняли в отношении понятия «сервитут». Однако при этом необходимо также разработать единые критерии для сравнения вариантов размещения сервитута исходя из принадлежности к той или иной категории земель, чтобы добиться однородности и единообразия его установления.

В нашей работе происходит установление публичного сервитута для строительства линейного объекта (газопровод) к деревне Кривцово, в соответствии с Программой газификации регионов РФ, соглашений о взаимном сотрудничестве по газификации между администрацией Калужской области и ПАО «Газпром».

Объект представляет собой право ограниченного пользования (публичный сервитут) частью земельных участков сроком на 3 года и 49 лет (срок, в течение которого использование земельного участка в соответствии с его разрешенным использованием будет невозможно или существенно затруднено в связи с осуществлением сервитута – 12 месяцев) и право требования возмещения убытков при ухудшении качества земель, ограничении прав собственников и арендаторов земельных участков, а также правообладателей расположенных на земельных участках объектов недвижимости в результате деятельности других лиц в целях обеспечения реализации проекта «Газопровод межпоселковый к дер. Кривцово Ферзиковского района Калужской области».

На наш взгляд, необходимо также внести в законодательство или добавить нормативно-правовой документ (методические указания) по критериям сравнения обоснования публичного сервитута.

Ниже представлена сравнительная таблица 1 для более подробного обоснования.

Таблица 1

Сравнение вариантов прохождения трассы

Факторы для сравнения	Вариант № 1	Вариант № 2
Категория земель	Земли сельскохозяйственного назначения	Земли лесного фонда
Протяженность	0,76 км	0,77 км
Наличие пересечений с землями лесного фонда	Отсутствует	Пересечения имеются
Количество пересекаемых земельных участков, принадлежащих физическим/юридическим лицам	Имеется 3 пересечения	Имеется 2 пересечения
Наличие пересечений с инженерными коммуникациями	Имеется 1 пересечение	Имеется 1 пересечение
Количество поворотных точки	5	7

Из выше представленного анализа способа установления публичного сервитута с целью реализации объекта газификации «Газопровод межпоселковый к дер. Кривцово Ферзиковского района Калужской области» следует, что вариант № 1 протяженностью 0,76 км является наиболее целесообразным.

С точки зрения научного общества необходимо убрать термин публичный сервитут и ввести новое понятие – ограничение прав собственности на земельный участок в публичных интересах. Данное мнение имеет место быть, потому что сервитут – это согласие между двумя собственниками о временном пользовании чужим земельным участком, он может быть установлен, либо же нет, в зависимости от цели установления сервитута. Судебная практика насчет публичного сервитута показывает, что он устанавливается в любом случае, так как он подразумевает интересы государства.

На наш взгляд, полностью невозможно убрать данное понятие, необходимо внести изменения в текущее законодательство, которые бы дополняли и вносили ясность. Таким образом, сократилось бы число судебных разбирательств и недовольств по поводу публичного сервитута.

Также мы предлагаем усовершенствование процедуры обоснования путем разработки критериев для сравнения вариантов установления публичного сервитута. Таким образом, можно выбрать и проанализировать наилучший вариант, который был бы менее затратным для сервитуриария, так и для сервитутодателя.

Список литературы

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 N 51-ФЗ (ред. от 08.08.2024).
2. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 200-ФЗ (ред. от 28.12.2013) (с изм. и доп., вступ. в силу с 08.08.2024).
3. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 28.12.2013) (с изм. и доп., вступ. в силу с 08.08.2024).
4. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 08.08.2024).
5. Федеральный закон «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним» от 13.07.2015г. №218-ФЗ (ред. от 29.10.2024 г.).
6. Консультант плюс: правовые новости. Специальный выпуск. «Реформа гражданского законодательства. Общая информация» // <http://www.consultant.ru>.
7. Малеина М. Н. Публичные сервитуты // Законодательство. 2004. №4. С. 8–16.
8. Манько Е. А. Реальный сервитут: содержание, основания возникновения и прекращения // Право и политика. 2008. № 19. С. 6.
9. СПС «КонсультантПлюс», судебная практика// <http://www.consultant.ru/>.

Научный руководитель: Баранова Дарья Владимировна, кандидат технических наук, ассистент кафедры землеустройства, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия.

Коробельникова Полина Дмитриевна*

Гайратова Жамила Шухрат кизи**

*студент, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург, Россия*

** polina.pushkareva.01@mail.ru*

*** jamilia.sh00@gmail.com*

Экологическая оценка зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга

Аннотация. В рамках работы была проведена экологическая оценка зеленых насаждений общего пользования (ЗНОП) Санкт-Петербурга путем выезда в природу и изучения растительности объектов по количественным и качественным показателям путем определения коэффициента комплексной экологической оценки (ККЭО). Кроме того, для выбранных объектов рассчитан нормализованный относительный вегетационный индекс (NDVI) с использованием актуальных космоснимков. В завершении работ произведен сравнительный анализ результатов экологической оценки ЗНОП с нормализованным относительным вегетационным индексом (NDVI).

Ключевые слова: зеленые насаждения общего пользования, экологическая устойчивость городов, дистанционное зондирование Земли, коэффициент комплексной экологической оценки, нормализованный относительный вегетационный индекс.

Polina D. Korobelnikova*

Zhamila Shukhrat kizi Gairatova**

student, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia

** polina.pushkareva.01@mail.ru*

*** jamilia.sh00@gmail.com*

Ecological assessment of public green spaces of Saint Petersburg

Abstract. As part of the work, an ecological assessment of public green spaces (PGGS) of St. Petersburg was carried out by travelling to the field and studying the vegetation of the objects by quantitative and qualitative indicators by determining the coefficient of complex ecological assessment (CCEA). In addition, a normalised relative vegetation index (NDVI) was calculated for the selected sites using current satellite imagery. At the end of the work, a comparative analysis of the results of the environmental assessment of the CCER with the normalised relative vegetation index (NDVI) was carried out.

Keywords: public green spaces, environmental sustainability of cities, remote sensing of the Earth, coefficient of complex environmental assessment, normalized relative vegetation index.

Устойчивое развитие, опирающееся на актуальные тенденции экономического роста, социального прогресса и экологической ответственности, занимает ключевую позицию в процессах проектирования и управления территориями и объектами. Это концептуальное направление интегрирует принципы системного подхода, учитывающего многогранные аспекты человеческой деятельности и взаимодействия с окружающей средой, что способствует гармонизации экономических, социальных и экологических факторов в рамках устойчивого будущего [2].

Цель исследования – проведение экологической оценки состояния зеленых насаждений общего пользования (ЗНОП) Санкт-Петербурга и сравнение ее результатов с нормализованным относительным вегетационным индексом (NDVI). Полученные в ходе исследования данные могут быть применены для улучшения оценки качества озеленения в городах.

Глубокий анализ растительности является одним из ключевых направлений исследований, использующих спутниковые системы съемки. С помощью дистанционного зондирования Земли можно выявить территории, которые требуют дополнительного озеленения, а также разработать стратегии для улучшения состояния зеленых зон [1].

Для достижения этой цели применяется метод сегментации спутниковых изображений, представляющий собой процесс деления изображений на управляемые сегменты, что имеет большое значение для их обработки и анализа. В настоящее время существует множество подходов к сегментации, таких как пороговый метод, кластеризация, региональные и графические методы, каждый из которых имеет свои сильные и слабые стороны, что определяет выбор метода в зависимости от конкретной задачи [3, 4].

В области изучения растительности с применением дистанционного зондирования Земли важно уделить внимание вегетационным индексам, среди которых наибольшее распространение получил нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI). Этот индекс рассчитывается на основе анализа наклона линии тренда NDVI в рамках пространственно-временных исследований. Значение NDVI варьируется от -1 до 1, что позволяет оценить количество зеленой биомассы и определить состояние растительности в конкретных регионах [5].

Метод пространственно-временной индексации изменений в растительном покрове открывает новые возможности для исследования растительности и может служить эффективным инструментом для анализа изменений экосистем и динамики природных ландшафтов [6].

Точное определение границ городских зеленых насаждений имеет большое значение для поддержания экологического равновесия и улучшения качества жизни в городах. Однако сложная структура городских зелёных насаждений, обусловленная разнообразием размеров и форм, затрудняет эффективное извлечение информации о них из изображений с высоким разрешением [7].

Объектом исследования является оценка ЗНОП Санкт-Петербурга по определенным критериям. Объектами оценки явились ЗНОП Санкт-Петербурга, расположенные в трех разных административных районах: Василеостровский (сад Василеостровец), Московский (сад Дубовая Роща), Петродворцовый (сквер б/н между Санкт-Петербургским шоссе и Монастырской ул.).

Методика оценки экологического состояния объектов включает в себя подготовительный этап, натурное обследование, камеральную обработку собранных материалов и аналитическую работу с полученными результатами. На подготовительном этапе определяются оцениваемые объекты ЗНОП с учетом основных функций: рекреационная, специализированная, транзитная.

В процессе натурального обследования проводилось общее описание объекта и оценка условий для роста растений на данной территории, определялась принадлежность объекта к определенной категории зеленых насаждений, а также изучалось разнообразие растительного мира. На этом же этапе закладывались пробные площади, которые имеют квадратную форму площадью 100 м². Пробные площади закладывались с учетом возможности отражать типичную растительность и текущее состояние зеленых насаждений на данной территории.

На камеральном этапе все собранные сведения описания объектов зеленых насаждений и пробных площадей вводились в геопространственную базу данных.

Для анализа общего состояния зеленых насаждений на исследуемой территории применялся коэффициент комплексной экологической оценки (ККЭО). Данный коэффициент охватывает различные элементы растительности, включая деревья, кустарники, травяные покрытия и цветники, которым присваивались баллы в зависимости от их значимости и выполняемых функций. Значения ККЭО варьируются от 1, что соответствует идеальному состоянию и высокой оценке всех растительных элементов на объекте, до 3, что указывает на неудовлетворительное состояние растений.

Для вычисления вегетационного индекса NDVI использовались данные дистанционного зондирования, полученные с мультиспектрального спутника Sentinel-2 в середине вегетационного периода. Для обеспечения высокого качества анализа были выбраны снимки с пространственным разрешением 10 метров. Ключевым критерием

выбора изображений стал уровень облачности, который не должен был превышать 10 %. На следующем этапе обработанные снимки были проанализированы с помощью инструмента "Калькулятор растров" в программе QGIS Desktop версии 3.36.0, что позволило автоматически рассчитать значения NDVI по двум спектральным каналам: красному (Red) и ближнему инфракрасному (Near Infrared, NIR).

После натурных обследований ЗНОП были произведены расчеты значений NDVI и ККЭО для каждой пробной площадки. Для определения ККЭО была составлена геопространственная база данных, где собрана информация о качественных и количественных характеристиках каждого объекта.

Максимальное значение ККЭО было выявлено в пробной площадке сада Василеостровец, которое составило 2,60. Причиной данного неудовлетворительного значения ККЭО стало присутствие на пробной площадке древесной растительности, относящейся к сухостоям прошлых лет (6 категория) и неблагоприятного состояния газонов в некоторых частях сада.

Была построена гистограмма связи ККЭО и NDVI с помощью программного обеспечения (ПО) MS Excel. Использована полиномиальная линия тренда, так как она применяется при переменном возрастании и убывании данных. При этом в ПО MS Excel был высчитан коэффициент детерминации равный 0,1502.

Обзор исследований по данной теме демонстрирует, что индекс NDVI и ККЭО могут эффективно использоваться для анализа и оценки зеленых объектов в урбанизированных зонах. Однако данные показатели не коррелируются между собой. Объяснением этому могут выступать:

- неоднородность растительных элементов на пробных площадках;
- влияние поправочных коэффициентов на конечный результат экологической оценки пробной площадки;
- неравнозначность шкал ККЭО (от 1 до 3) и NDVI (от -1 до 1).

Практика показывает, что для мониторинга ЗНОП применение вегетационного индекса NDVI имеет превосходство над ККЭО, так как это наиболее доступный, оперативный и эффективный метод оценки ЗНОП, позволяющий получить результаты в динамике.

Список литературы

1. Коробельникова П. Д. Мониторинг зеленых насаждений общего пользования с применением методов дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий // Сборник статей III Международного научно-практического семинара. Санкт-Петербург. 2024. С. 75–79.
2. Bykova E., Skachkova M., Raguzin I., Dyachkova I., Boltov M. Automation of negative infrastructural externalities assessment methods to determine the cost of land resources based on the development of a "Thin client" model // Sustainability (Switzerland). 2022. Vol. 14(15). P. 9383. DOI:10.3390/su14159383.
3. Плотников Д. Е., Колбудаев П. А., Барталев С. А. Выделение сезонно-однородных областей на основе анализа временных серий спутниковых изображений // Компьютерная оптика. 2018. Том 42, № 3. С. 447–456. DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-3-447-456.
4. Лысенко М. Н., Ложковой П. Н. Использование спутников для дистанционного зондирования Земли: проблемы и перспективы // Вестник Сибирского федерального университета. Гуманитарные и социальные науки. 2022. Том 12, № 15. С. 1763–1777. DOI: 10.17516/1997-1370-0829.
5. Skachkova M., Guryeva O. Monitoring of the State of Saint Petersburg Green Spaces by Remote Sensing Data // Ecology and Industry of Russia. 2023. Vol. 27, no 5. pp. 51–57. DOI: 10.18412/1816-0395-2023-5-51-57.
6. Osipov A., Dmitriev V., Kovyazin V. Methods of analyzing landscape ecosystem diversity of a region based on remote sensing // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering. 2020. Vol. 331, no 10. pp. 49–57. DOI: 10.18799/24131830/2020/10/2849.
7. Cheng Y., Wang W., Ren Z., Zhao Y., Liao Y., Ge Y., Wang J., He J., Gu Y., Wang Y., Zhang W., Zhang C. Multi-scale Feature Fusion and Transformer Network for urban green space segmentation from high-resolution remote sensing images // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2023. Vol. 124. 103514. DOI: 10.1016/j.jag.2023.103514.

Научный руководитель: Скачкова Мария Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент, доцент, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия

Бонитировка почв Ленинградской области: теория и практика

Аннотация. В современной методологии кадастровой оценки сельскохозяйственных земель стоимость формируется на основе факторов, формирующих земельную ренту I рода. Один из ключевых факторов, определяющих ренту первого рода, – это качество почвы, которое можно оценить с помощью бонитировки. При низком плодородии учёт качества почвы в земельном налогообложении поможет снизить налоговую нагрузку на сельскохозяйственных производителей. На основе этого в работе проведен анализ исторического опыта проведения бонитировки почв в России и текущих тенденций. Также представлена методика определения баллов бонитета, которая применима для условий Ленинградской области. Основной акцент сделан на полевых и экспериментальных этапах методики отбора проб, определении агрохимических показателей и методах расчёта баллов почвенного бонитета.

Ключевые слова: почвенные разновидности, геоинформационные системы, методика Н. А. Благовидова, агрохимическое обследование, плодородие почв.

Daniil M. Korchuganov
*Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, s232607@stud.spmi.ru*

Soil bonification in the Leningrad region: theory and practice

Abstract. In the modern methodology of cadastral valuation of agricultural land, the value is formed on the basis of factors affecting land rent. One of the key factors determining the rent of the first type is the quality of the soil, which can be assessed using a bonus. With low fertility, taking into account soil quality in land taxation will help reduce the tax burden on agricultural producers. Based on this, the paper analyzes the historical experience of soil bonification in Russia and current trends. The methodology for determining bonus points in the conditions of the Leningrad region is also presented. The student concentrates on the field and experimental stages of the sampling methodology, the determination of agrochemical indicators and the calculation of soil bonus points.

Keywords: Soil varieties, geoinformation systems, methods of bonitet, N. A. Blagovidov's methodology, agrochemical examination, soil fertility

В современных условиях кадастровая оценка сельскохозяйственных земель основывается на принципе формирования стоимости с учётом факторов, формирующих земельную ренту I рода. Качество почвы, оцениваемое с помощью бонитировки, является одним из ключевых факторов, обеспечивающих указанную ренту. Учёт качества почвы при земельном налогообложении на малоплодородных землях помогает снизить налоговую нагрузку на сельскохозяйственных производителей [1]. Кроме того, актуальные и качественные данные бонитировки способствуют повышению эффективности сельского хозяйства и рациональному использованию природных ресурсов региона.

Для некоторых регионов, земли которых, как, например, в Ленинградской области, не обладают значительной плодородностью и не могут давать таких же больших и стабильных урожаев, как на юге страны, вопрос снижения налоговой нагрузки стоит особо актуально. Прогрессивный метод налогообложения позволит выстроить зависимость урожайности от балла-бонитета для последующего перерасчета земельного налога. Однако для его внедрения необходимо получить данные о бонитировке почв.

Бонитировка почв (или оценка плодородия почв, также известная как качественная, сравнительная или относительная оценка) – это специализированная классификация

почв по их продуктивности, построенная на объективных признаках и свойствах самих почв, наиболее важных для роста и развития сельскохозяйственных культур и коррелирующих со средней многолетней урожайностью последних [2]. Качество почвы также является комплексным отражением физических, химических и биологических свойств почвы, которые не могут быть оценены по отдельным свойствам почвы [3].

Основы этой науки были заложены в России В. В. Докучаевым и Н. М. Сибирцевым, которые разработали теорию генетического почвоведения. В 1892–1894 годах Докучаев впервые предложил естественнонаучную методику бонитировки почв, основанную на сравнительной оценке качества земельных угодий в баллах на основе почвенных исследований. Затем собранные данные были систематизированы и проанализированы повторно, и в 1958 году под руководством С. С. Соболева и других учёных была создана первая общесоюзная шкала бонитировки почв. В последующем данную методику развивали с учетом климатических и сельскохозяйственных особенностей отдельных районов страны. В настоящее время существует множество специализированных методик определения балла-бонитета. Так, в условиях Ленинградской области была принята методика бонитировки почв Н.А. Благовидова. В качестве критериев оценки балла-бонитета им предложены следующие показатели почв: содержание гумуса, pH, мощность пахотного слоя, гранулометрический состав, свойства почвообразующих пород (наличие в них или отсутствие карбонатов), свойства подпахотного горизонта [2, 4, 5]. В Нижегородской области России (Волго-Вятском) районе использовалась методика А.С. Фатьянова. Она приближена к методике по Докучаеву, с учетом современных на тот момент знаний в почвоведении. Её основой является расчет баллов бонитета по урожайности озимой ржи. На территориях южного Урала и Заволжья применялась методика С. Н. Тайчинова. По его мнению, нет определенной культуры, по которой необходимо рассчитывать урожайность, поэтому для расчета баллов бонитета использовались две ведущие зерновые культуры области. Следует отметить, что другим нововведением его методики являлся учёт условий залегания почвообразующих пород [2].

В последние годы теоретическому обоснованию методического обеспечения бонитировки почв в России уделено мало внимания. За последние 5 лет написано менее 10 статей на тему бонитировки почв, её роли в нашем государстве, а также способе расчета и методиках использования [6]. В мировой же практике складывается иная ситуация, а именно, в Китае только за последний год написано более 50 статей на схожие темы [7, 8]. В Америке используется индекс Стори для оценки почв. Важными элементами этого индекса являются несколько элементов: почвенный профиль, механический состав почвы, уклон и несколько переменных, включенных в один общий фактор. Данные переменные значительно различаются в зависимости от региональных особенностей [9].

Таким образом, можно заключить, что с учетом прошедшего времени, изменения условий окружающей среды, совершенствования методов работы и увеличения объемов информации, необходимо актуализировать баллы бонитета почвы Ленинградской области, используя не методику Благовидова, которая в современных условиях должна быть модифицирована путем ухода от использования одной ведущей культуры к их комплексу (фактически выращиваемых), а также путем учета дополнительного состава диагностических признаков (например, содержания в почве тяжелых металлов).

Для создания бонитировочной шкалы необходимо провести обследование территорий для отбора образцов и последующего их направления в лабораторию. Данная работа проводилась при содействии ФГБУ «Центра агрохимической службы Ленинградский». Данная организация помогала провести агрохимическое обследование используемых сельскохозяйственных земель Ломоносовского, Гатчинского районов Ленинградской области.

Для проведения полевых исследований необходимо создать почвенную карту, включающую информацию о предыдущих обследованиях почвенного покрова этого хозяйства. В процессе работы использовались почвенные карты, составленные в ходе последнего комплексного исследования территорий в 70-х и 80-х годах XX века. В основном почвы этих регионов относятся к дерново-подзолистым, дерново-карбонатным, болотным типам. Эти почвы характерны для Ленинградской области и методы их обследования уже отработаны.

В дальнейшем почвенные пробы передавались в лабораторию на анализы, в ходе которых сформированы данные, которые можно использовать для проведения бонитировки почв. В ФГБУ «ЦАС Ленинградский» в данном случае анализируются показатели, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Химические показатели, определяемые в лаборатории

Органическое вещество	N	P2O5	K2O	Pb	Cd	pH KCl	pH H2O
%	мг/кг почвы	мг/кг почвы	мг/кг почвы	мг/кг почвы	мг/кг почвы	ед.	ед.

Обследование выполнено согласно «Методическим указаниям по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» МСХ РФ, РАСХН, 2003 г. Лабораторные анализы проводились по следующим методикам: кислотность солевой вытяжки (рН KCl) – ГОСТ 26483-85; содержание подвижных соединений фосфора и калия – по методу Кирсанова ГОСТ 54650-2011; содержание органического вещества – ГОСТ 26213-2021; гидролитическая кислотность – ГОСТ 26212-2021; сумма поглощенных оснований – ГОСТ 27821-2020.

Информация о возделываемых сельскохозяйственных культурах, общем сборе урожая и его продуктивности была получена с использованием специализированной Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения. Благодаря организационному доступу также удалось получить сведения о состоянии полей.

Для определения баллов бонитета по различным почвенным разновидностям, необходимо выбрать те критерии, чье влияние на урожайность выращиваемых сельскохозяйственных культур в местных почвенно-климатических условиях доказано. В данной почвенно-климатической зоне доказано, что на урожайность влияют мощность гумуса, кислотность почвы, механический состав, сумма поглощенных оснований и содержание подвижных форм фосфора и калия.

Имея информацию об урожайности сельскохозяйственных культур, а также перечень определенных лабораторных показателей химического и физического состава почвы, в будущем можно подтвердить верность применяемой методики проведения бонитировки почв на примере Ленинградской области. Указанная методика предусматривает наличие различных показателей, а также возможность анализа, какие из них влияют на урожайность сельскохозяйственных культур в большей степени, а какими можно пренебречь ввиду статистической ошибки.

В ходе работы были обработаны результаты обследований 2022 и 2023 годов в Гатчинском и Ломоносовском районах. Площадь обследованных территории составила 34352 га и включает территории нескольких предприятий и хозяйств. Первоначально данные из формата shp-файлов были перенесены в Excel. В процессе работы были обработаны следующие сведения: составлены главные информационные поля, содержащие данные о величине рН, проценте физической глины, сумме обменных оснований, о количестве мг-экв на 100 грамм почвы подвижного фосфора и калия, а также дополнительно

внесены данные по номерам полей, сельскохозяйственных культурах и их урожайности для последующих расчетов. Далее выполнен перенос сведений в QGIS. Выполнены расчеты баллов почвенного бонитета по почвенным разновидностям с учетом урожайности культур, которые на них выращиваются.

Список литературы

1. Bykova, Elena, Tatyana Banikevich, Natalia Zalivatskaya, and Oksana Pirogova. 2024. "Modeling the Cadastral Value of Land Plots of Gardening and Horticultural Non-Profit Partnerships Taking into Account the Influence of Local Factors of the Territory" *Land* 13, no. 7: 1004. <https://doi.org/10.3390/land13071004>.
2. Апарин Б. Ф. Эволюционные модели плодородия почв. – СПб.: Изд-во С.-Петербурга, 1997. – 290 с.
3. Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z. G., Creamer, R. E., De Deyn, G., de Goede, R., Flesskens, L., Geissen, V., Kuiper, T. W., Mäder, P., Pulleman, M., Sukkel, W., Van Groenigen, J. W., & Brussaard, L. 2018. Soil Quality – A Critical Review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105–125.
4. Мигунова Е. С. Создатели генетического почвоведения В.В. Докучаев и Н.М. Сибирцев // *Лесной вестник / Forestry Bulletin*, 2019. Vol. 23. № 6. С. 60–74. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2019-6-60-74>
5. Симакова М. С. О принципах классификации пахотных почв России // *Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева*. 2018. Vol. 92. С. 95–121. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-92-95-121>.
6. Гулшаной Мирзарахмат Қизи Мирзакаримова, Хасанбой Толибжон Ўғли Муродилов. Понятие о бонитировки балла почв и её главное предназначение // *CARJIS*. 2022. № 1.
7. Bao Liu, Yanru Wen, Litao Lin, Xue Wen, Ruilu Gao, Bin Zhang, Ting-Yong Li, Shuihong Yao. (2024). Variations in soil quality indicators under different cultivation ages and slope positions of arable land in the Mollisol region of China. *CATENA*, 246. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108418>.
8. Qiao Cui, Zongxing Li, Qi Feng, Baijuan Zhang, Juan Gui. (2024). A comprehensive evaluation of soil quality in the Three River Headwaters Region, China. *Global Ecology and Conservation*, Volume 54. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03155>.
9. Быкова Е. Н., Кенпа О. Качественная оценка земель сельскохозяйственного назначения в России и Польше (2014). // *Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. Материалы международной практической конференции*. Vol. 1. С. 96–106.

Научный руководитель: Быкова Елена Николаевна, доктор экономических наук, профессор землеустройства и кадастров, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Выявление нарушений границ земельных участков с применением лазерного сканирования

Аннотация. В данном исследовании рассматриваются проблемы самозахватов земельных участков и нарушения их границ, вызванные неточностями в кадастровых данных и отсутствием четких правовых норм. Целью работы является выявление факторов, способствующих данным нарушениям, и разработка рекомендаций по их предотвращению. Актуальность исследования обусловлена необходимостью защиты прав собственности и улучшения земельного законодательства. Результаты показали, что применение современных технологий, таких как лазерное сканирование и геоинформационные системы, может значительно повысить эффективность мониторинга и контроля за использованием земельных ресурсов.

Ключевые слова: самовольное занятие земель, нарушение границ, кадастровые данные, геоинформационные системы, лазерное сканирование.

Arseny S. Kudryavtsev
*Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, senia-kas2012@mail.ru*

Detection of violations of land boundaries using laser scanning

Abstract. This study examines the problems of self-seizure of land plots and violations of their boundaries caused by inaccuracies in cadastral data and the lack of clear legal norms. The aim of the work is to identify the factors contributing to these violations and develop recommendations for their prevention. The relevance of the study is due to the need to protect property rights and improve land legislation. The results showed that the use of modern technologies such as laser scanning and geoinformation systems could significantly improve the effectiveness of monitoring and control over the use of land resources.

Keywords: unauthorized occupation of land, violation of borders, cadastral data, geoinformation systems, laser scanning.

В данном исследовании предлагается технология обнаружения нарушений границ земельных участков с использованием лазерного сканирования, применяемая в малых сельских поселениях Тихвинского района Ленинградской области.

Введение. На сегодняшний день в Российской Федерации ключевым направлением работы является создание и ведение государственного кадастра объектов недвижимости. Это необходимо для обеспечения рационального использования земельных участков, их интеграции в экономический оборот и активизации инвестиционной деятельности на рынке. Часто в процессе кадастрового учета земель возникают проблемы, связанные с нарушением границ из-за самовольной «прирезки» участков. Самовольное занятие земельных наделов представляет собой широко распространенное явление, являющееся формой нарушения земельного законодательства и причиной земельных споров. Проблема выявления нарушений границ земельных участков остается актуальной, поскольку система государственной регистрации недвижимости обладает рядом недостатков [1]. Исследования, проведенные Шараповой Т. Н. и Митрофановой Н. О. [9], охватывают различные наземные методы и инструменты, а также детально анализируют их преимущества и недостатки в контексте решения указанных вопросов. Для обнаружения нарушений границ земельных участков мы предлагаем применять технологии лазерного сканирования [6]. Такой инновационный подход не только значительно ускоряет процесс, но

и обеспечивает высокую точность данных, а также повышает общую эффективность геодезических работ [8]. Лазерное сканирование является современным методом сбора геопространственной информации о недвижимости, позволяя собирать большое количество данных о местности за короткий промежуток времени. Данная техника эффективно выявляет самовольно захваченные земельные участки даже в рамках комплексных кадастровых процедур с соблюдением прав собственности [4]. Идентификация случаев самозахвата земель становится ключевым инструментом для тщательного анализа экосистемного разнообразия ландшафтов, поскольку изменения в природном ландшафте оказывают влияние на понимание этого разнообразия и могут негативно сказываться на экологии [7]. Также лазерное сканирование используется для получения таксационных данных о лесном фонде [3].

Методы исследования. На основе проведенного нами наземного мобильного лазерного сканирования с использованием автомобиля, имеющего ширину съемки от 70 до 100 метров и пространственную точность 3–5 см, были определены контрольные точки с помощью GNSS оборудования. Это обеспечило возможность получения ортофотопланов с необходимой точностью геопривязки, соответствующей требованиям сверхкрупных масштабов.

Работы по выявлению нарушений границ земельных участков с использованием лазерного сканера проводились в несколько этапов. Сначала осуществлялась рекогносцировка местности для подготовки маршрута съемки и выбора мест для закладки контрольных точек. Затем устанавливался комплект оборудования, и выполнялись калибровочные маневры для инициализации инерциальной системы лазерного сканера. По завершении подготовки проводился маршрут съемки, в ходе которого осуществлялось лазерное сканирование объекта изысканий. Полученные данные обрабатывались на компьютерах с использованием специализированного программного обеспечения (Topodrone Post Processing, Lidar360, Bentley MicroStation), после чего происходило распознавание (дешифрирование) снимков в формате GeoTIFF с помощью геоинформационной системы QGIS для определения границ земельных участков [2].

Результаты. В результате лазерного сканирования было получено 342 829 005 точек лазерных отражений, из которых после классификации выделено 377 072 точки, отнесенных к классу «Ground» (поверхность земли). Используемый лазерный сканер TOPODRONE HI-RES обладает рекомендациями для мобильного сканирования, имеет точность сенсора 3–5 см, 16 лучей, горизонтальный угол обзора 360°, вертикальный угол обзора 30° и частоту вращения от 5 до 20 Гц.

В процессе обработки данных лазерного сканирования также проведена классификация плотного облака точек, что стало важным шагом для получения атрибута «Distance». Этот атрибут показывает расстояние от поверхности земли и делится на градации от синего до красного цвета, где синяя зона соответствует минимальному расстоянию, а красная – максимальному, что значительно облегчило и упростило дальнейшее дешифрирование вертикальных объектов, таких как заборы, сооружения, дополнительные постройки и участки, возделываемые с целью сельского хозяйства. Результатом камеральной обработки стало получение геопривязанного изображения в формате GeoTIFF.

Итогом работы стало документирование всех результатов сопоставления, включая описание выявленных несоответствий и рекомендации по их устранению. Это создало основу для актуализации данных в ЕГРН и дальнейшего регулирования земельных отношений.

Обсуждение. Согласно полученным результатам, на земельном участке №1 с кадастровыми номерами :276 и :128 объем самовольного занятия составил 17,8 % от площади земельного участка, тогда как на земельном участке №2 с кадастровым номером :139 этот

показатель достиг 26,4 % (рисунок 1, 2). Это демонстрирует значительное отклонение от установленных норм, что указывает на серьезные нарушения в управлении земельными ресурсами.

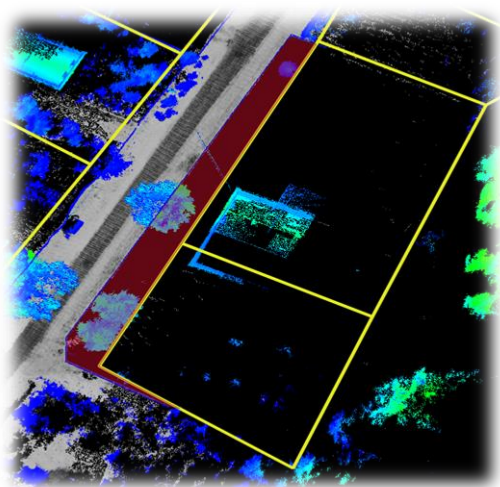


Рис. 1. Выявленный самозахват земельного участка №1 (:276 и :128) (17,8 %). Масштаб 1:1000
[составлено авторами]

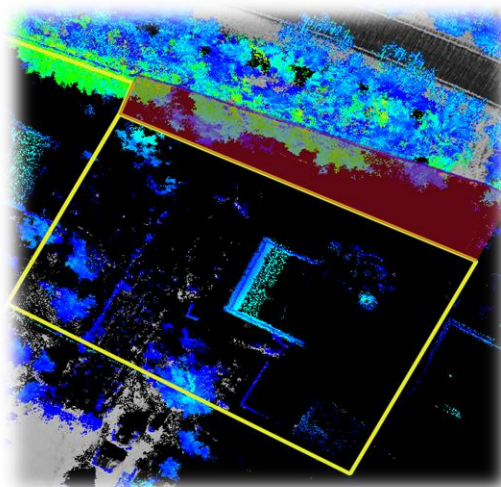


Рис. 2. Выявленный самозахват земельного участка №2 (:139) (26,4 %). Масштаб 1:1000
[составлено авторами]

Желтым цветом на представленных снимках обозначены границы участков, тогда как красным выделены площади самовольного занятия. Поскольку допустимая норма увеличения площади земельного участка не должна превышать 10 % от его первоначальной площади, обнаруженные самозахваты представляют собой грубое нарушение законодательства. Необходимы меры по устранению этих нарушений и улучшению контроля за использованием земельных ресурсов, так как это может привести к ошибкам в расчете истинной кадастровой стоимости земельного участка [5]. В таких случаях законы могут игнорироваться, что приводит к захвату земель, которые не находятся в законном пользовании. В ходе анализа были выявлены конкретные примеры неправомерного использования участков, что подчеркивает необходимость более строгого контроля и применения соответствующих санкций [10].

Заключение. Достигнутые результаты нашего исследования показывают, что применение лазерного сканирования и геоинформационных систем, таких как QGIS, позволяет эффективно выявлять случаи самовольного занятия земельных участков и нарушения их границ. Использование высокоточных данных, полученных с помощью современных технологий, значительно повышает достоверность анализа границ и способствует более глубокому пониманию ситуации на практике.

Список литературы.

1. Архипов И. В., Саввинов К. А. Реестровые ошибки: причины их появления и пути исправления // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 7-1 (94). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reestrovye-oshibki-prichiny-ih-poyavleniya-i-puti-ispravleniya> (дата обращения: 06.10.2024).
2. Гура Д. А., Болтовнина О. С. Применение существующих алгоритмов по классификации и кластеризации точек лазерного отражения (K-MEANS, DBSCAN, SVM) для решения задач территориального планирования // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2023. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-suschestvuyuschih-algoritmov-po-klassifikatsii-i-klasterizatsii-tochek-lazernogo-otrazheniya-k-means-dbscan-svm-dlya> (дата обращения: 08.10.2024).

3. Ковязин В. Ф., Виноградов К. П., Киценко А. А., Васильева Е. А. Воздушное лазерное сканирование для уточнения таксационных характеристик древостоев // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 6. С. 42–54. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-42-54.
4. Краснова П. Д. Выявление самозахватов земельных участков при комплексных кадастровых работах на примере Губахинского городского округа // Молодежная наука: технологии, инновации. 2022. № 2. С. 161–164.
5. Лепихина О. Ю., Рагузин И. И., Быкова Е. Н. Пространственный подход к выявлению методологических ошибок в процессе расчета кадастровой стоимости / Геодезия и картография, № 11, Т 1001, 2023. С. 43–51.
6. Низаметдинов Н. Ф., Моисеев П. А., Воробьев И. Б. Лазерное сканирование и аэрофотосъемка с БПЛА в исследовании структуры лесотундровых древостоев хибин // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2021. № 4 (382). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lazernoe-skanirovanie-i-aerofotosemka-s-bpla-v-issledovanii-struktury-lesotundrovyyh-drevostoev-hibin> (дата обращения: 03.10.2024).
7. Осипов А. Г., Дмитриев В. В., Ковязин В. Ф. Методика анализа экосистемного разнообразия ландшафтов региона по материалам дистанционного зондирования. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 10. С. 49–57.
8. Ходенева В. В. Проблемы и пути решения ошибок в кадастровых данных // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 6-3 (93). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemny-i-puti-resheniya-oshibok-v-kadastrovyyh-dannyh> (дата обращения: 07.10.2024).
9. Шарапова Т. Н., Митрофанова Н. О. Исследование подходов к выявлению самозахватов земель. Интерэкспо Гео-Сибирь, 7 (1), 2021, С. 275–281.
10. Шарипо Н. В. Проблемные вопросы земельного права: штрафные санкции за самовольно возведенные постройки // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. №8-3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemnye-voprosy-zemelnogo-prava-shtrafnye-sanktsii-za-samovolno-vozvedennye-postroyki> (дата обращения: 06.10.2024).

Научный руководитель: *Ковязин Василий Федорович, д.б.н., профессор, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.*

Осуществление мониторинга земель, земельного надзора и контроля в процессе добычи полезных ископаемых в Республике Бурунди

Аннотация. Бурунди богата минеральными ресурсами и поэтому становится центром горнодобывающей промышленности. Такая эксплуатация приводит к разрушению земель. Поэтому в стране были разработаны законы и ведомства, контролирующие горнодобывающую деятельность. Отсутствие транспортных средств, нехватка персонала и несоблюдение требований по оценке воздействия на окружающую среду и социальную сферу – вот основные причины, по которым невозможно осуществлять мониторинг и контроль за горнодобывающей деятельностью.

Ключевые слова: мониторинг, надзор и контроль земель, оценка воздействия на окружающую среду и социальную сферу, разрушение окружающей среды, бесхозный горнодобывающий объект, Бурундийское управление горнодобывающей промышленности и карьеров.

Ngendamenya Evariste
Moscow State University of Geodesy and Cartography,
Moscow, Russia, evaristengendamenya@gmail.com

Implementation of land monitoring, land supervision and control during mining operations in the Republic of Burundi

Abstract. Burundi is rich in mineral resources and thus becomes a mining hub. This exploitation entails the destruction of lands. The country has therefore developed laws and established Offices controlling mining activities. Lack of means of transportation, lack of personnel and non-execution the obligations of environmental and social impact studies are essential reasons that hinder the monitoring and control of mining activities.

Keywords: land monitoring, supervision and control, environmental and social impact assessment, environmental destruction, abandoned mining site, Burundi Mines and Quarries Authority.

Бурунди – страна, богатая минеральными ресурсами, а именно никелем, вольфрамом, колумботанталитом, золотом, редкоземельными элементами, касситеритом и др. Благодаря этому страна становится одним из центров добычи полезных ископаемых [1]. Эта добыча имеет такие недостатки, как загрязнение воды и воздуха, водная и ветровая эрозия, уничтожение фауны и флоры; Горнодобывающая промышленность обычно приводит к разрушению окружающей среды. Чтобы восстановить первоначальную стойкость, горнодобывающие компании и кооперативы обязуются восстановить или реабилитировать землю после добычи. Чтобы обеспечить надлежащий контроль за горнодобывающей деятельностью и сохранение земель, Бурунди разработало законы, позволяющие осуществлять адекватный мониторинг и контроль за деятельностью, осуществляемой горнодобывающими компаниями. Именно поэтому тема «Осуществление мониторинга, надзора и контроля земель в процессе горнодобывающей деятельности в Республике Бурунди» является актуальной для нашего исследования.

В нашем исследовании использовались теоретические и эмпирические методы. Среди эмпирических методов исследования мы изучили документы, относящиеся к законодательству и научные работы. Среди эмпирических методов исследования мы использовали метод наблюдения, выезжая на место для проверки фактов.

Бурунди разработала различные законы и кодексы для обеспечения надзора и контроля за горнодобывающей деятельностью: Горный кодекс, Экологический кодекс, Лесной

кодекс и Водный кодекс. Перед началом любого горнодобывающего проекта компании и кооперативы должны представить в министерство, ответственное за окружающую среду, исследование воздействия на окружающую среду и социальную сферу, которое должно быть одобрено после анализа отделом окружающей среды и изменения климата и отправлено копию министру, отвечающему за горнодобывающую промышленность [2]. В целях надлежащего обеспечения наблюдения и контроля за деятельностью любое физическое или юридическое лицо, занимающееся раскопками, бурением, разведкой, исследованием или разработкой полезных ископаемых без разрешения, наказывается штрафом и/или каторжными работами [3]. Чтобы обеспечить эффективный мониторинг и контроль за горнодобывающей деятельностью, правительство создало специальные учреждения: Бурундийское управление горнодобывающей промышленности и карьеров [4] и Бурундийское управление по охране окружающей среды [5]. Операционный отдел Управления отвечает за контроль и мониторинг деятельности по добыче полезных ископаемых, борьбу с незаконной добычей полезных ископаемых и инспектирование мест добычи полезных ископаемых. Отдел геологических исследований и горного кадастра отвечает за контроль и мониторинг исследовательской деятельности, проводимой горнодобывающими компаниями [6]. Согласно отчету Всемирного банка, в прошлом многие горнодобывающие предприятия работали без лицензии на добычу полезных ископаемых [7]. Поэтому важно усилить надзор и контроль за всеми работами, проводимыми в стране, а также провести инвентаризацию бесхозных мест добычи полезных ископаемых с целью их восстановления для снижения возможных рисков [8].

На местах мы обнаружили, что некоторые рудокопы соблюдают закон, хотя и с многочисленными недостатками, в то время как другие не выполняют требования действующего законодательства.



Рис. 1. Реабилитация горнодобывающего участка Масака с посадкой фруктов (авокадо)



Рис. 2. Бесхозный горнодобывающий участка Бидого в провинции Кирундо

В Бурунди имеется необходимое законодательство для надлежащего мониторинга и контроля горнодобывающей деятельности. Существование определенных недостатков объясняет неприменение законов или отсутствие достаточного или квалифицированного

персонала для выполнения этой задачи. Финансовых средств недостаточно для регулярного доступа к местам добычи полезных ископаемых. Тот факт, что наша страна не входит в число стран, принявших Инициативу прозрачности добывающих отраслей (ИПДО), препятствует многим видам деятельности, таким, как мониторинг и контроль горнодобывающей деятельности [9].

Существование горнодобывающего кодекса и экологического кодекса должно позволить администрациям, ответственным за добычу полезных ископаемых и окружающую среду, должным образом отслеживать и контролировать деятельность по добыче полезных ископаемых. На местах мы отметили, что эту задачу выполняет только администрация горнодобывающей промышленности, в то время как она должна поддерживаться природоохранной администрацией, которая отвечает за проверку любой оценки экологического и социального воздействия для горнодобывающего проекта, представленной в министерство, отвечающее за охрану окружающей среды [10]. Для приобретения необходимых знаний и навыков необходимо обучение надзорно-контрольной администрации. Местные сообщества и административные органы должны участвовать в мониторинге и надзоре за горнодобывающей деятельностью.

Список литературы

1. Ле Ру К. (2002). Реабилитация карьеров и карьеров. 5-19С.
2. Кодекс № 1/09 от 25 мая 2021 года о внесении изменений в экологический кодекс Республики Бурунди.
3. Закон № 1/19 от 4 августа 2023 года о внесении изменений в Закон № 1/21 от 15 октября 2013 года о горном кодексе Бурунди.
4. Указ № 100/112 от 30 мая 2016 года, определяющий создание, задачи, организацию и функционирование Управления горнодобывающей промышленности и карьеров Бурунди, сокращенно ОБМ.
5. Указ № 100/240 от 29 октября 2014 года о создании, задачах, организации и функционировании Управления по охране окружающей среды Бурунди.
6. Указ № 100/184 от 7 декабря 2018 г. о пересмотре Указа № 100/112 от 30 мая 2016 г. о создании, задачах, организации и функционировании Управления шахт и карьеров Бурунди («ОБМ»).
7. Виркулон Т. «Мутация горнодобывающего сектора в Бурунди: от развития к захвату», Notes de l'Ifri, Ифри, апрель 2019 г.
8. TRANAP Н. (2009). Отчет о стажировке: Реабилитация заброшенных горнодобывающих объектов в Южной провинции, Университет Ренна 1, 53 С.
9. Рават А., Шридар П. (2012). Инициатива прозрачности в добывающих отраслях (ИПДО).
10. Аудит процедур контроля и мониторинга управления горными работами 2019 – 2021. Доступно на https://www.vie-publique.sn/pdf/rapport-senegal/CC_2023_MINIERS.pdf.

Научный руководитель: Сизов Александр Павлович, д-р техн. наук, проф., Московский Государственный Университет Геодезии и Картографии, Москва, Россия

Нгуен Чьонг Ан
*аспирант кафедры землеустройства и кадастров,
Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург, Россия, annnguyenthebeatles1997@gmail.com*

Динамика оценочных показателей насаждений лесного фонда Вьетнама

Аннотация. В статье рассмотрена динамика оценочных показателей насаждений лесного фонда Вьетнама, включая площадь, видовой состав, сомкнутость и полнота древостоев. Используя данные дистанционного зондирования Landsat 7, 8 и Sentinel 2 в сочетании с данными наземных исследований оценено состояние лесов за период с 2010 по 2024 годы. Исследование показали значительное изменение площади лесов разного породного состава, с растущей тенденцией к сокращению широколиственных лесов в провинции Кон Тум из-за урбанизации и сельскохозяйственного давления на лесные экосистемы. Площади широколиственных лесов в провинциях Тхань Хоа и Донг Най увеличились благодаря сохранению для рекреационных целей и их искусственному восстановлению. Кроме того, проанализированы изменения площадей сельскохозяйственных культур, лугов и кустарников, что отобразило улучшение экологической роли лесов во Вьетнаме. Во многих лесных районах исследований отмечено снижение сомкнутости полога древостоев, что свидетельствует о разреживании насаждений по причине их перестойности и ухудшении процесса регулирования газового состава атмосферы. С сомкнутостью тесно коррелирует полнота насаждений лесного фонда. Этот показатель снижается по причине вырубki лесов, что показывает снижение способности экологической роли лесных ресурсов. Результаты исследования не только дают представление о состоянии лесных ресурсов Вьетнама, но и служат основой для предложения мероприятий по устойчивому и национальному управлению лесами для их защиты, охраны и восстановления.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, лесные насаждения, площадь земель, видовой состав, сомкнутость, полнота насаждений экологическая система.

Nguyen Truong An
*Postgraduate student of the Department of Land Management and Cadastre,
Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, annnguyenthebeatles1997@gmail.com*

Dynamics of the Evaluation Indicators of Forest Plantation Resources in Vietnam

Abstract. The article examines the dynamics of forest resource assessment indicators in Vietnam, including area, species composition, canopy cover, and stand density. Utilizing Landsat 7, 8, and Sentinel 2 remote sensing data in conjunction with ground survey data, the study evaluates forest conditions from 2010 to 2024. The findings indicate significant changes in the area of forests with different species compositions, highlighting a growing trend of decline in broadleaf forests in Kon Tum Province due to urbanization and agricultural pressures on forest ecosystems. In contrast, the area of broadleaf forests in Thanh Hoa and Dong Nai Provinces has increased due to conservation efforts for recreational purposes and artificial restoration. Additionally, changes in areas of agricultural crops, meadows, and shrublands were analyzed, reflecting an improvement in the ecological role of forests in Vietnam. In many forest areas studied, a decrease in canopy cover was observed, indicating thinning of stands due to aging and a decline in their ability to regulate atmospheric gas composition. Canopy cover is closely correlated with stand density, which is also decreasing due to deforestation, suggesting a reduction in the ecological role of forest resources. The results not only provide insights into the state of Vietnam's forest resources but also serve as a basis for proposing measures for sustainable and national forest management aimed at their protection, conservation, and restoration.

Keywords: remote sensing, forest stands, land area, species composition, canopy cover, stand density, ecological system.

Лесные массивы занимают 42 % территории Вьетнама и играют важную роль в поддержании экологического баланса и улучшении качества жизни населения. Во Вьетнаме исследования по состоянию лесных угодий основываются на оценочных показателях, как площадь, видовой состав, сомкнутость и полнота древостоев. Эти исследования обычно проводятся с использованием традиционных полевых методов, глазомерно-измерительной

инвентаризацией земель лесного фонда. Однако эта технология инвентаризации имеют значительные ограничения использования из-за сложного горного рельефа Вьетнама, воздействия на исполнителей высокой температуры воздуха, ливневых дождей, высоких трудовых затрат и длительных сроков исполнения [8]. В условиях проблем, связанных с изменением климата, развитием инфраструктуры лесного фонда и снижением разнообразия видов, улучшение качества лесных угодий и сохранение лесных экосистем становятся серьезной задачей для исследователей [2]. Применение технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и геоинформационных систем (ГИС) продемонстрировало значительные преимущества в исследовании и мониторинге этих оценочных показателей [1]. Технологии ДЗЗ позволяют собирать данные о площади леса на обширных территориях с высокой точностью и возможностью регулярного обновления, в то время как ГИС эффективно анализирует и визуализирует данные, предоставляя общее представление о динамике площадей и других показателей лесных земель. Интеграция преимуществ современных технологий в исследовательскую деятельность не только повышает качество данных, но и поддерживает процесс принятия решений в управлении и устойчивом развитии лесных территорий [4]. Последние исследования показали, что применение методов дистанционного зондирования и ГИС может эффективно отслеживать изменения оценочных показателей насаждений лесного фонда, что позволяет вырабатывать обоснованные меры по охране и защите лесных ресурсов [5]. Таким образом, данное исследование направлено на использование передовых технологий для улучшения работы по исследованию оценочных показателей насаждений лесного фонда во Вьетнаме, что будет способствовать охране, защите и долгосрочному развитию лесных регионов [3].

В исследовании использованы данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с спутников Landsat 7, Landsat 8 и Sentinel-2 для оценки изменений в показателях лесных угодий в трех провинциях: Тхань Хоа, Кон Тум и Донг Най с 2015 по 2024 годы. Данные Landsat выбраны за их непрерывность и широкое покрытие, в то время как Sentinel-2 обеспечивает более высокое пространственное разрешение, что позволяет проводить более детальный анализ видового состава и состояния лесов. В дополнение к данным дистанционного зондирования при исследовании использованы полевые данные, собранные в ходе обследования на опытных участках в трех провинциях, а также карты, предоставленные местными органами власти по управлению природными ресурсами и охране окружающей среды. Эти данные включают информацию о площади, сомкнутости крон и видовом составе древостоев, необходимую для оценки точности результатов анализа данных ДЗЗ. Данные со спутников Landsat и Sentinel-2 получены из открытых ресурсов на сайтах NASA и ESA. Спутниковые изображения обработаны для устранения влияния облаков и атмосферных условий с использованием таких алгоритмов, как Atmospheric Correction [9]. Метод классификации спутниковых изображений использует алгоритм машинного обучения Random Forest для определения различных классов лесных угодий (широколиственные, смешанные леса; кустарники, луга и земли сельскохозяйственного назначения) [6]. Для анализа изменений между годами проводилось сравнение классификационных карт. Для оценки точности классификационных результатов использованы полевые данные. Процедура оценки точности (accuracy assessment) включала расчет показателей, таких как общая точность (overall accuracy) и коэффициент Каппа. Результаты для определения тенденций изменений показателей лесного фонда статистически проанализированы на протяжении 10-летнего периода. Также созданы карты динамики состояния земель лесного фонда для визуализации изменений площади и видового состава лесов в исследуемых областях.

Результаты анализа данных дистанционного зондирования показали, что площадь лесов в провинциях Тхань Хоа, Кон Тум и Донг Най претерпела значительные изменения в период с 2015 по 2024 годы (таблица 1). В частности, в провинции Тхань Хоа общая площадь широколиственных и смешанных лесов незначительно увеличилась на 5695 га (0,8 %), в то время как в провинциях Кон Тум и Донг Най зафиксировано снижение соответственно на 18958 га (3,2 %) и 8590 га (3,0 %). Это сокращение в основном обусловлено давлением

со стороны сельскохозяйственного развития и урбанизации, что согласуется с исследованием Zhaoetal. (2023) о состоянии лесов во Вьетнаме [10].

Таблица 1

Динамика площадей видов растительного покрова на объектах исследования
[составлено авторами]

Объекты	Виды растительного покрова	Площадь (га)		
		2015	2020	2024
Тхань Хоа	кустарники, луга и земли сельскохозяйственного назначения	188014	200959	174199
	Смешанные леса	475539	430246	449904
	Широколиственные леса	224105	269382	255435
Кон Тум	кустарники, луга и земли сельскохозяйственного назначения	238337	291272	266689
	Смешанные леса	443458	424937	476266
	Широколиственные леса	141898	106385	90132
Донг Най	кустарники, луга и земли сельскохозяйственного назначения	147635	144871	166657
	Смешанные леса	188758	190128	159368
	Широколиственные леса	95383	103075	116183

Анализ видового состава показал явные изменения в экологической структуре лесов. В Тхань Хоа наблюдается увеличение площади широколиственных лесов, в то время как площадь смешанных лесов, лугов и кустарников уменьшилась, что свидетельствует о изменении структуры землепользования. В провинции Кон Тум наблюдается рост доли сельскохозяйственных земель, что отражает тенденцию перехода от лесного к сельскохозяйственному использованию. В провинции Донг Най увеличение площади широколиственных лесов свидетельствует о том, что проводимые мероприятия по охране, защите и восстановлению лесов дают положительный результат. Изменения площади и видового состава лесов представлены на рисунке 1.

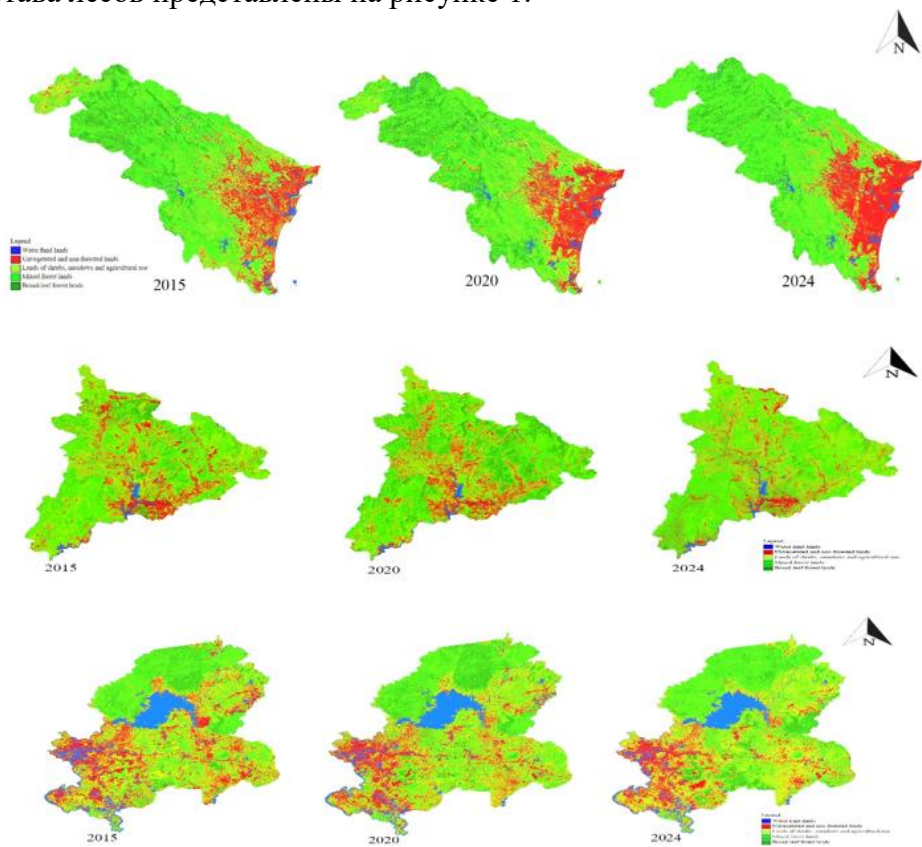


Рис. 1. Карты динамики наземного покрова на период 2010–2024 гг. провинций Тхань Хоа, Кон Тум и Донг Най [составлено авторами]

Результаты исследования подчеркивают актуальность охраны, защиты и устойчивого развития земель лесного фонда во Вьетнаме. Изменения в оценочных показателях насаждений лесных угодий свидетельствуют о том, что многие лесные массивы подвергаются антропогенному воздействию для повышения экономики. Сокращение площади и изменения видового состава насаждений приводят к уменьшению разнообразия лесов, что имеет важное значение в условиях потепления климата на планете. Кроме того, применение технологий дистанционного зондирования и геоинформационных систем продемонстрировало свою эффективность в мониторинге и оценке показателей лесных угодий. Результаты сравнения данных ДЗЗ с полевыми данными показали высокую точность, общая точность составила 85 %, а коэффициент Каппа – 0,81, что подтверждает практичность использования современных технологий в мониторинге земель лесного фонда [7]. Тем не менее, исследование также имеет некоторые ограничения. Данные дистанционного зондирования могут быть подвержены влиянию облачности и освещения, что приводит к нехватке информации в некоторых областях снимков. Поэтому необходимо использовать дополнительные методы для повышения точности данных исследования. Комбинирование технологий дистанционного зондирования с полевыми исследованиями может создать более эффективную систему мониторинга и управления лесами в будущем.

Список литературы

1. Ковязин В. Ф., Нгуен Ч. А., Нгуен Т. Ч. Мониторинг земель лесного фонда провинции Кон Тум Вьетнама по данным дистанционного зондирования Земли // Геодезия и картография. 2023. 7. С. 57–64. DOI: 10.22389/0016-7126-2023-998-8-57-64.
2. Быкова Е. Н. Государственное регулирование негативных инфраструктурных экстерналий в системе земельных отношений // Вопросы экономики. 2024. Т. 2. С. 125–144. DOI: 10.32609/0042-8736-2024-2-125-144.
3. Захаров Л. А., Мартюшев Д. А., Пономарева И. Н. Прогнозирование динамического пластового давления методами искусственного интеллекта // Записки Горного института. 2022. Т. 253. С. 23–32. DOI: 10.31897/PMI.2022.11.
4. Земенкова М. Ю., Чижевская Е. Л., Земенков Ю. Д. Интеллектуальный мониторинг состояний объектов трубопроводного транспорта углеводородов с применением нейросетевых технологий // Записки Горного института. 2022. Т. 258. С. 933–944. DOI: 10.31897/PMI.2022.105. – EDN XJXHRL.
5. Eker, R., Çınar, T., Baysal, İ. et al. Remote sensing and GIS-based inventory and analysis of the unprecedented 2021 forest fires in Türkiye's history. Nat Hazards 120, 10687–10707 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06622-0>.
6. Nalla, S., Totakura, M., Pidikiti, D., Pranathi, K. (2023). Monitoring Urban Growth Using Land Use Land Cover Classification. In: Kaiser, M.S., Xie, J., Rathore, V.S. (eds) Information and Communication Technology for Competitive Strategies (ICTCS 2022). Lecture Notes in Networks and Systems, vol 615. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9304-6_27.
7. Venanzi, R.; Latterini, F.; Civitarese, V.; Picchio, R. Recent Applications of Smart Technologies for Monitoring the Sustainability of Forest Operations. Forests 2023, 14, 1503. <https://doi.org/10.3390/f14071503>.
8. Xu, J.; Wu, T.; Peng, D.; Fu, X.; Yan, K.; Lou, Z.; Zhang, X. Matching Spring Phenology Indicators in Ground Observations and Remote-Sensing Metrics. Remote Sens. 2024, 16, 2309. <https://doi.org/10.3390/rs16132309>.
9. Xu, L.; Xiong, W.; Yi, W.; Qiu, Z.; Liu, X.; Zhang, D.; Fang, W.; Li, Z.; Hou, W.; Lin, J.; et al. Synchronous Atmospheric Correction of High Spatial Resolution Images from Gao Fen Duo Mo Satellite. Remote Sens. 2022, 14, 4427. <https://doi.org/10.3390/rs14174427>.
10. Zhao, J.; Li, J.; Liu, Q.; Dong, Y.; Li, L.; Zhang, H. Assessment of Forest Ecosystem Variations in the Lancang–Mekong Region by Remote Sensing from 2010 to 2020. Sensors 2023, 23, 9038. <https://doi.org/10.3390/s23229038>.

Научный руководитель: *Ковязин Василий Федорович*, доктор биологических наук, профессор кафедры землеустройства и кадастров, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия, vfkedr@mail.ru.

Проблемы рекультивации земель, нарушенных добычей полезных ископаемых, в Крыму

Аннотация. Добыча в Республике Крым полезных ископаемых приводит не только к экономическому развитию полуострова, но и к систематическим нарушениям почвенного покрова и дальнейшей деградации земель. В статье приводятся данные о количестве нарушенных земель, рассматриваются проблемы рекультивации отработанных карьеров на территории полуострова, предлагаются рекомендации по совершенствованию механизма управления землями, требующими рекультивации.

Ключевые слова: республика Крым, нарушенные земли, почвы, ландшафты, карьеры, рекультивация земель, землеустройство.

Natalia I. Ryabtseva*

Bogdan O. Nurushev

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

* lukanovamarina72@gmail.com

Problems of reclamation of lands disturbed by mining in Crimea

Abstract. Mining in the Republic of Crimea leads not only to the economic development of the peninsula, but also to systematic violations of the soil cover and further land degradation. The article provides data on the number of disturbed lands, examines the problems of reclamation of spent quarries on the territory of the peninsula, and offers recommendations for improving the management mechanism of lands requiring reclamation.

Keywords: republic of Crimea, disturbed lands, soils, landscapes, quarries, land reclamation, land management

Для сохранения биоразнообразия важно не только поддерживать плодородие почв, но и проводить комплекс рекультивационных мероприятий для уже нарушенных земель, подвергшихся негативному антропогенному воздействию. Значительный ущерб ландшафтам и почвенным ресурсам Крыма наносит добыча полезных ископаемых на территории полуострова. В Республике Крым ведется открытая разработка месторождений флюсовых и мраморовидных известняков, гранитов, серной и железной руд, глин, песка и песчано-гравийной смеси, поваренной соли, лечебной грязи, рапы и других полезных ископаемых местного значения.

Из крупных горнодобывающих предприятий Крыма можно выделить: ООО «Черномор ЛТД» (Прибрежное месторождение, Сакский р-н), АО «Шархинский карьер» (Шархинское месторождение, г.о. Алушта), ООО «Баксанский карьер» (Баксанское месторождение, Белогорский р-н), ГУП РК «КРЫМГЕОЛОГИЯ» (Нижнее-Орешники месторождение, Белогорский р-н), ООО «Мир-1» (Дмитровское месторождение, Белогорского и Симферопольского районов Республики Крым), АО «Петропавловский карьер» (Симферопольский район), АО «Карьер Мраморный» (Симферопольский район) и ряд других.

На сегодняшний день на территории Республики Крым насчитывается 44 действующих карьера по добыче полезных ископаемых (в основном, строительные материалы) общей площадью 2104 га, а также 152 участка нарушенных земель общей площадью 2089 га, пришедших в негодность из-за разработки карьеров (рис. 1). На таких

территориях значительные площади занимают отвалы горных пород, образуются стихийные свалки строительных материалов. В условиях стремительного развития Республики Крым возникает проблема нехватки земельных ресурсов, поэтому рекультивация таких территорий имеет большое значение для дальнейшего развития региона.

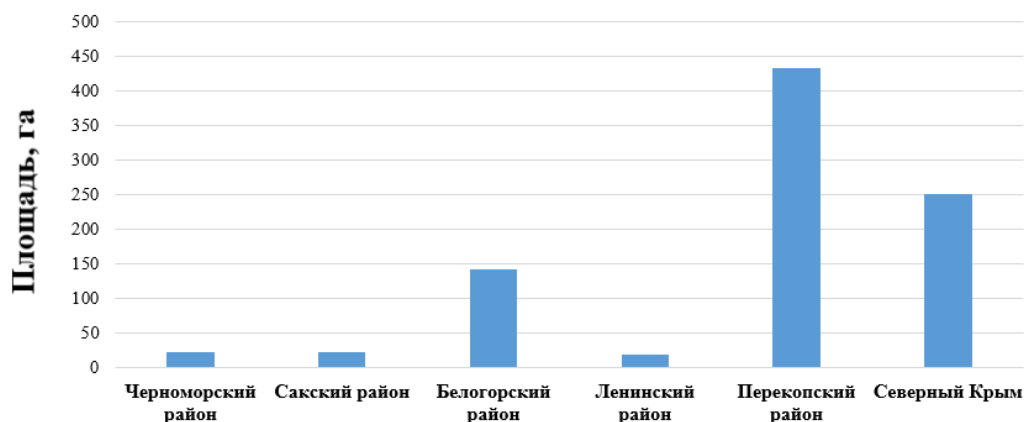


Рис. 1. Площади земель, нарушенных карьерами, на территории муниципальных районов Республики Крым (составлено авторами по данным [1])

По данным Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым, по состоянию на 2023 год «предприятиями, осуществляющими работы по рекультивации, проведены технические мероприятия по восстановлению земель на площади 48,84 га и биологические мероприятия на площади 83,31 га». В их числе по рекультивации брошенных карьеров технический этап проведен на площади 17,6 га, биологический – на площади 58,52 га [1].

Порядок и особенности рекультивации земель регламентируются Постановлением Правительства Российской Федерации от 10.07.2018 № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель», где определено, что мероприятия по восстановлению земель осуществляются горнодобывающим предприятием, а график и затраты на выполнение работ должны устанавливаться в разделе «Рекультивация» документа «План горных работ». Бюджет закладывается в себестоимость выпускаемой продукции, и к тому времени, когда предприятие отрабатывает участок по календарному плану, прибыль должна покрывать издержки. Сроки работ определяются индивидуально, в некоторых случаях они составляют до 25 лет. Завершение работ по рекультивации земель подтверждается актом в соответствии с «Правилами проведения рекультивации и консервации земель», утвержденными вышеуказанным постановлением Правительства РФ № 800. В тех случаях, когда объектом рекультивации является заброшенный карьер, деньги на выполнение работы выделяются из муниципального, республиканского и, при больших площадях, федерального бюджета. Рекультивируемые участки задействуются под пастбища, поля для посева многолетних трав, создания рекреационных зон, лесоразведение и т.д. [5, 6].

При разработке схем рекультивации важно учитывать, что добывающие предприятия Крыма, а так же заброшенные карьеры, которые ранее использовались для незаконной добычи полезного ископаемого (песка, ракушечника, глин, пляжного материала) расположены в районах полуострова с разными природно-климатическими и социально-экономическими условиями. Необходимо учитывать местоположение объекта рекультивации, которое обуславливает направление и специфику рекультивации. К примеру, известняковые карьеры предгорья расположены в местности, где сформированы зоны интенсивного садоводства и виноградарства, отдыха и туризма. Такие

карьеры можно рекультивировать путем обводнения (затопления), таким образом организовать водоем для мелиоративных, водохозяйственных или туристических целей. Песчаный карьер в степной области Крыма, в свою очередь, в основном рекультивируют путем посева многолетних трав и посадкой саженцев древесных пород. В зависимости от местоположения могут быть разные цели для рекультивации выработанных карьеров. Например, в прибрежных районах полуострова рекультивация может проводиться с целью застройки таких территорий гостиницами, базами отдыха и другими объектами туристического назначения, а в северном и степном Крыму – с целью создания сельскохозяйственных угодий. Таким образом, целесообразно разработать типовые методические подходы к рекультивации в зависимости от зонального местоположения нарушенных земель и предпочтительного направления рекультивации.

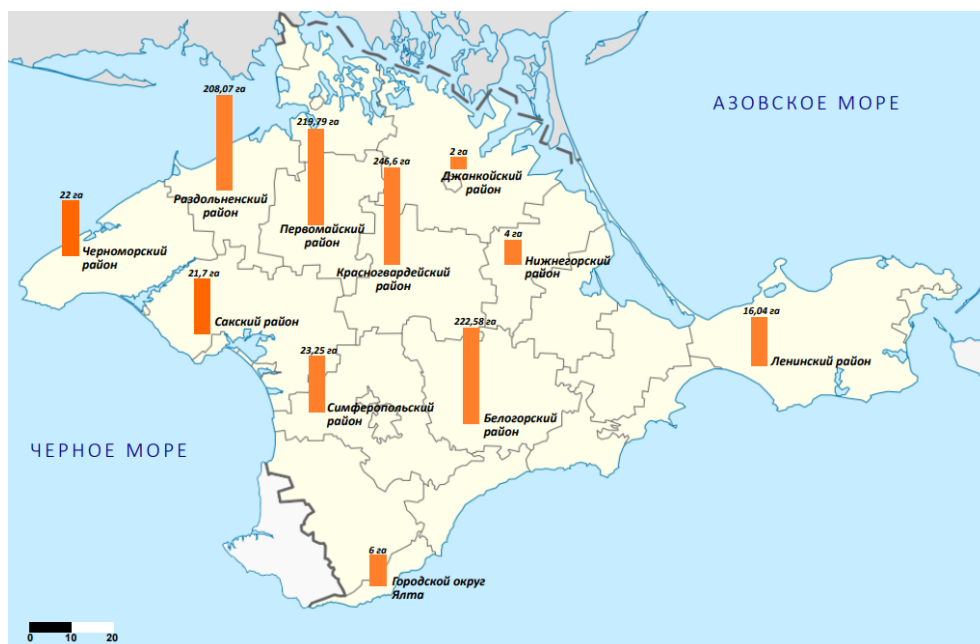


Рис. 2. Карта-схема нарушенных земель при разработке месторождений полезных ископаемых (составлено авторами по данным [1])

Анализ данных (рис. 2) показывает, что рекультивируется лишь малая часть земель, нарушенных в результате добычи полезных ископаемых. Так, в 2023 году был представлен проект рекультивации нарушенных земель отработанного карьера в Белогорском районе на площади 64,23 га, что составляет лишь 28 % от всей площади нарушенных земель в данном районе. В Красногвардейском районе было рекультивировано 46,8 га, то есть около 18 % от общей площади нарушенных земель в районе. Такие темпы выполнения рекультивационных работ можно считать неприемлемыми.

Следует отметить, что в ряде случаев территории постоянно действующих предприятий, занимающихся добычей полезных ископаемых, располагаются на землях сельскохозяйственного назначения, а не на землях промышленности. Это, в свою очередь, приводит к неблагоприятным последствиям: снижению плодородия почв, изменению ландшафта, нарушению экологического баланса, снижению сельскохозяйственной ценности таких земель и их деградации. Длительное использование сельскохозяйственных земель не по их целевому назначению, в частности для добычи полезных ископаемых на постоянной основе, противоречит законодательству. Вследствие того, что территории таких предприятий располагаются на землях сельскохозяйственного назначения, а не на землях промышленности, в бюджет поступает меньше денежных средств ввиду разницы в кадастровой стоимости.

Таким образом, проблема рекультивации нарушенных земель в условиях высоких темпов развития экономики Крыма является чрезвычайно актуальной. В целях совершенствования управления земельными ресурсами Республики Крым, их охраны и рационального использования целесообразно предложить следующие рекомендации:

1. Рассмотреть вопрос об изменении целевого назначения земель при расположении постоянного действующих предприятий по добыче полезных ископаемых на землях сельскохозяйственного назначения.
2. Разработать типовые схемы рекультивации нарушенных земель на территории Республики Крым с учетом их местоположения, природных и социально-экономических особенностей.
3. Создать специализированную геоинформационную систему межведомственного взаимодействия для оперативного управления и мониторинга земель, требующих рекультивации. ГИС должна содержать основные векторные и семантические характеристики объектов рекультивации (площади, местоположение и направление рекультивации, этапы рекультивации и др.).

Список литературы

1. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2023 году. – Воронеж: «АртПринт», 2024. – 448 с.
2. Черемисинов, А. Ю. Рекультивация нарушенных земель : учебное пособие / А. Ю. Черемисинов, О. Г. Ревенков, С. П. Бурлаков ; А. Ю. Черемисинов, О. Г. Ревенков, С. П. Бурлаков; Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ, департамент «Мелиоводхоз», Южный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации. – Москва : Мелиоводхоз, 2000. – 79 с. – EDN TSMFHN.
3. Ергина, Е. И. Пространственно-временные закономерности процессов современного почвообразования на Крымском полуострове / Е. И. Ергина. – Симферополь : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2017. – 220 с. – ISBN 978-5-906962-58-4. – EDN YNYYNX.
4. Федеральный закон «О землеустройстве» от 18.06.2001 N 78-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_32132/ (Дата обращения 13.11.2024 г.).
5. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.12.2020 № 537 «Об утверждении Требований к подготовке, содержанию и оформлению планов и схем развития горных работ и формы заявления о согласовании планов и (или) схем развития горных работ» (Зарегистрирован 29.12.2020 № 61885). URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202012290057>.
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 10.07.2018 № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель». URL: <https://base.garant.ru/71985800/>.

Научный руководитель: Орлова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент, Институт «Агротехнологическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия.

Тасанова Жадыра Байжановна*

Махсетова Дана Жетесовна

Жумабек Дильназ

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана,

Уральск. Республика Казахстан

** tasanova_84@list.ru*

Экологическая опасность подтопления территории города Уральска

Аннотация. В статье рассмотрены особенности подтопления территории города Уральска, включая его геологическое строение и гидрогеологические условия, приводящие к данному явлению. Выделены основные факторы риска подтопления, такие как атмосферные осадки, расположение города между реками и особенности грунтов. Произведено зонирование территории по степени экологической опасности подтопления, используя шкалу А.П. Сизова. Определены уровни подтопления: низкий, средний и высокий, в зависимости от глубины залегания грунтовых вод. Результаты исследований помогут визуализировать зоны риска, что важно для планирования защитных мер и минимизации последствий.

Ключевые слова: стихийные бедствие, грунтовые воды, экологическая опасность, зонирование, подтопления.

Tassanova Zhadyra Baizhanovna*

Makhsetova Dana Zhetesovna

Jumabek Dilmaz

West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan

Uralsk, Republic of Kazakhstan

** tasanova_84@list.ru*

Ecological danger of flooding of the territory of the city of Uralsk

Abstract. The article considers the features of flooding of the territory of the city of Uralsk, including its geological structure and hydrogeological conditions leading to this phenomenon. The main risk factors of flooding, such as precipitation, the location of the city between rivers and soil features, are highlighted. The territory was zoned according to the degree of environmental danger of flooding, using the scale of A.P. Sizov. The levels of flooding have been determined: low, medium and high, depending on the depth of groundwater. The results of the research will help to visualize the risk zones, which is important for planning protective measures and minimizing the consequences.

Keywords: natural disasters, groundwater, environmental hazards, zoning, flooding

Стихийные бедствия – это явления, которые за короткое время способны нанести значительный урон жизни людей, имуществу и окружающей среде. В XXI веке, на фоне активной урбанизации, большинство населения сосредоточено в городах, что усиливает масштаб возможных последствий стихийных бедствий на этих территориях. Одним из видов таких бедствий являются подтопления – глобальное явление, приводящее к массовым разрушениям во многих сферах общества. Развитие процесса подтоплений резко ухудшает условия эксплуатации зданий и сооружений, снижает комфортность проживания в жилых зонах, что, в свою очередь, вызывает экономические, социальные и экологические проблемы [2].

Экологическая опасность подтопления территории проявляется в ухудшении санитарно-гигиенической обстановки и росте простудных заболеваний населения из-за постоянной сырости в жилых и производственных зданиях. Хронические болезни, такие как астма, ревматизм, радикулит, гайморит и другие, также обостряются. Влажные условия приводят к заболачиванию местности и гибели древесной растительности. Подтопление

подвалов, подпольных помещений и погребов лишает людей возможности запастись овощами на зиму, что негативно сказывается на социально-экономическом положении. Уровень опасности подтопления территории во многом определяется природными условиями – рельефом, геологическим строением, гидрогеологическими и тектоническими особенностями. При оценке степени угрозы подтопления важную роль играют литологический состав и фильтрационные свойства грунтов в зоне аэрации, глубина залегания и структура поверхности водоупорных слоев [2].

Изучение отечественных и зарубежных источников, а также анализ фактических данных по произошедшим событиям позволили обобщить и максимально полно представить информацию для оценки степени опасности подтопления территории города Уральска. Стоит отметить, что этому вопросу ранее уделялось крайне мало внимания в отечественных публикациях, что делает его особенно актуальным.

Рассматриваемая территория является северной частью Прикаспийской впадины, представляет тектонически опущенный участок, где отчетливо выступает предсыртовой уступ, образованный мощной толщей континентальных плиоценовых и четвертичных отложений. В районе города на размытой поверхности третичных глин залегают мощная толща четвертичных отложений, представленная древнеаллювиальными и современными аллювиальными образованиями. Древнеаллювиальные отложения слагают надпойменную террасу реки Урала.

Прикаспийская низина представляет мощный прогиб, осложненный разломами и сбросами. В рельефе района Уральска отчетливо выражен уступ, ограниченный отрогами Общего Сырта, так называемым Синим Сыртом, простирающимся западнее города. Упомянутый уступ имеет частью тектоническое, частью абразионное происхождение. С востока Уральск обмывается рекой Уралом. Это довольно большая река, русло которой достигает около города 150–200 м ширины. Долина реки здесь шириной 7–10 км. Во время больших половодий она вся затопляется водой превращаясь в сплошное «море», по краям которого, а также на более повышенных участках поймы кое-где поднимается над водой вершины затопленных рощиц и отдельных деревьев. После спада воды долина почти на всем протяжении занята лугами и частично пойменными лесами [3].

Подтопление является наиболее высокоущербообразующим процессом для территории г. Уральска. Подтопление города Уральска, как и многих других регионов, может быть вызвано несколькими факторами. Основными причинами являются атмосферные осадки и повышение температурного фона, что может привести к интенсивному снеготаянию, формированию талого стока, ослаблению ледяных явлений и подъемами уровня воды в реках, таких как Урал, Чаган и Деркул. Обильные осадки подняли уровень воды в реках и водохранилищах, в результате чего на водоносные горизонты увеличилось давление, и грунтовые воды, за неимением других направлений движения начали просачиваться сквозь водопропускные грунты вверх, подтапливая все, что находится в их зоне поражения, тем более, что подземные воды здесь залегают близко к поверхности (менее 3 м). Грунты рассматриваемой территории представлены глинами темно коричневого цвета, местами переслаивающимися с галечниками, в отдельных пунктах встречаются среди глин известняковые ракушечники, способны пропускать грунтовые воды, выходящие под давлением, и в результате подтапливать территории.

Если смотреть на исторические данные, то для города Уральска затопление было одним из наиболее часто повторяющихся явлений. В XX веке Уральск пережил как минимум четыре серьезных наводнения. Старожилы называют даты 1942, 1957 и 1994, 2011 годов. А последний запомнившийся людям паводок пришелся на 2024 год. Самый высокий уровень реки Урал зафиксирован в 1942 году ¹ (рис. 1).

¹ Паводки были всегда // Надежда 2024. 1 мая с. 4–5.

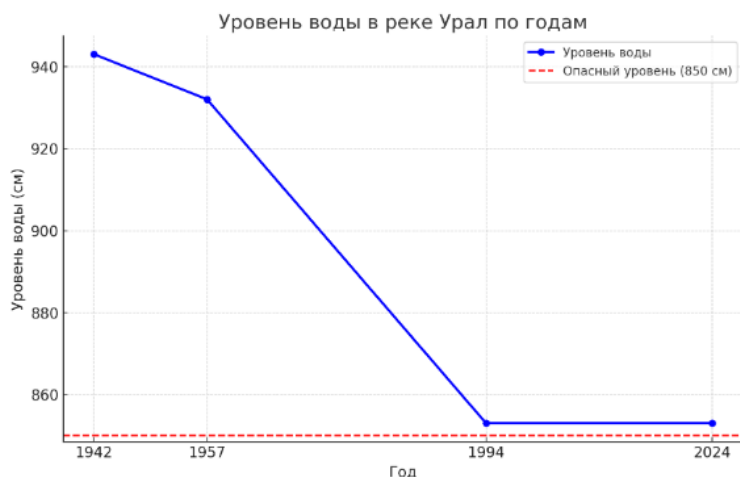


Рис. 1. Динамика уровня воды в реке Урал и порог опасного уровня

На рисунке 1 отображены изменения уровня воды в реке Урал за указанные годы, а также добавлена линия, обозначающая опасный уровень воды (850 см). Видно, что в 1994 и 2024 годах уровень воды близок к этому значению, что подчеркивает важность мониторинга в такие периоды.

К подтоплению подвергаются плохо дренируемые территории, расположенные на равнинных водоразделах и в низменных зонах со слабо выраженной эрозионной сетью. Эти районы характеризуются близким расположением уровня подземных вод и региональных водоупорных слоёв, низким модулем подземного стока, небольшими уклонами рельефа и нарушениями поверхностного водооттока, что приводит к застойному гидродинамическому режиму на данных участках [1, 2]. К ним принадлежат ровные поверхности древних плато, террасы рек [4].

Экологическая опасность подтопления означает такое состояние подземной гидросферы, при котором ухудшаются экологические и социально-экономические условия жизни населения на данной территории. По результатам проведенных исследований провели зонирование территории г. Уральска по уровню экологической опасности подтопления. Для зонирования и оценки состояния городских земель Уральска по подтоплению использовали шкалу, предложенную А.П.Сизовым (2012) [5], сопоставляя глубину залегания грунтовых вод с уровнем подтопления и соответствующей балльной оценкой.

Для этого провели исследования для определения глубины залегания грунтовых вод на территории города. Анализировали данные из скважин, результатов наблюдений и метеорологических отчетов ТОО «Жайықгидрогеология» в период весеннего паводка.

Таблица 1

Оценочные значения состояния городских земель по их подтоплению

Глубина залегания грунтовых вод, м	Уровень подтопления земель	Характеристика состояния земель
Более 5	Низкий	Участки с низким уровнем подтопления. Такие земли можно считать наилучшими для застройки и развития.
1,5–5	Средний	Участки со средним уровнем подтопления. Эти земли могут быть использованы, но требуется учитывать риски подтопления при планировании.
Менее 1,5	Высокий	Участки с высоким уровнем подтопления. Застройка на таких землях не рекомендуется без дополнительных мер по защите от воды.

По результатам проведенных исследований, включающих особенности геологического строения и гидрогеологических условий, нами впервые выполнено зонирование территории г. Уральска по степени опасности подтопления (рис. 2).

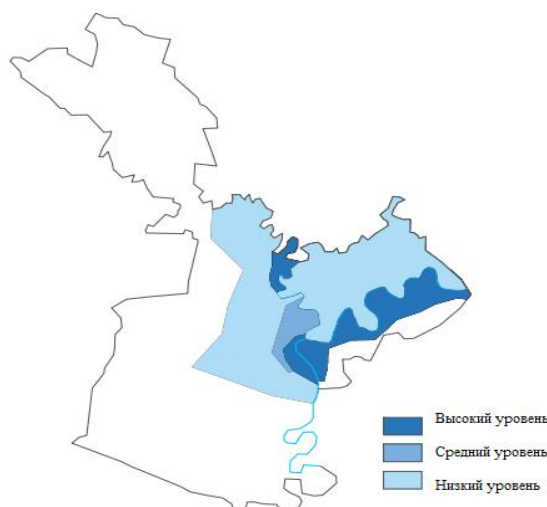


Рис. 2. Зонирование территории г. Уральска по степени опасности подтопления.

Зоны: 1 – низкий уровень; 2 – средний уровень, 3 – высокий уровень.

Выделены зоны по шкале А. П. Сизова (2012) [5] низкого, среднего и высокого уровня опасности подтопления. На основе собранной информации о глубине залегания грунтовых вод составлена карта, показывающая различные зоны подтопления. Это поможет в визуализации проблемных участков

Таблица 2

Опасность последствий подтопления городских земель

Уровень подтопления земель, глубина залегания грунтовых вод, м	Опасность последствий подтопления земель						
	Функциональная зона						
	Общественной застройки	Жилой застройки	транспортная	промышленная	лесной и лесопарковой растительности	резервная	кладбища
Низкий, >5	Отсутствует						
Средний, 1,5–5	Средняя	Высокая	Средняя	Отсутствует	Высокая	Отсутствует	Средняя
Высокий, <1.5	Высокая					Средняя	Высокая

Таблица 2 помогает оценить потенциальные риски и последствия подтопления городских земель для различных функциональных зон Уральска в зависимости от уровня залегания грунтовых вод.

Подтопление территорий при их хозяйственном освоении относят к одному из наиболее распространенных негативных процессов. Степень экологической опасности подтопления во многом зависит от конкретных природных условий местности. Классификацию территорий города Уральска по степени опасности подтопления можно провести на основе нескольких факторов, таких как уровень подземных вод, характер и интенсивность поверхностного стока, особенности рельефа, а также данные гидрометеорологических наблюдений. Эта классификация поможет в зонировании территории города Уральска, планировании необходимых защитных мероприятий и снижении потенциальных рисков, связанных с подтоплением.

В перспективе рекомендуется зонам с различными уровнями опасности подтопления (низкого, среднего и высокого) установить статус зон с особыми условиями использования территорий.

Список литературы

1. Морозова Н. М. Анализ проблемы подтопления территорий городов [Текст] / Н. М. Морозова // Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. Том Часть 1. Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Санкт-Петербург, 2021. – С 136–138.
2. Тюменцева О. В. Экологическая опасность подтопления территории города Омска [Текст] / О.В. Тюменцева // Вестник СибАДИ. 2011. №19. – С 40–44.
3. Москалев Е. Г. Природные условия города Уральска и его окрестностей [Текст] / Е.Г. Москалев. Ученый записки Том 3. Вып. 5 г. Уральск. 1956 г. – 137 с.
4. Ременюк Д. О. Комплексная оценка параметров территорий зон подтопления с учетом влияния подземных вод [Текст] /Д.О. Ременюк // Столыпинский вестник. 2021. №3. – С. 41–44.
5. Сизов А. П. Оценка качества и мониторинг земель сверхкрупного города (на примере Москвы) монография [Текст] /А. П. Сизов. – М.: Изд-во МИИГАиК, 2012. – 242 с.

Научный руководитель: Сизов Александр Павлович, д-р техн. наук, профессор, Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия.

Технология оформления условных знаков элементов проектного плана внутрихозяйственного землеустройства инструментами Quantum GIS

Аннотация. Целью исследования является описание технологии оформления условных знаков элементов проектного плана внутрихозяйственного землеустройства инструментами Quantum GIS. На сегодняшний день существует большое разнообразие программных средств, которые позволяют выполнить задачи по составлению и оформлению проектных планов в процессе землеустройства. Подбор наиболее оптимального программного обеспечения для составления качественной графической информации является актуальной и важной задачей проектировщика. В результате исследования нами установлено, что QGIS обладает широкими возможностями графического редактора, позволяющими на этапе оформления проектных планов выполнить все необходимые требования к отображению условных знаков, применяемых в землеустройстве.

Ключевые слова: внутрихозяйственное землеустройство, проектный план, условные знаки, программное обеспечение, Quantum GIS, технология.

Adile L. Useinova*

Liliia D. Nazarova

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

* adelina.bayramgazieva@mail.ru

Formalization technology of conventional signs for project plan elements for on-farm land management using Quantum GIS tools

Abstract. The purpose of the study is to describe the technology of registration of the conventional signs of the elements of the project plan of on-farm land management using Quantum GIS tools. To date, there is a wide variety of software tools that allow you to perform tasks for the preparation and execution of project plans in the process of land management. The selection of the most optimal software for the compilation of high-quality graphic information is an urgent and important task of the designer. As a result of our research, we found that QGIS has extensive capabilities of a graphical editor, which allows us to fulfill all the necessary requirements for displaying conventional signs used in land management at the stage of designating project plans.

Keywords: on-farm land management, project plan, technical signs, software, Quantum GIS, technology.

Внутрихозяйственное землеустройство, несмотря на прошедшие земельные преобразования в стране, не потеряло свою актуальность и согласно Федерального закона от 18.06.2001 № 78-ФЗ «О землеустройстве» обязательно проводится в целях организации рационального использования земель сельскохозяйственного назначения и их охраны. Как известно, центральным звеном землеустройства и основной стадией землеустроительного процесса является землеустроительный проект. Проект внутрихозяйственного землеустройства представляет собой совокупность документов, в перечне которых важное место занимает графическая часть. В соответствии с теоретическими положениями землеустроительного проектирования, рассмотренными в многотомном издании академика Волкова С.Н., «графическая часть проекта включает проектный план, рабочие чертежи перенесения проекта в натуру, карты, схемы, графики, рисунки, а также диаграммы, учитывающие фактическое состояние территории объекта и используемые при проектировании почвенные,

геоботанические, земельно-оценочные, агроэкологические и другие карты» [1]. Основным графическим документом является проектный план, на котором «отображаются все проектные решения, связанные с организацией территории (границы, площади, виды угодий, мероприятия по трансформации, освоению и улучшению земли и т.д.)» [1]. Приведенный перечень требует от проектировщика значительных затрат времени для оформления проекта. Поэтому при выполнении чертежей необходимо выявить такой подход, который позволит сократить затраты времени без снижения качества проектных графических материалов. Попутно отметим, что для планов внутрихозяйственного землеустройства применяется определенная система условных знаков, которая не представлена в шаблонах и библиотеках современных программных продуктов, используемых землеустроителями на практике. Это свидетельствует о необходимости выполнения дополнительных процедур при оформлении чертежа, и может быть автоматизировано.

Подбор наиболее оптимального программного обеспечения для составления качественной графической информации в процессе землеустройства является важной задачей проектировщика. Перечень современных автоматизированных систем и цифровых технологий, применяемых в землеустройстве, приведен в научной публикации Е.В. Краснянской, Ж. Н. Бакановой [2]. Отметим, что к перечню перечисленных авторами программных продуктов, применяемых для составления планов и карт в землеустройстве, на наш взгляд, следует отнести программное обеспечение (ПО) Quantum GIS, которое на сегодняшний день широко используется проектировщиками в разных направлениях и имеет ряд преимуществ, например, бесплатное распространение, открытый код, поддержка многих популярных векторных и растровых форматов пространственных данных и другие [3]. Однако, в публикации А.В. Качан, где автором рассмотрены основные этапы создания картографической основы внутрихозяйственного землеустройства средствами QGIS, сделан вывод, что «формирование картографической основы для целей землеустройства в ГИС QGIS выполняется сложнее, чем в ГИС ArcGIS и занимает больше времени» [4]. С момента публикации (2017 г.) инструменты ПО QGIS усовершенствовались в соответствии с современными тенденциями развития подобных программных продуктов. В связи с чем, нами выполнено экспериментальное исследование, в результате которого составлен проектный план внутрихозяйственного землеустройства и сформулирована технология вычерчивания специальных условных знаков, применяемых в землеустройстве средствами QGIS.

Составление проектного плана внутрихозяйственного землеустройства инструментами QGIS можно разделить на несколько этапов:

- привязка растровых изображений (при необходимости);
- создание тематических векторных слоев;
- оформление элементов проектного плана в соответствии с системой условных знаков, применяемых в землеустройстве;
- подготовка макета чертежа к печати.

Каждый из перечисленных этапов включает определенный набор методов и технологий. Так, например, создание тематических векторных слоев может выполняться посредством дешифрирования данных дистанционного зондирования. Технологически создание отдельного слоя может быть выполнено вручную или автоматически с использованием дополнительных модулей программного обеспечения. В зависимости от использования того или иного метода или технологии зависит трудоемкость работы и ее качество. При этом дальнейшее формирование проектного чертежа невозможно без проверки топологических свойств исходных векторных моделей пространственных объектов, устранения недостатков их геометрии (при необходимости), точности и полноты заполнения атрибутивных таблиц. В случае, если атрибутивная таблица содержит несоответствие названий видов угодий в текстовых полях, то в процессе оформления условных знаков будут возникать «белые пятна» на чертеже.

Технологические этапы оформления элементов проектного плана в соответствии с системой условных знаков, применяемых в землеустройстве, представлены на рис. 1.



Рис. 1. Технологические этапы оформления условных знаков элементов проектного плана внутрихозяйственного землеустройства

В рамках данной работы нами рассмотрены условные знаки, применяемые в землеустройстве, разработанные институтом «Росгипрозем» в 1965 г. [5], а также соответствующие им электронные картографические условные знаки, опубликованные в [6].

Отметим, что процедура символизации в ПО QGIS будет отличаться для объектов с разными геометрическими свойствами. Так, например, для площадных (полигональных) объектов должна быть выполнена заливка определенного цвета, установлен соответствующий цвет и толщина линии для границы полигона. В случае необходимости оформления штриховки или заполнения площадных объектов маркерами, или символами следует соблюсти установленные требования к толщине, цвету линий и расстояний между ними. Кроме того, при выполнении заливки маркерами или символами (сады, виноградники, пастбища и др.) надлежит учитывать характер их взаимного расположения.

Одним из сложных моментов оформления проектного плана внутрихозяйственного землеустройства является конструирование условных знаков для полезащитных лесных полос. Так, в процессе создания тематических слоев, территория, занятая полезащитными лесными полосами, представляется в виде полигонального объекта, а при оформлении чертежа данную территорию необходимо обозначить «кружками, размещенными по оси полосы. При этом у существующих полезащитных лесных полос, не требующих

ремонта, все кружки заливаются черной тушью, а у требующих подсадки – через два залитых, один кружок не заливается» [6]. Следует отметить, что настройка данного условного знака в ПО QGIS выполняется «послойно» с помощью раздела «Стиль» в окне «Свойства слоя». Так, на первом и втором слоях условного знака существующих пограничных лесных полос, показывается по одному закрашенному «кружку» с заданными параметрами (цвет, размер, контур), на третьем слое указывается аналогичный не закрашенный «кружок», каждый из перечисленных выше слоев сдвигается на определенное количество единиц относительно предыдущего. Шаблоны специальных условных знаков, выполненные в соответствии с установленными требованиями, следует сформировать в библиотеку условных знаков, для их последующего использования при оформлении элементов проектного плана внутрихозяйственного землеустройства.

При выполнении цветовой заливки элементов проектного плана удобно использовать цветовые модели RGB, которые представлены в [6]. Однако, исходя из того, что при распечатке проектных планов преимущественно используются цветовые модели CMYK, не исключено возникновение погрешностей в передаче цвета. В данном случае возможно применение двух вариантов: изначальный выбор цвета заливки в модели CMYK; перевод готового чертежа в модель CMYK дополнительными инструментами.

В результате проведенного исследования нами установлено, что свободная кроссплатформенная геоинформационная система Quantum GIS позволяет не только создавать качественные ГИС-модели территории проектирования при землеустройстве, но и обладает широкими возможностями графического редактора, позволяющими на этапе оформления проектных планов выполнить все необходимые требования к отображению условных знаков, применяемых в землеустройстве.

Список литературы

1. Волков, С. Н. Землеустройство. Теоретические основы землеустройства. Т. 1. – М.: Колос, 2001. – 496 с.
2. Краснянская, Е. В. Цифровые инструменты землеустроительного проектирования – неотъемлемая часть осуществления цифровой трансформации / Е. В. Краснянская, Ж. Н. Баканова // Цифровизация землепользования и землеустройства: тенденции и перспективы : Материалы IV международной научно-практической конференции, Москва, 14 ноября 2024 года. – Москва: Государственный университет по землеустройству, 2024. – С. 106–111. – EDN ZEMPDJ.
3. Мухаммад, Б. А. Создание цифровых кадастровых карт в сирийской Арабской Республике с использованием открытого программного обеспечения QGIS / Б. А. Мухаммад // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2021. – Т. 65, № 5. – С. 575–581. – DOI 10.30533/0536-101X-2021-65-5-575-581. – EDN QGLOBN.
4. Качан, А. В. Создание картографической основы внутрихозяйственного землеустройства средствами QGIS / А. В. Качан // Проблемы геологии и освоения недр : Труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М.И. Кучина, Томск, 03–07 апреля 2017 года. Том 1. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2017. – С. 609–610. – EDN ZNVOQP.
5. Условные знаки, применяемые при землеустройстве, утвержденные Министерством сельского хозяйства РСФСР. – М.: Росгипрозем, 1965. – 92 с.
6. Волков, С. Н., Бугаевская, В. В. Картографические условные знаки, применяемые в землеустройстве, масштаба 1:10000. – Учебно-наглядное пособие – М.: ГУЗ, 2023. – 86с.

Научные руководители: Клименко К.В., к.т.н., доцент кафедры землеустройства и кадастра, Закаличная О.В., к.геогр.н., доцент кафедры землеустройства и кадастра, ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», Симферополь, Россия.

Использование PostgreSQL для интеграции BIM, ГИС и учетных систем в управлении недвижимостью

Аннотация. В статье рассматривается использование PostgreSQL в качестве централизованной платформы для интеграции различных систем, таких как BIM, ГИС и учетные системы, в контексте управления недвижимостью. Подробно описывается процесс объединения данных из информационного моделирования зданий (BIM), географических информационных систем (ГИС) и учетных систем для создания единого информационного пространства. Рассматриваются особенности интеграции данных, выбор форматов обмена информацией, таких как GeoJSON и IFC, а также способы использования PostgreSQL и его расширения PostGIS для эффективной обработки и хранения пространственных данных. Также обсуждаются возможности взаимодействия с учетными системами, такими как 1С, для автоматизации процессов учета, платежей и контрактов. Применение данной интеграции позволяет значительно повысить точность, доступность и эффективность управления недвижимостью и земельными ресурсами, улучшая процессы мониторинга, анализа и принятия решений.

Ключевые слова: PostgreSQL, BIM, ГИС, учетные системы, интеграция, управление недвижимостью, PostGIS, GeoJSON, IFC, 1С.

Pavel A. Hitrich
NARFU, Arkhangelsk, Russia, hitrich.p@edu.narfu.ru

Using PostgreSQL for Integrating BIM, GIS, and Accounting Systems in Real Estate Management

Abstract. This article discusses the use of PostgreSQL as a centralized platform for integrating various systems such as BIM, GIS, and accounting systems in real estate management. The process of combining data from Building Information Modeling (BIM), Geographic Information Systems (GIS), and accounting systems is described in detail to create a unified information space. The article explores the features of data integration, the choice of exchange formats such as GeoJSON and IFC, and the use of PostgreSQL and its extension PostGIS for effective spatial data processing and storage. The integration with accounting systems, such as 1C, for automating processes like accounting, payments, and contracts is also discussed. This integration enables significant improvements in accuracy, accessibility, and efficiency in managing real estate and land resources, enhancing monitoring, analysis, and decision-making processes.

Keywords: PostgreSQL, BIM, GIS, accounting systems, integration, real estate management, PostGIS, GeoJSON, IFC, 1C.

Для современного управления земельными ресурсами и объектами недвижимости необходимо получать и объединять данные из различных систем, таких как: геоинформационные системы (ГИС), системы учета (ERP) и системы автоматизированного проектирования с поддержкой информационного моделирования зданий (BIM). Такая интеграция актуальна для долгосрочных проектов, где требуется точная и постоянная актуализация данных. В статье рассмотрим особенности проектирования базы данных для системы управления объектами недвижимости, а также методы для взаимодействия между внешними системами и базой данных, такими как системы автоматизированного проектирования – Revit, геоинформационной системы – QGIS, платформой 1С и системы управления базой данных – PostgreSQL.

Эффективное хранение, обработку и анализ данных для системы управления недвижимостью обеспечивает продуманная архитектура базы данных. Основой системы выступает реляционная база данных под управлением PostgreSQL с расширением PostGIS.

Создание структуры базы данных начинается с проектирования схем и таблиц, которые будут хранить данные о земельных участках и объектах недвижимости. В PostgreSQL реализуются таблицы для хранения информации о границах, типах землепользования, инженерных коммуникациях и строительных объектах, а также связи между объектами и их принадлежностью к земельным участкам. Эта структура поддерживает хранение точных пространственных данных, включая координаты, полигоны и связи между объектами. Разработанные схемы для каждого из модулей системы и структура таблиц представлены на рисунке 1, 2.

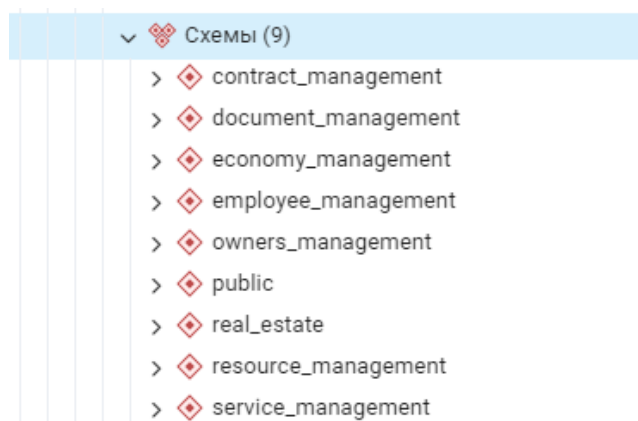


Рис. 1. Структура схем для каждого модуля системы

Особое внимание необходимо обратить на настройке связей между объектами для обеспечения согласованности данных, а также использование индексов для ускорения запросов к пространственным данным. Например, таблица для хранения зданий и сооружений может быть связана с таблицей земельных участков, что позволяет учитывать принадлежность объектов к конкретным земельным единицам. PostGIS расширяет PostgreSQL, позволяя проводить пространственные операции, такие как пересечение, объединение и поиск ближайших объектов, что упрощает выполнение пространственного анализа и поддерживает принятие управленческих решений.

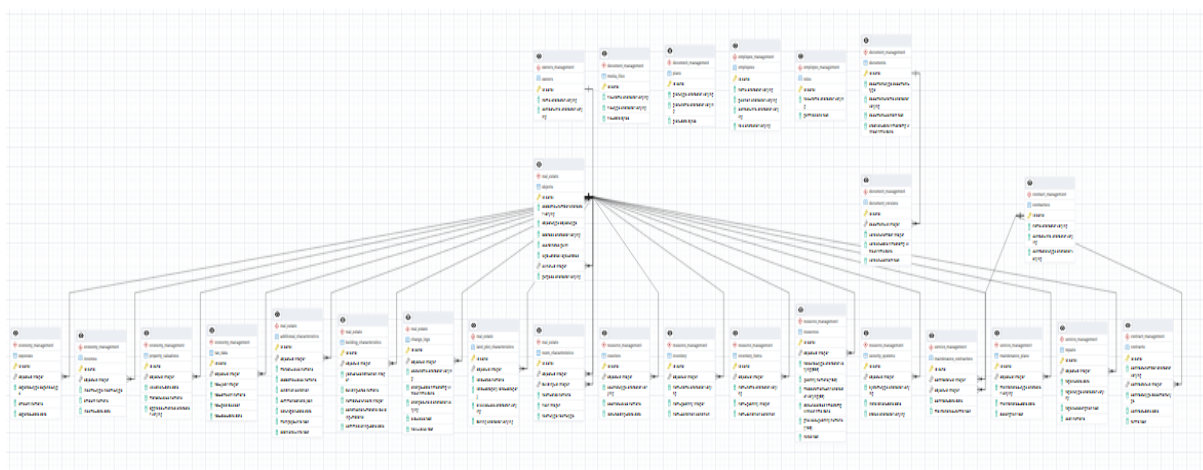


Рис. 2. Структура таблиц для системы управления недвижимостью

Вместе с проектированием структуры базы данных, разрабатывается слой бизнес-логики, который обеспечит обработку данных и взаимодействие с внешними системами. Реализация может быть осуществлена через использование REST API на Python

с использованием таких фреймворков, как Flask или FastAPI, а также использовать хранящиеся процедуры в PostgreSQL для выполнения сложных операций с минимальной нагрузкой на сервер приложений.

Для взаимодействия с Revit возможно использовать API, которое позволяет извлекать данные об объектах недвижимости и их геометрии. Эти данные экспортируются в формат IFC и затем конвертируются в таблицы базы данных с помощью инструментов, таких как IfcOpenShell. Библиотека IfcOpenShell позволяет извлекать данные из IFC и конвертировать их в более удобные форматы, такие как GeoJSON.

Для интеграции с QGIS применяется прямое подключение к базе данных через PostGIS, что позволяет отображать и анализировать пространственные данные, а также автоматизировать обновления через Python-скрипты.

Система 1С также может использоваться для управления договорами и платежами, связанными с земельными участками, и ее интеграция с геоинформационной платформой позволяет связывать геопространственные данные с финансовыми и юридическими аспектами. Например, при изменении статуса земельного участка (продажа, аренда, изменение целевого назначения) автоматически обновляются данные в учетной системе, что позволяет оперативно отслеживать состояние проектов и проводить точные финансовые расчеты.

Взаимодействие с платформой 1С возможно реализовать через ODBC или REST API, что позволяет обмениваться данными о контрагентах, договорах и финансовых транзакциях. Для передачи данных между 1С и PostgreSQL можно использовать промежуточные форматы, такие как CSV, XML или JSON.

Инфраструктура системы включает сервер базы данных PostgreSQL, который может быть размещен на отдельном сервере или кластере с настройкой репликации для обеспечения высокой производительности и отказоустойчивости. Сервер приложений управляется с помощью Flask или FastAPI, а для администрирования и визуализации данных используется веб-приложение.

Для обеспечения согласованности и актуальности данных настраиваются триггеры в PostgreSQL, которые автоматизируют обновления при любых изменениях данных. Пример реализации триггерной функции для автоматического обновления данных при любом изменении данных об объекте недвижимости приведен на рисунке 3.

```
409 --ТАБЛИЦА 2 Автоматическое обновление других таблиц при изменении характеристик
410 --объекта недвижимости, например, при изменении рыночной стоимости объекта.
411
412 CREATE OR REPLACE FUNCTION update_related_tax_data()
413 RETURNS TRIGGER AS $$
414 BEGIN
415     UPDATE economy_management.tax_data
416     SET tax_amount = NEW.market_value * 0.01
417     WHERE object_id = NEW.object_id;
418     RETURN NEW;
419 END;
420 $$ LANGUAGE plpgsql;
421
422 CREATE TRIGGER update_tax_data_after_object_value_update
423 AFTER UPDATE OF market_value ON real_estate.additional_characteristics
424 FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION update_related_tax_data();
425
426 --Таблица 3
427 --Валидация дат. Убедиться, что дата ремонта не может быть в будущем.
428 --Обновление состояния объекта. После завершения ремонта можно автоматически обновить состояние объекта недвижимости.
429 -- Валидация даты ремонта
```

Рис. 3. Триггерная функция для автообновления данных

Для обеспечения безопасности данных необходимо использовать ролевую модель доступа, шифрование и использование протоколы HTTPS, SSL/TLS для защиты каналов связи. Для мониторинга и резервного копирования данных используется планировщик задач pgAdmin (рисунок 4).

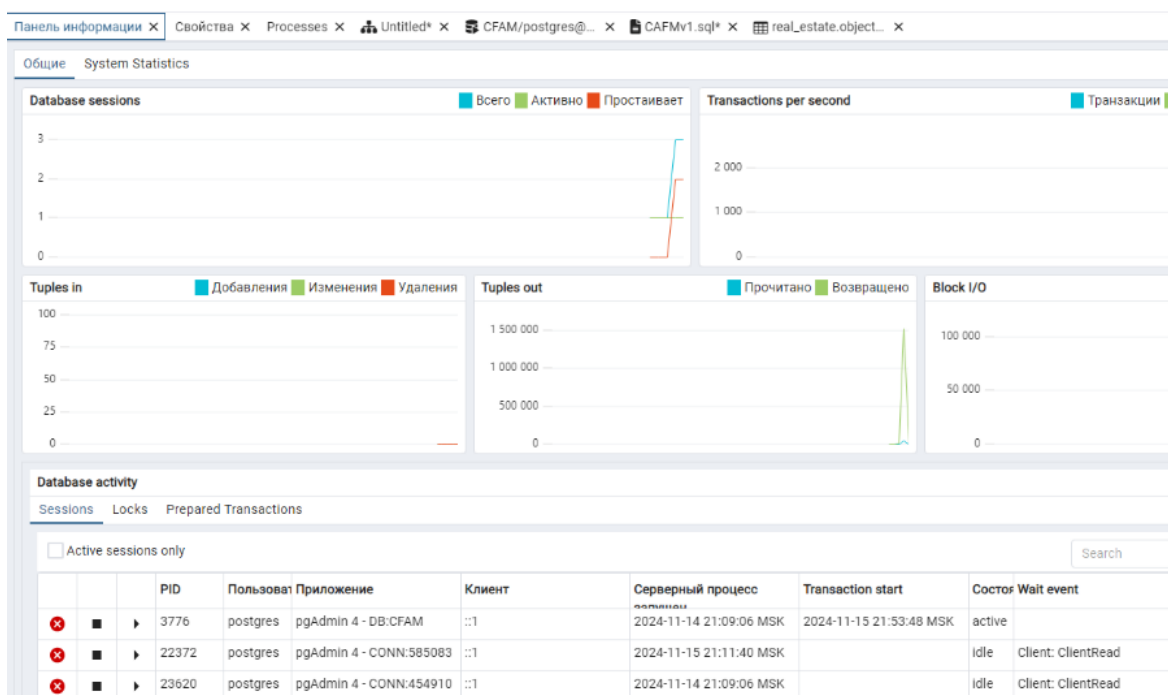


Рис. 4. Панель планировщика pgAdmin

Интеграция данных из Revit, QGIS и PostgreSQL улучшает качество управления земельными ресурсами и недвижимостью за счет объединения пространственной и BIM-информации. Постоянное обновление данных позволяет получать актуальные сведения о зданиях и земельных участках, а использование PostgreSQL как центральной базы данных снижает трудозатраты на обмен данными и минимизирует ошибки. Преимущества использования этих технологий обеспечивают:

- Единое хранилище данных. PostgreSQL выступает центральной базой для хранения информации, что упрощает доступ к данным из различных систем и упрощает их управление.
- Гибкость при пространственном анализе. PostGIS расширяет возможности PostgreSQL для проведения пространственных операций, что позволяет анализировать и визуализировать данные в QGIS.
- Автоматизация обмена данными. Использование ETL-процессов и FDW позволяет автоматизировать обмен данными между системами, такими как Revit и 1С, что улучшает согласованность данных и снижает трудозатраты.

Внедрение интеграции между Revit, QGIS, 1С и PostgreSQL предоставляет новые возможности для управления объектами недвижимости, земельными и строительными ресурсами. Комбинированное использование данных из BIM и ГИС-систем улучшает качество пространственного анализа и упрощает работу с данными, повышая их актуальность и достоверность. Выбор форматов данных зависит от требований проекта.

Интеграция данных в PostgreSQL создает единое информационное пространство, позволяющее эффективно управлять ресурсами, что делает эту систему особенно полезной для проектов, требующих высокой степени детализации данных об объектах недвижимости.

Список литературы

1. Документация PostgreSQL и Postgres Pro [Электронный ресурс]. – URL: <https://postgrespro.ru/docs> (дата обращения: 12.11.2024).
2. Учебное пособие QGIS [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.qgis.org/3.22/ru/docs/training_manual/index.html (дата обращения: 12.11.2024).

Научный руководитель: Яковлев Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент, САФУ имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия.

Определение и оценка точности объемов объектов недвижимости, имеющих форму пирамиды

Аннотация. В стране получает развитие трехмерный кадастр, в котором более точно отображаются объемные характеристики объектов недвижимости. Одной из основных характеристик объектов недвижимости в трехмерном кадастре являются их объемы. Автор предлагает определять объемы объектов недвижимости сложной формы, разбивая их на более простые элементы, такие как пирамиды. В статье приводятся формулы определения и оценки точности объема пирамид по результатам линейных измерений. По результатам вычислений автор делает вывод, что для более точного определения объема объекта недвижимости его необходимо разбивать на тетраэдры.

Ключевые слова: трехмерный кадастр, определение объема, оценка точности, пирамида.

Natalia D. Yakovleva

*St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I,
St. Petersburg, Russia, natashayakovleva24@gmail.com*

Determination and evaluation of the accuracy of the volumes of real estate objects having the shape of a pyramid

Abstract. A three-dimensional cadastre is being developed in the country, which more accurately displays the volumetric characteristics of real estate objects. One of the main characteristics of real estate objects in a three-dimensional cadastre is their volume. The author proposes to determine the volume of complex-shaped real estate objects, dividing them into simpler elements, such as pyramids. The article provides formulas for determining and evaluating the accuracy of the volume of pyramids based on the results of linear measurements. Based on the results of calculations, the author concludes that in order to more accurately determine the volume of a real estate object, it must be divided into tetrahedra.

Keywords: three-dimensional cadastre, volume determination, accuracy assessment, pyramid.

На современном этапе кадастр недвижимости в России основан на двумерном представлении объектов. Местоположение объектов недвижимости фиксируется внесением в Единый государственный реестр недвижимости (далее – ЕГРН) сведений о плоских прямоугольных координатах характерных точек границ объектов недвижимости. Это обеспечивает привязку объектов на местности, учитывает их площади, конфигурацию и положение относительно соседних объектов недвижимости. Однако в двумерном кадастре некорректно отображаются сложные пространственные структуры. Сложные многоуровневые объекты упрощаются до плоских проекций, теряя при этом важную информацию о своей объемной конфигурации, что приводит не только к неточности отображения таких объектов, но и к ошибкам в расчетах площадей, а также к проблемам при планировании строительства, реконструкции и землеустройства.

Внедрение трехмерного кадастра становится необходимым шагом для модернизации системы управления объектами недвижимости. В трехмерном кадастре будут учитываться не площадные, а объемные характеристики объекта, что позволит повысить эффективность и качество учёта элементов инфраструктуры, сложных многоуровневых комплексов и других объектов, которые могут некорректно отображаться в двумерной проекции. Определение объемов объектов недвижимости значительно повысит точность расчетов налоговых платежей, страховых взносов и стоимости объектов и др.

Объем фигуры представляет собой занимаемое этой фигурой трехмерное пространство. Для определения объемов объектов недвижимости сложной формы, автор предлагает разбивать их на более простые по форме части, и объем всего объекта будет определяться как сумма объемов его частей. Расчеты объемов необходимо сопровождать оценкой точности получаемых результатов.

Рассмотрим определение объема пирамиды. Данная фигура является геометрически простой и универсальной, в контексте трехмерного кадастра она может быть использована для описания множества реальных объектов. Отметим, что современные системы проектирования и геоинформационного моделирования CAD/GIS предлагают инструменты для построения трехмерных моделей на основе триангуляции, которая представляет собой сетку элементарных фигур в заданном пространстве, чаще всего сетку пирамид [1].

Разбивка объекта на пирамиды может быть выполнена различно. Поэтому важно знать, пирамиды какой формы обеспечивают более высокую точность вычисления объема.

Рассмотрим закономерности изменения точности вычисления объема пирамиды при использовании различных формул. При этом использована общая формула вычисления средних квадратических ошибок функций по средним квадратическим ошибкам аргументов [2, 3].

Формулы вычисления объема пирамид и оценки точности по результатам линейных измерений представлены в таблице.

Таблица

Формулы определения и оценки точности объема пирамиды по результатам линейных измерений

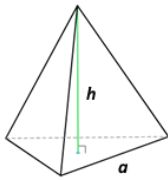
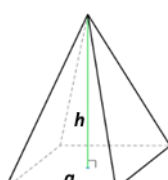
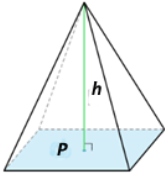
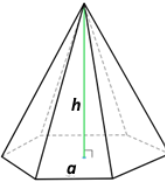
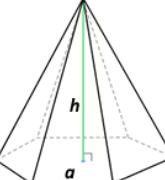
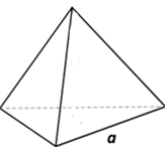
Рисунок	Вид пирамиды. Измеренные элементы. Формула вычисления объема V	Формулы вычисления средней квадратической ошибки m_V объема V
	<u>Правильная треугольная пирамида</u> Длина стороны a , высота h . $V = \frac{a^3 h}{4\sqrt{3}}$	$m_V = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial a}\right)^2 m_a^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial h}\right)^2 m_h^2}, \left(\frac{\partial V}{\partial a}\right) = \frac{3a^2 h}{4\sqrt{3}}, \left(\frac{\partial V}{\partial h}\right) = \frac{a^3}{4\sqrt{3}}.$ Тогда $m_V = \sqrt{\left(\frac{3a^2 h}{4\sqrt{3}}\right)^2 m_a^2 + \left(\frac{a^3}{4\sqrt{3}}\right)^2 m_h^2}.$ Пример: $a = 4$ м, $h = 3$ м, $m_a = m_h = 0,005$ м. Тогда: $V = \frac{4^3 \cdot 3}{4\sqrt{3}} = 27,7$ м ³ , $m_V =$ $\sqrt{\left(\frac{3 \cdot 4^2 \cdot 3}{4\sqrt{3}}\right)^2 \cdot 0,005^2 + \left(\frac{4^3}{4\sqrt{3}}\right)^2 \cdot 0,005^2} = 0,11$ м ³ . $\frac{m_V}{V} = \frac{0,11}{27,7} = \frac{1}{255}.$
	<u>Правильная четырехугольная пирамида</u> а) Длина стороны a , высота h . $V = \frac{1}{3} a^2 h$	$m_V = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial a}\right)^2 m_a^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial h}\right)^2 m_h^2}, \left(\frac{\partial V}{\partial a}\right) = \frac{2}{3} ah, \left(\frac{\partial V}{\partial h}\right) = \frac{1}{3} a^2.$ Тогда $m_V = \sqrt{\left(\frac{2}{3} ah\right)^2 m_a^2 + \left(\frac{1}{3} a^2\right)^2 m_h^2}.$ Пример: $a = 4$ м, $h = 3$ м, $m_a = m_h = 0,005$ м. Тогда: $V = \frac{1}{3} \cdot 4^2 \cdot 3 = 16$ м ³ , $m_V =$ $\sqrt{\left(\frac{2}{3} \cdot 4 \cdot 3\right)^2 \cdot 0,005^2 + \left(\frac{1}{3} \cdot 4^2\right)^2 \cdot 0,005^2} = 0,048$ м ³ . $\frac{m_V}{V} = \frac{0,048}{16} = \frac{1}{330}.$

Рисунок	Вид пирамиды. Измеренные элементы. Формула вычисления объема V	Формулы вычисления средней квадратической ошибки m_V объема V
	б) Площадь основания P , высота h . $V = \frac{1}{3}Ph$	$m_V = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)^2 m_P^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial h}\right)^2 m_h^2}, \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right) = \frac{1}{3}h, \left(\frac{\partial V}{\partial h}\right) = \frac{1}{3}P.$ Тогда $m_V = \sqrt{\left(\frac{1}{3}h\right)^2 m_P^2 + \left(\frac{1}{3}P\right)^2 m_h^2}.$ Пример: $P = 9 \text{ м}^2, h = 4 \text{ м}, m_P = 0,01 \text{ м}^2, m_h = 0,005 \text{ м}.$ Тогда: $V = \frac{1}{3} \cdot 9 \cdot 4 = 12 \text{ м}^3, m_V =$ $\sqrt{\left(\frac{1}{3} \cdot 4\right)^2 \cdot 0,01^2 + \left(\frac{1}{3} \cdot 9\right)^2 \cdot 0,005^2} = 0,021 \text{ м}^3.$ $\frac{m_V}{V} = \frac{0,021}{12} = \frac{1}{570}.$
	<u>Правильная шестиугольная пирамида</u> Длина стороны a , высота h . $V = \frac{\sqrt{3}}{2}a^2h$	$m_V = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial a}\right)^2 m_a^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial h}\right)^2 m_h^2}, \left(\frac{\partial V}{\partial a}\right) = \sqrt{3}ah,$ $\left(\frac{\partial V}{\partial h}\right) = \frac{\sqrt{3}}{2}a^2.$ Тогда $m_V = \sqrt{(\sqrt{3}ah)^2 m_a^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2}a^2\right)^2 m_h^2}.$ Пример: $a = 4 \text{ м}, h = 3 \text{ м}, m_a = m_h = 0,005 \text{ м}.$ Тогда: $V = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 4^2 \cdot 3 = 41,57 \text{ м}^3, m_V =$ $\sqrt{(\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 3)^2 \cdot 0,005^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 4^2\right)^2 \cdot 0,005^2} = 0,12 \text{ м}^3.$ $\frac{m_V}{V} = \frac{0,12}{41,57} = \frac{1}{350}.$
	<u>Правильная n-угольная пирамида</u> Длина стороны a , высота h . $V = \frac{na^2h}{12 \tan\left(\frac{\pi}{n}\right)}$	$m_V = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial a}\right)^2 m_a^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial h}\right)^2 m_h^2}, \left(\frac{\partial V}{\partial a}\right) = \frac{nah}{6 \tan\left(\frac{\pi}{n}\right)},$ $\left(\frac{\partial V}{\partial h}\right) = \frac{na^2}{12 \tan\left(\frac{\pi}{n}\right)}.$ Тогда: $m_V = \sqrt{\left(\frac{nah}{6 \tan\left(\frac{\pi}{n}\right)}\right)^2 m_a^2 + \left(\frac{na^2}{12 \tan\left(\frac{\pi}{n}\right)}\right)^2 m_h^2}.$ Пример: $n = 6, a = 2 \text{ м}, h = 5 \text{ м}, m_a = m_h = 0,005 \text{ м}.$ Тогда: $V = \frac{6 \cdot 2^2 \cdot 5}{12 \tan\left(\frac{\pi}{6}\right)} = 17,3 \text{ м}^3, m_V =$ $\sqrt{\left(\frac{6 \cdot 2^2 \cdot 5}{12 \tan\left(\frac{\pi}{6}\right)}\right)^2 \cdot 0,005^2 + \left(\frac{6 \cdot 2^2}{12 \tan\left(\frac{\pi}{6}\right)}\right)^2 \cdot 0,005^2} = 0,088 \text{ м}^3.$ $\frac{m_V}{V} = \frac{0,088}{17,32} = \frac{1}{200}.$
	<u>Тетраэдр</u> Длина ребра a . $V = \frac{a^3}{6\sqrt{2}}$	$m_V = \left(\frac{\partial V}{\partial a}\right) m_a, \left(\frac{\partial V}{\partial a}\right) = \frac{a^2}{2\sqrt{2}}.$ Тогда $m_V = \left(\frac{a^2}{2\sqrt{2}}\right) m_a.$ Пример: $a = 4 \text{ м}, m_a = 0,005 \text{ м}.$ Тогда: $V = \frac{4^3}{6\sqrt{2}} = 7,5 \text{ м}^3, m_V = \left(\frac{4^2}{2\sqrt{2}}\right) \cdot 0,005 = 0,028 \text{ м}^3.$ $\frac{m_V}{V} = \frac{0,028}{7,5} = \frac{1}{270}.$

Рассмотрим влияние формы пирамиды на точность определения ее объема. Объем правильной четырехугольной пирамиды, как отмечено выше, вычисляется по формуле $V = \frac{1}{3}a^2h$.

Дифференцируя эту формулу и перейдя к средним квадратическим ошибкам получим $m_V = \sqrt{\left(\frac{2}{3} ah\right)^2 m_a^2 + \left(\frac{1}{3} a^2\right)^2 m_h^2}$.

Если $m_h = m_a$, то

$$m_V = m_a \sqrt{\left(\frac{2}{3} ah\right)^2 + \left(\frac{1}{3} a^2\right)^2}. \quad (1.1)$$

Для характеристики формы пирамиды используем коэффициент ее вытянутости, равный отношению высоты к длине стороны $K_h = \frac{h}{a}$. С использованием коэффициента вытянутости выражение (1.1) запишем так: $m_V = m_a \sqrt{\left(\frac{2}{3} a^2 K_h^2\right)^2 + \left(\frac{1}{3} a^2\right)^2}$.

Умножим и разделим подкоренное выражение на K_h и с учетом, что $V = \frac{1}{3} a^3 K_h$, получим:

$$m_V = m_a \sqrt{Va} \sqrt{\frac{1+4K_h^2}{3K_h}}. \quad (1.2)$$

Исследуя выражение $\sqrt{\frac{1+4K_h^2}{3K_h}}$ на экстремум, делаем вывод, что его наименьшее значение будет при $K_h = \frac{1}{2}$, т.е., когда длина стороны пирамиды в 2 раза больше высоты. Конкретно для пирамиды, в которой $\frac{h}{a} = \frac{1}{2}$, получим:

$$m_V = m_a \sqrt{Va}. \quad (1.3)$$

Сравнивая выражения (1.2) и (1.3) видим, что объем пирамиды с отношением высоты и длины стороны равным K_h определяется с ошибкой, превышающей $\sqrt{\frac{1+4K_h^2}{3K_h}}$ раз объем пирамиды, в которой $\frac{h}{a} = \frac{1}{2}$.

Объем пирамиды с отношением $K_h = \frac{1}{2}$ определяется с ошибкой в $\frac{3\sqrt{1+4K_h^2}}{\sqrt{12K_h}}$ раз меньшей, чем у правильной четырехугольной пирамиды.

Таким образом, для повышения точности определения объема объекта недвижимости, путем деления его на пирамиды, следует разбивать его на пирамиды, в которых длина основания будет больше, чем высота.

Список литературы

1. Скворцов А. В. Триангуляция Делоне и ее применение [Текст] – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – 128 с. – ISBN 5-7511-1501-5.
2. Брынь, М. Я. О точности вычисления площадей фигур по координатам вершин и длинам сторон [Текст] / М. Я. Брынь // Геодезия и картография. – 2001. – № 5. – С. 37–41.
3. Брынь, М. Я. О точности вычисления площадей фигур городских земельных участков [Текст] / М. Я. Брынь // Записки горн. Ин-та. Маркш. Дело и геод. – 2001. – № 146. – С. 164–167.

Научный руководитель: Брынь Михаил Ярославович, доктор технических наук, профессор кафедры «Инженерная геодезия», заведующий кафедрой «Инженерная геодезия», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия.

Секция 16.
МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ,
СТРОИТЕЛЬНЫХ И МОНТАЖНЫХ РАБОТ

УДК 622

Мелехина Валерия Сергеевна
ПНИПУ, Пермь, Россия, lmieliekhina@bk.ru

**Исследование вертикальности стенок резервуара
фотограмметрическим методом**

Аннотация. В работе рассмотрен фотограмметрический метод определения вертикальности стенок резервуара вертикального стального для хранения нефтепродуктов. На основе полученных снимков произведен анализ карты отклонений. Установлено, что данная методика является рабочей и может быть введена в производство как методика комплексного наблюдения за резервуарами.

Ключевые слова: фотограмметрический метод, вертикальность стенок резервуара, карта отклонений, облако точек, снимки.

Valeriya S. Melekhina
PNRPU, Perm, Russia, lmieliekhina@bk.ru

Study of the verticality of the tank walls using the photogrammetric method

Abstract. The paper considers a photogrammetric method for determining the verticality of the walls of a vertical steel tank for storing petroleum products. Based on the images obtained, an analysis of the deviation map was made. It was established that this method is working and can be introduced into production as a method for complex monitoring of tanks.

Keywords: photogrammetric method, verticality of tank walls, deviation map, point cloud, images.

В современной маркшейдерии при решении прикладных задач широко применяется фотограмметрический метод [1–3]. В дополнение к этому существенно возросли и возможности наземной фотограмметрии, а именно возможности использования фотоснимков с неметрической камеры смартфона. Применение камеры смартфона для решения такой прикладной задачи, как исследование вертикальности стенок резервуара позволит значительно упростить, ускорить и удешевить работы по производству мониторинговых работ. Однако вопрос точности результатов съёмки при использовании снимков со смартфона остаётся малоизучен.

В данной работе в качестве объекта исследования выбран резервуар вертикальный стальной №4 на НПС «Северокамская». Исходными данными являлись 300 снимков резервуара, выполненные на смартфон Apple iPhone 11 в рамках производственной практики, с параметрами снимка, представленными в таблице 1. Снимки имеют координаты, полученные в результате GPS позиционирования, благодаря чему известны предварительные параметры широты, долготы и высоты точки, откуда была произведена съёмка.

Параметры снимка

№	Название параметра	Показатель
1	Фокусное расстояние	26 мм
2	Ширина снимка	3024 пикселя
3	Высота снимка	4032 пикселя
4	Диафрагма	f/1.8

Обработка снимков была осуществлена в программном обеспечении Metashape Pro 2.0. Необработанные данные с камеры были импортированы в программный комплекс. Была осуществлена регистрация изображений. На этом этапе программным комплексом были автоматически взаимно ориентированы изображения, и найдены связующие точки между ними. Далее было произведено построение плотного облака точек.

В результате обработки получено облако точек, состоящее из 8000306 точек. Далее была произведена подготовка облака точек к постобработке в CloudCompare. Обработанное облако точек представлено на рисунке 1а.

Облако точек было импортировано в программный комплекс CloudCompare. Данный комплекс позволяет визуализировать облако точек в трёхмерном пространстве, чтобы понять структуру данных и выявить ошибки сканирования. Сперва была осуществлена фильтрация. CloudCompare предлагает несколько фильтров для очистки данных от шума. Фильтры могут быть применены к отдельным облакам точек или к их объединению.

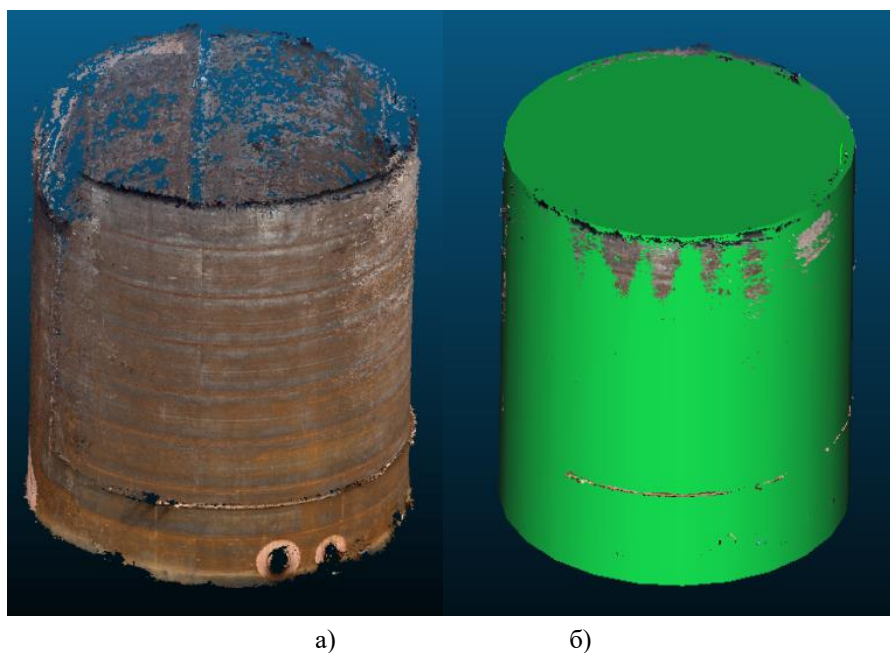


Рис. 1. Обработка облака точек

а – Обработанное облако точек; б – Вписанный вертикальный цилиндр в облако точек

Для определения отклонений образующей стенок резервуара был применен метод вписывания модели цилиндра в облако точек, представленный на рисунке 1б. В программном обеспечении CloudCompare вписывание цилиндра происходило с помощью встроенного плагина RANSAC Shape Detection. Плагин предназначен для автоматического определения и вписывания примитивов в облако точек. Также вписать цилиндр можно вручную.

Далее было выполнено вычисление отклонения облака точек от примитива. Для получения подробной карты деформаций была задана линия профиля относительно которой были рассчитаны отклонения стенки от вертикали. Полученный файл профиля загружался в программу. Полученная карта отклонений, представлена на рисунке 2.

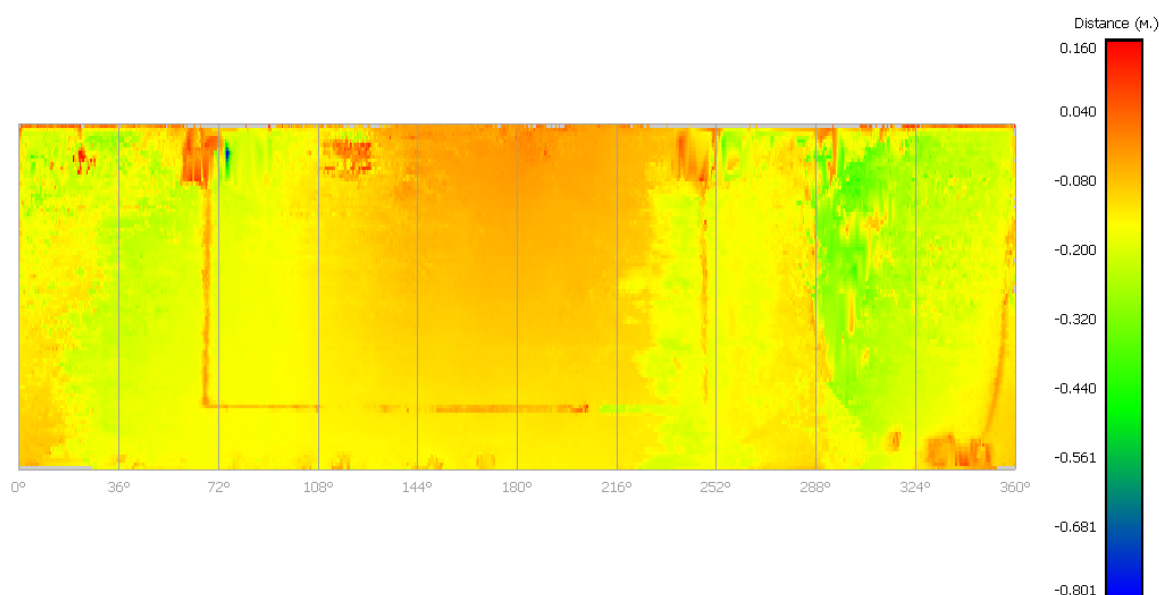


Рис. 2. Карта отклонений

В результате обработки исходных снимков резервуара была получена карта отклонений резервуара от вписанного, в облако точек, цилиндра.

На карте отклонений имеется четкий контур с отклонением около 16 см. Данные значения относятся к трубе, закрепленной на поверхности резервуара. В центральной части карты отклонений наблюдается участок с около нулевыми значениями отклонений стенок от вертикали. Яркие зеленые участки, соответствующие отклонениям равным 40 см, появились в результате недостатка точек. Карта отклонений построена с учетом того, что пустые ячейки заполнены интерполяцией, таким образом возникают ошибочные значения отклонений.

На основе анализа участка резервуара с плотным облаком точек установлено, что отклонение от вертикали составляет не больше 50 мм, что для резервуара $V=400 \text{ м}^3$ соответствует допустимому значению [4].

При анализе карты отклонений отдельно по поясам, выявлено, что не на каждом поясе отклонения входят в предельные допустимые значения.

Методика, представленная в данной работе, является рабочей и может быть введена в производство как методика комплексного наблюдения за резервуарами.

В ходе работы выявлены нюансы, которые необходимо соблюдать для получения более качественного и точного результата: резервуар необходимо снимать до установки лестниц, и других вспомогательных конструкций; съемка должна осуществляться в светлое время суток, желательно в облачную погоду; камера смартфона была установлена вертикально, все фотографии сняты с одинакового расстояния от объекта съемки; минимальное количество снимков – 50 штук, для более качественного облака точек – 300 и более.

Данная методика обладает следующими преимуществами: простота выполнения полевых работ; минимальное количество оборудования; высокая точность результата, при обеспечении необходимого качества снимков; возможность получения результатов отклонений в формате Excel таблицы; получение наглядной карты отклонений по всей поверхности резервуара.

К недостаткам описанного фотограмметрического метода определения вертикальных отклонений относятся: использование платного лицензированного программного обеспечения Metashape Pro; трудоемкий процесс чистки облака точек, что может сильно повлиять на результаты обработки; вписывание цилиндра вручную может сильно повлиять на точность определения отклонений.

Дальнейшие исследования в данной работе должны будут включать производство контрольной съемки резервуара методом лазерного сканирования, чтобы была возможность объективно сравнить полученные результаты для оценки точности определения отклонений резервуара.

Список литературы

1. Современные геодезические и маркшейдерские технологии, применяемые при разработке нефтяных и газовых месторождений / А. Д. Аникаева, В. В. Мусихин, И. А. Столбов, А. Ю. Шишунов, А. Д. Ратьков // Журнал магистров. – 2022. – № 2. – С. 68–87.
2. Бердиев Р. М. Анализ современных геодезических технологий, их применение в строительстве / Р. М. Бердиев, М. Б. Реджепов, С. И. Акиншин // Science and education: problems and innovations : сборник статей V Международной научнопрактической конференции. – Пенза : «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. – С. 311–314. – EDN CNEXHR.
3. Козин Е. В. Фотограмметрия : учебное пособие / Козин Е. В., Карманов А. Г., Карманова Н. А. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2019. – 142 с.
4. СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции.

Научный руководитель: Мусихин Василий Владимирович, кандидат технических наук, доцент, ПНИПУ, Пермь, Россия.

Оценка точности и стабильности определения местоположения геодезического пункта на основе технологии ГНСС-измерений

Аннотация. В этом исследовании оценивается точность и стабильность решений Precise Point Positioning (PPP) в Ливане с использованием AUSPOS и Trimble RTX по восьми статическим точкам GNSS. Анализируя координаты X, Y и Z, мы вычисляем среднеквадратичную ошибку (RMSE) и стандартное отклонение (SD) для каждого метода, оценивая их производительность и зависящие от времени изменения точности. Результаты раскрывают сильные и слабые стороны обоих методов, предлагая ценную информацию для геопространственных приложений в регионе и подчеркивая важность выбора соответствующих методов PPP.

Ключевые слова: глобальные навигационные спутниковые системы, точное позиционирование точки (PPP), AUSPOS, Trimble RTX, оценка точности, среднеквадратическая ошибка, стандартное отклонение

Nasrullah Mohamad

*Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, mohammad.nasrallah@liu.edu.lb*

Assessing the accuracy and stability of determining the location of a geodetic point based on GNSS measurement technology

Abstract. This study evaluates the accuracy and stability of Precise Point Positioning (PPP) solutions in Lebanon, utilizing AUSPOS and Trimble RTX across eight static GNSS points. By analyzing X, Y, and Z coordinates, we compute the Root Mean Square Error (RMSE) and Standard Deviation (SD) for each method, assessing their performance and time-dependent variations in accuracy. Results reveal the strengths and limitations of both techniques, offering valuable insights for geospatial applications in the region and emphasizing the importance of selecting appropriate PPP methods.

Keywords: Global Navigation Satellite Systems, Precise Point Positioning (PPP), AUSPOS, Trimble RTX, Accuracy Assessment, Root Mean Square Error, Standard Deviation

Геодезия – это научное изучение формы Земли, ее ориентации в пространстве и гравитационного поля, что имеет решающее значение для таких приложений, как картография, навигация и наблюдение за Землей. Одной из передовых технологий в геодезии является точное позиционирование точки (PPP), предоставляющее точную информацию о местоположении без необходимости использования опорных станций [1]. PPP достигает точности на уровне сантиметра за счет использования наблюдений с нескольких спутников Глобальной навигационной спутниковой системы (GNSS) и исправления систематических ошибок, таких как ионосферные и тропосферные задержки. Эта гибкость особенно ценна в отдаленных и городских условиях, где традиционные методы дифференциальной GNSS (DGNSS) могут быть менее надежными [2]. Надежные позиционные данные, предоставляемые PPP, стали жизненно важными в различных областях, включая инжиниринг, мониторинг окружающей среды и геофизические исследования [3]. Достижения в области геопространственного позиционирования значительно повысили точность и применение геодезических наблюдений.

В недавнем исследовании обсуждается корректировка запланированных положений точек геодезической сети с использованием спутниковых данных и преобразование

координат в эллипсоид Кларка [4]. В нем подчеркивается важность точных систем отсчета для улучшения геодезической практики с помощью таких методов, как точное позиционирование точки (PPP). Кроме того, сравнительный анализ служб обработки GNSS для статических измерений показывает, что, хотя многие службы могут достигать высокой точности, их производительность зависит от периодов наблюдения и условий окружающей среды [5]. Эти выводы подтверждают значимость методологий PPP и GNSS как жизненно важных инструментов для получения надежных геопространственных данных.

В этом исследовании изучается производительность точного позиционирования точки (PPP) в одной статической точке измерения в Ливане в течение восьми временных интервалов, оценивается его позиционная точность и стабильность для оценки надежности методов PPP для высокоточных данных в локализованных контекстах [6]. Это особенно актуально в районах с ограниченным доступом к традиционным наземным системам, где PPP служит практической альтернативой для точного позиционирования [7]. Исследование сравнивает две популярные службы PPP, AUSPOS и Trimble RTX, для анализа их эффективности в предоставлении точного и последовательного позиционирования для выбранной статической точки [8]. Понимая, как эти методы работают в реальных сценариях, исследование обогащает наше понимание возможностей PPP и вносит ценные данные в геодезическое сообщество. В конечном счете, оно подчеркивает важность точных измерений и методологий для улучшения сбора и использования геопространственных данных в различных секторах [9,10].

В этом исследовании изменения геоцентрических координат одной точки, расположенной в регионе Бекаа, к востоку от Ливана, как показано на рисунке 1, были оценены с использованием двухчастотного GNSS-приемника TOPCON Hiper V.

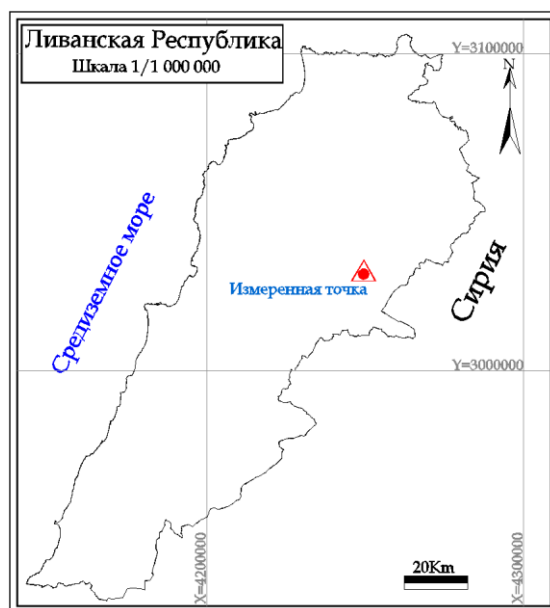


Рис. 1. Карта Ливанской Республики с указанием измеренной точки

Измерения проводились посредством статических наблюдений, каждое из которых длилось около трех часов, чтобы обеспечить целостность данных. После каждого сеанса измерений необработанные данные извлекались и обрабатывались с помощью программного обеспечения TOPCON Magnet Tools, в котором указывались тип и высота антенны. Обработанные данные затем конвертировались в формат RINEX 3 и загружались в онлайн-сервисы AUSPOS и Trimble RTX для дополнительной обработки. Полученные отчеты о координатах приходили по электронной почте, что позволяло извлекать

точные геоцентрические координаты на основе системы отсчета ITRF 2014, эти координаты X, Y и Z показаны в таблице 1.

Таблица 1

Геоцентрические координаты, полученные из сервисов PPP.

Дата	AUSPOS			Trimble RTX		
	X	Y	Z	X	Y	Z
04.05.2021	4271173.761	3127531.652	3547782.860	4271173.750	3127531.652	3547782.863
25.09.2021	4271173.753	3127531.664	3547782.881	4271173.774	3127531.660	3547782.897
26.09.2021	4271173.673	3127531.580	3547782.841	4271173.661	3127531.596	3547782.817
14.05.2023	4271173.677	3127531.650	3547782.919	4271173.674	3127531.637	3547782.912
18.06.2023	4271173.722	3127531.722	3547782.972	4271173.713	3127531.734	3547782.966
28.07.2024	4271173.632	3127531.646	3547782.936	4271173.676	3127531.708	3547782.934
29.07.2024	4271173.650	3127531.664	3547782.943	4271173.657	3127531.647	3547782.950
03.08.2024	4271173.653	3127531.669	3547782.950	4271173.714	3127531.670	3547782.988

В этом разделе представлены рассчитанные стандартные отклонения и среднеквадратические ошибки для координат, полученных от систем AUSPOS и Trimble RTX GNSS, подчеркивающие точность и изменчивость измерений.

Стандартное отклонение рассчитывается по формуле (1):

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N x_i - \text{среднее } x}{N-1}} \quad (1)$$

А среднеквадратическая ошибка рассчитывается по формуле (2)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N x_i - \text{среднее } x}{N}} \quad (2)$$

Где: (N) – количество наблюдений, (x_i) представляет каждое отдельное наблюдение, а (среднее x) – среднее значение наблюдений.

Рассчитанные значения приведены в таблице 2:

Таблица 2

Расчетные значения стандартного отклонения и среднеквадратической ошибки.

Элемент	AUSPOS			Trimble RTX		
	X	Y	Z	X	Y	Z
SD	0.049	0.039	0.047	0.043	0.043	0.056
RMSE	0.046	0.036	0.044	0.040	0.040	0.053

Сравнительный анализ статических измерений GNSS, проведенных с помощью AUSPOS и Trimble RTX, выявил сопоставимые точности в геоцентрических координатах (X, Y, Z), что имеет важное значение для различных научных и инженерных приложений. AUSPOS показал стандартные отклонения в диапазоне от 3,9 см (Y) до 4,9 см (X) и значения RMSE, достигающие 4,4 см, тогда как Trimble RTX выдал значения SD от 4,3 см (X и Y) до 5,6 см (Z), с пиком RMSE в 5,3 см для координаты Z. Эти расхождения, особенно по оси Z, подчеркивают важность выбора подходящих методов позиционирования на основе конкретных требований к точности проекта. Точность на уровне сантиметра, предоставляемая обеими службами, имеет решающее значение в таких областях, как геодезия, геодезия и точное земледелие, где даже незначительные изменения могут привести к существенному влиянию на интерпретацию данных и принятие решений. В этом исследовании подчеркивается надежность обоих методов, и предполагается, что, хотя AUSPOS

может обеспечивать немного лучшую производительность в целом, необходимы дальнейшие исследования для изучения сильных и слабых сторон каждой службы GNSS в различных условиях эксплуатации.

Список литературы

1. Кузин А. А., Филиппов В. Г. Разработка алгоритма выбора метода и геодезического оборудования в зависимости от скорости оползневых смещений на примере Миатлинской ГЭС // Вестник СГУГиТ. – 2023. – Т. 28, № 4. – С. 22–37. – DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-4-22-37.
2. Шарафутдинова А. А., Брынь М. Я. Методика проектирования и построения геодезической сети при наземном лазерном сканировании крупных промышленных объектов. // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 2. – С. 72–85. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-2-72-85.
3. Bulbul S. B., Bilgen C. I. The performance assessment of Precise Point Positioning (PPP) under various observation conditions [Electronic resource] // Measurement. – 2021. – 171. – P. 108780. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108780>.
4. Мустафин М. Г., Насруллах Мохамад. Опыт корректировки планового положения пунктов геодезической сети с использованием спутниковых определений и переводом координат на эллипсоид Кларка // Вестник СГУГиТ. – 2024. – Т. 29, № 4. – С. 31–39. – DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-4-31-39.
5. Mustafin, M., Nasrullah, M., & Abboud, M. (2024). A Comparative Analysis of GNSS Processing Services for Static Measurements: Evaluating Accuracy and Stability at Different Observation Periods. *International Journal of Geoinformatics*, 20(9), 112–121. <https://doi.org/10.52939/ijg.v20i9.3553>
6. Mustafin, M., Nasrullah, M., & Abboud, M. (2024). 3D Modeling of Sidon Sea Castle Utilizing Terrestrial Laser Scanner Combined with Photogrammetry. *International Journal of Geoinformatics*, 20(5).
7. Kuzin A. A., Palkin P. O. Coordinate method for determining position in geodetic monitoring of cracks // *Journal of Physics: Conference Series* – 2021. – Vol. 1728, No. 1, – P. 012010. – DOI 10.1088/1742-6596/1728/1/012010.
8. Osipov A., Dmitriev V., Kovyazin V., Romanchikov A. Cartographo-Mathematical Modelling of Landscape Diversity for Land Use Planning Purposes // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* – 2020. – Vol. 574, No. 1 – P. 012058. – DOI 10.1088/1755-1315/574/1/012058.
9. Valkov V. A., Kuzin A. A., Kazantsev A. I. Calibration of digital non-metric cameras for measuring works // *Journal of Physics: Conference Series* – 2018. – Vol. 1118, No. 1 – P. 012044. – DOI 10.1088/1742-6596/1118/1/012044.
10. Nutskova, M. V., Alhazaa, M., & Alhazaa, A. (2025). Effect of Mineral Wool Impregnated with Carbon Nanotubes on Properties of Cement at High Temperatures. *International Journal of Engineering*, 38(1), 148–155. doi: 10.5829/ije.2025.38.01a.14.

Научный руководитель: Мурат Газизович Мустафин, доктор технических наук, заведующий кафедрой инженерной геодезии, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия, mustafin_m@mail.ru.

Геодезическое обеспечение наблюдений за деформациями склонов с использованием ГНСС-измерений

Аннотация. На деформации склонов могут оказывать влияния оползневые процессы, скорость смещений которых возможно определять с применением геодезических методов. В настоящее время наиболее распространённым способом получения информации о пространственных положениях наблюдаемых пунктов является технология спутникового позиционирования в режиме реального времени. В то же время, в нормативной документации не отражены необходимые условия и параметры наблюдений для достижения необходимой точности в случае применения технологии. В рамках исследования был проведён ряд экспериментов с целью определения необходимых условий и параметров наблюдений для достижения необходимой точности определения оползневых смещений с применением технологии спутникового позиционирования. На их основе сформированы рекомендации по применению технологии RTK на оползневых склонах.

Ключевые слова: деформации склонов, оползневые смещения, ГНСС-наблюдения, точность.

**Anton A. Kuzin
Vladimir G. Filippov***

*Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia
* s225015@stud.spmi.ru*

Geodetic support for observations of slope deformations using GNSS measurements

Abstract. Landslide processes can affect slope deformations, the rate of displacement of which can be determined using geodetic methods. Currently, the most common way to obtain information on the spatial positions of observed points is the Real-Time Kinematic satellite positioning technology. At the same time, the regulatory documentation does not reflect the necessary conditions and parameters of observations to achieve the required accuracy in the case of using the technology. As part of the study, a number of experiments were conducted to determine the necessary conditions and parameters of observations to achieve the required accuracy in determining landslide displacements using satellite positioning technology. Based on them, recommendations were formed on the use of RTK technology on landslide slopes.

Keywords: slope deformations, landslide displacements, GNSS observations, accuracy.

Необходимость наблюдения за деформациями оползневых склонов обусловлена высокой опасностью подобных природных явлений [1, 2] и широкой географией распространения процесса [3, 4]. Существуют различные способы наблюдений за оползневыми деформациями [5, 6]. Инженерные изыскания в районах развития оползневых процессов включают в себя наблюдения за оползнеопасными склонами геодезическими методами. К геодезическим методам определения пространственных смещений можно отнести спутниковые методы [7, 8], которые активно применяются при наблюдении смещений склонов и склоновых систем. В то же время, нормативная документация [9, 10] не отражает в полной мере порядок проведения работ, допустимые виды ГНСС-приёмников (ГНСС – глобальные навигационные спутниковые системы) для наблюдений склонов, а также необходимые условия и параметры наблюдений для достижения точности.

В своде правил 420.1325800.2018 указывается только величина максимально допустимой средней квадратической погрешности (СКП) определения смещения оползня, равная 20 мм в плане и 10 мм по высоте. Целью данного исследования являлась разработка регламента применения технологии спутникового позиционирования в режиме реального времени (RTK) при наблюдении оползневых склонов.

В рамках исследования был проведён ряд экспериментов, цель которых заключалась в получении величин СКП определения смещений ГНСС-оборудованием разных производителей (EFT, Trimble, Topcon) технологией RTK при различных условиях наблюдений: количестве эпох, удалении ровера от базовой станции. Для этого был подготовлен тест-объект: в твёрдом покрытии примерно в 7 см друг от друга были закреплены дюбели с различным углублением в покрытие. Таким образом был симитирован деформационный процесс рабочего репера в теле оползня. Расстояния между дюбелями определялись многократно с помощью штангенциркуля (СКП определения расстояния 0,3 мм), а превышения между дюбелями – методом геометрического нивелирования с применением цифрового нивелира Sokkia SDL50 (СКП определения превышения – 1,5 мм на 1 км двойного хода).

Далее, каждый дюбель наблюдался технологией RTK с применением различного ГНСС-оборудования при различном количестве эпох (от 10 до 240) удалениях от базовой станции (от 1 до 10 км). По разностям полученных координат дюбелей определялись расстояния и превышения, которые сравнивались с эталонными, то есть полученными более точными методами (штангенциркулем и цифровым нивелиром).

По результатам проведённого исследования был сделан вывод о том, что наилучшую точность удалось достичь с применением ГНСС-приёмника EFT M4 (априорная точность определения положения в плане 5 мм + 0,5 мм/км, по высоте 10 мм + 0,8 мм/км), при удалении от базовой станции не более чем на 1 км, а также при увеличении периода наблюдений до 180 эпох с частотой наблюдений 1 Гц.

На основе полученных результатов был составлен регламент применения технологии RTK при наблюдении оползневых склонов, состоящий из 5 классов, каждый из которых отражает необходимые условия и параметры наблюдений рабочих реперов в теле оползня, среди которых – рекомендации по применяемому оборудованию, его точности, удалению от базовой станции и другие.

Список литературы

1. Wistuba, M., Malik, I., Gorczyca, E. & Ślęzak, A. (2021). Establishing regimes of landslide activity – Analysis of landslide triggers over the previous seven decades (Western Carpathians, Poland). CATENA, 196, 104888. DOI 10.1016/j.catena.2020.104888.
2. Разумов, В. В., Богданов, М. И., Богданова, Н. Д., Разумова, Н. В. Гусейнова, Н. О. Оценка масштабов распространения и опасности активизации оползневых процессов в Дагестане // Юг России: экология, развитие. – 2019. – Т. 14, № 4. – С. 56–77. DOI 10.18470/1992-1098-2019-4-56-77.
3. Сахаровский, А. В., Строкова, Л. А. Определение устойчивости оползневого склона при проектировании моста через р. Пошнарку в Чувашии // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331, № 1. – С. 125–134. DOI 10.18799/24131830/2020/1/2454.
4. Поспехов, Г. Б., Савон, Ю., Мосейкин, В. В. Определение зон оползневой опасности методом анализа иерархий на примере провинции Гуантанамо // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2024. № 1. – С. 125–145. DOI 10.25018/0236_1493_2024_1_0_125.
5. Олзоев, Б. Н., Данченко, О. В. Обзор геодезических методов наблюдений за оползневыми процессами с целью устойчивого развития территорий // XXI век. Техносферная безопасность. – 2016. – Т. 1, № 4. – С. 30–38. EDN XDBLJH.
6. Григоренко, А. Г. Измерение смещений оползней. – М.: Недра, 1988. – 144 с.
7. Елагин А. В., Зайцев М. В., Прохоров Д. А., Шендрик Н. К. Оценка точности определения координат спутниковыми приемниками EFT M3 GNSS и EFT M4 GNSS в режиме RTK // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, № 3. – С. 26–33. – DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-3-26-33.

8. Wang, P., Liu, H., Nie, G., Yang, Z., Wu, J., Qian, C., Shu, B. (2022). Performance evaluation of a real-time high-precision landslide displacement detection algorithm based on GNSS virtual reference station technology // Measurement. – 2022. – Т. 199. – С. 11457. DOI 10.1016/j.measurement.2022.111457.

9. СП 420.1325800.2018. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства в районах развития оползневых процессов. Общие требования. Утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 21.12.2018 № 844/пр. Введ. в действ. с 22.06.2019. М.: Стандартинформ, 2019. 42 с.

10. СП 116.13330.2012. Свод правил. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Утв. приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30.06.2012 № 274. Введ. в действ. с 01.01.2023. М.: Минрегион России, 2012. 66 с.

Научный руководитель: Кузин Антон Александрович, к.т.н., доцент кафедры инженерной геодезии, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Секция 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В АРХИТЕКТУРЕ, ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ И ДИЗАЙНЕ

УДК 332

Васнева Ирина Олеговна

*студент 5 курса (бакалавр), Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия, s201835@stud.spmi.ru*

Проблемы современных урбосистем с учетом интегральности процессов развития

Аннотация. В работе рассматривается концепция «Умного города» и методы решения проблем современных урбосистем, а также современные тенденции формирования городской среды. В качестве материалов используется анализ теоретических положений и практических результатов внедрения «умного» управления в городах различных стран. По-средством идентификации условий решения актуальных задач определены принципы реализации умных городов в России.

Ключевые слова: Умный город; пространственная среда; урбанизация; качество жизни; технологии.

Irina O. Vasneva

*Student (Bachelor), Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, s201835@stud.spmi.ru*

Issues of the modern urban systems given the integrality of development processes

Abstract. The article deals with the "Smart City" concept as the approach to the solution of the problems of modern urban systems such as formation and key elements. To reveal the term scientific articles and monographs are studied. Examples of foreign and Russian experiences are given. As a result, the most perspective directions of the development of digital services and the spatial environment of "smart" cities are identified.

Keywords: Smart city, spatial environment, urbanization, quality of life, technologies.

В настоящее время глобальные мировые процессы и массовая урбанизация задают тенденции социально-экономического развития, обеспечивая такое качество жизни, которое, в свою очередь, ведёт к ускоренному формированию знаний, высоких технологий и повышению цифровизации всех сфер деятельности общества. Целью работы является получение результатов анализа внедрения технологий «Умного города» для решения проблем современных урбосистем, а также выявление принципов реализации данных подходов в городах Российской Федерации.

В качестве методологической основы были выбраны статистические, графоаналитические, исторические материалы. Были рассмотрены научные труды (Костина Е. А., Ильина И. Н., Коно М.), раскрывающие опыт и перспективы внедрения технологий «Умного города».

В связи с ростом урбанизации города сталкиваются с большим количеством проблем, среди которых особенно выделяются экологическая обстановка, увеличение дорожного трафика, как следствие, нехватка парковочных мест, отсутствие комплексного подхода к организации городских территорий, сложности с утилизацией бытовых отходов. Новая парадигма городского развития в первую очередь направлена на объединение разрозненных элементов в единую систему управления. Выделяются следующие этапы развития концепции «Умного города» [1]:

1. Модель 1.0 была сформулирована в 2008 году и имела техноцентричный подход: в отдельных городах внедрялись интеллектуальные цифровые технологии, системы больших данных и интернета вещей, транспортные интеллектуальные системы, позволяющие

отслеживать парковочные места в реальном времени, системы безопасности и видеонаблюдения, а также «умные дома». Такой подход внедрения технологий «умного города» в существующую среду был распространён преимущественно в Европе и Америке (Амстердам, Вена, Нью-Йорк) в первую очередь благодаря высокотехнологическим компаниям (Cisco, Microsoft, Hitachi, Huawei), продвигающим свои продукты. Другое направление в рамках «первой волны» – это подход, основанный на современных решениях в области энергетики и рациональном потреблении ресурсов, который применялся в основном в Японии (Касивано-ха) и Китае (Тяньзинь) [2]. Отдельно следует упомянуть «умные» города, построенные «с нуля», такие как Сонгдо (Южная Корея), Масдар (ОАЭ), Иннополис (Россия). Их главными особенностями являются ориентированность на пешеходов, большие зелёные зоны, энергоэффективные дома, тысячи датчиков, анализирующих загруженность дорог, потребность в энергии и состоянии коммуникаций. В Иннополисе также внедрены такие инновации, как беспилотные такси и доставка. Основной проблемой подобных городов является их окупаемость и слабая заселённость. Это связано с отсутствием культурных и исторических зданий, музеев, театров, организацией только спортивного досуга [3].

2. Сингапур – один из лидеров по внедрению smart-технологий в юго-восточной Азии, в нём, помимо подходов модели 1.0 реализуются такие инициативы, как: беспилотный городской транспорт, система очистки воды для повторного использования, система оптимизации потребления электричества в домах, мобильные приложения для отслеживания транспорта в реальном времени, «умное» освещение на улицах. Также стоит выделить следующие принципы: создание благоприятной предпринимательской среды, использование «открытых» данных (Open Data), кибербезопасность и конфиденциальность персональных данных [4]. Помимо прочего следует рассмотреть «умную» систему сбора и утилизации мусора в Сеуле (Южная Корея), где каждое домохозяйство платит за количество и тип мусора, который они оставляют в процессе жизнедеятельности. В некоторых зданиях есть электронные мусоропроводы, которые взвешивают отходы.

Частое несовпадение интересов общества и частных компаний привело к переосмыслению концепции «Умного города» и созданию модели 2.0, сфокусированной на качестве жизни, устойчивом развитии города и заботе об окружающей среде. Отдельные страны, в т.ч. Россия и Китай создают государственные программы по внедрению smart-технологий в городах. В 2019 году Международный институт управленческого развития (IMD) разрабатывает Smart City Index, рейтинг «умных» городов, рассчитанный по результатам опросов и на основании фактических данных:

Таблица 1

Smart City Index 2024

Номер	Город	Числ. населения	Страна
1	Цюрих	1 334 269	Швейцария
2	Осло	717 710	Норвегия
3	Канберра	410 301	Австралия
4	Женева	198 899	Швейцария
5	Сингапур	5 866 139	Сингапур
6	Копенгаген	1 391 200	Дания
7	Лозанна	132 626	Швейцария
8	Лондон	10 100 000	Англия
9	Хельсинки	675 747	Финляндия
10	Абу-Даби	3 789 860	ОАЭ

Источник: Обсерватория умных городов Центра мировой конкурентоспособности IMD в сотрудничестве со Всемирной организацией умных устойчивых городов (WeGO).

3. С ростом гражданской активности в управлении городом исследователи выделяют модель 3.0. Удачным примером может служить Барселона, которая успешно внедряет принцип содействия развитию активного взаимодействия между жителями, властями, университетами, частными компаниями, организациями и т.д. На данный момент в городе реализуются системы «умного» освещения, сети электроснабжения, «умного» сбора мусора, дистанционного управления водными ресурсами.

4. Модель 4.0 представлена в виде перехода от «умного общества» к «умной нации» и предполагает распространение «умных» технологий не только на отдельные города, но и на сельскую местность благодаря спутниковой связи и Интернету. А современные технологии в области строительства и получения автономных источников энергии позволяют обеспечить жителям «городской» комфорт.

5. Модель 5.0 фигурирует в некоторых исследованиях под названием «суперумное общество» и предлагает размышление об использовании искусственного интеллекта для управления многими процессами, в том числе связанными с инфраструктурой. Помимо высокоскоростного анализа и обработки больших данных, по мнению учёных, ИИ будет способен прогнозировать события, предотвращать техногенные аварии, управлять беспилотным транспортом.

В России принят и активно реализуется проект «Умный город», представленный в рамках национальной инициативы «Жилье и городская среда», а также программы национального развития «Цифровая экономика». В 2019 году, Минстроем РФ была принята методика оценки хода и эффективности цифровой трансформации городского хозяйства (IQ городов), включающая 10 направлений (44 показателя) ежегодной оценки и мониторинга городов, разделённых на 4 группы по численности населения [5]:

Таблица 2

Рейтинг IQ городов России 2023

№	Крупнейшие		Крупные		Большие		Адм. центры		Направления
	Город	IQ	Город	IQ	Город	IQ	Город	IQ	
1	Москва	120	Тюмень	118,92	Южно-Сахалинск	118,32	Чернушинский гор. округ	116,94	Городское управление
2	Санкт-Петербург	85,52	Владивосток	110,51	Нефтекамск	116,22	Кольцово	115,97	Умное ЖКХ
3	Казань	84,78	Севастополь	106,62	Реутов	114,59	Дубна	115,63	Инновации для городской среды
4	Екатеринбург	82,4	Грозный	89,45	Великий Новгород	114,26	Ивантеевка	114,59	Умный транспорт
5	Пермь	80,81	Калуга	85,77	Артёмовский гор. Округ	111,72	Краснокамский гор. округ	110,58	Система общественной без-ти
6	Нижний Новгород	76,78	Сочи	83,49	Благовещенск	108,99	Кунгурский муницип. округ	108,84	Система экологической без-ти
7	Новосибирск	76,63	Сургут	79,06	Нижнекамск	105,47	Чайковский	108,11	Туризм и сервис
8	Челябинск	61,78	Стерлитамак	78,51	Пермский муницип. округ	103,69	Лысьва	107,86	Система социальных услуг
9	Красноярск	59,91	Кострома	77,73	Электросталь	103,37	Соликамск	106,07	Инвестиционный климат
10	Самара	59,53	Химки	76,84	Альметьевск	102,27	Гатчина	104,42	Инфраструктура сетей связи

Источник: Минстрой РФ.

В России цифровизация касается в основном городского хозяйства. Наибольших успехов в реализации концепции «Умного города» достигла Москва, где реализуются такие инициативы, как: одна из лучших в мире систем бесплатного доступа к Wi-Fi, единая система наземных и подземных электричек, «умное» освещение, «умные» остановки, более 160 тыс. камер видеонаблюдения, «Единая медицинская информационно-аналитическая система» [6]. В Санкт-Петербурге реализуются такие инициативы, как: «Безопасный город», «Умный двор», «Говорящий город», проект цифровизации зелёных массивов, экосистема городских сервисов «Цифровой Петербург», Единая карта петербуржца. В Казани также реализуется проект «умный двор», работает единая городская сеть Wi-Fi и видеонаблюдения, контроль городской среды и экологической обстановки.

Таким образом, цифровизация с одной стороны решает проблему устойчивости среды посредством программируемых экосистем, но одновременно предполагает вызовы техногенного характера, связанные со вступлением в шестой технологический уклад и замену природной среде посредством её искусственной интерпретации [7].

Особое внимание стоит уделить вопросам безопасности внедрения цифровых технологий. Большие объёмы информации имеют риск взлома или утечки, что может повлечь за собой кражу персональных данных граждан. Использование единой базы данных и центра управления также несёт угрозу инженерному обеспечению города при условии выхода центрального оборудования из строя. Однако многих подобных проблем можно избежать, используя распределённые базы данных на основании технологии блокчейна [8].

Учитывая проанализированные данные, можно сделать вывод, что современные определения «умного» города подчёркивают интегральность процессов функционирования городов, уделяя особое внимание развитию транспорта, информационных и коммуникационных технологий, вопросам экологии и энергосбережения. Цифровые технологии при проектировании градостроительных структур и застройки должны учитывать сложившиеся пространственные связи и отличаться адаптивностью, что в целом отражает процесс влияния NBICS-технологий на формирование современных урбосистем [9]. Следует отметить наличие региональной направленности внедрения цифровых технологий на раннем этапе (энергетический уклон Китая и Японии, хозяйственный уклон России), которая уменьшается под влиянием процессов глобализации и развития систем. Главной особенностью внедрения концепции «Умного города» в России является централизованный административный подход. В связи с этим, наибольшим потенциалом для распространения интеллектуальных технологий в России являются города, обладающие финансовыми ресурсами, а также сильным административным потенциалом

Список литературы

1. Костина Е. А. Умный город в решении социально-экономических проблем: возможности и риски цифровой трансформации: автореф... дис. кан. экономических наук. – Новосибирск, 2024. – 163 с.
2. Ильина И. Н., Коно М. Трансформация подходов к развитию «умного города» / И. Н. Ильина, М. Коно; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – Москва: Изд. дом Высшей школы экономики. – 2023. – 248 с. + 24 с. цв. вкл. – Текст: непосредственный.
3. Логиновский О. В., Шестаков А. Л., Голлай А. В. Формирование стратегии развития умных городов субъекта РФ / О. В. Логиновский, А. Л. Шестаков, А. В. Голлай // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2020. – Т. 20, №2. – с. 77–92.
4. Федоненко М. В. Опыт развития «умных» городов в современном мире / М. В. Федоненко // Социально-экономические явления и процессы. – 2019. – Т. 14, № 2 (106). – с. 61–72.

5. Приказ от 24 января 2018 г. №38/пр «О создании рабочей группы по запуску проекта «Умный город» при Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – [«https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/c52/24.01.2018_38_pr_Men_M.A._CHibis_A.V-_1_.pdf»](https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/c52/24.01.2018_38_pr_Men_M.A._CHibis_A.V-_1_.pdf) (дата обращения: 07.05.2024).
6. Замшин П. А., Фалеев С. А., Бобрышева О. В. «Умный город» на примере г. Москвы // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet». – 2020. – № 4 – с. 549–554.
7. Поцешковская И. В., Дмитриев Н. В. Эмерджентные методы создания пространственных систем в структуре современного города // Актуальные проблемы гуманитарного знания в техническом вузе: Сборник научных трудов / Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2021, 419 с. – С. 394–397.
8. Федотова В. В., Емельянов Б. Г., Типнер Л. М. Понятие блокчейн и возможности его использования / European science. – 2018. – № 1 (33) – с. 40–48.
9. Поцешковская И. В. Влияние NBICS-технологий на образ города в новейшей архитектуре. // Актуальные проблемы гуманитарного знания в техническом вузе: Сборник научных трудов / Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2021, 419 с. – С. 394–397.

Научный руководитель: Поцешковская Ирина Витальевна, зав. кафедрой архитектуры, кандидат архитектуры, доцент, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия, Potseshkovskaya_IV@pers.spmi.ru. **Scientific adviser:** Irina V. Potseshkovskaya, Head of the Department of Architecture, Candidate of Architecture, Associate Professor, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia, Potseshkovskaya_IV@pers.spmi.ru.

Динамика территориально-пространственного развития поселков городского типа Байкальского региона

Аннотация. Статья посвящена анализу развития поселков Байкальского региона, включающего три субъекта РФ (Иркутскую область, республику Бурятию, Забайкальский край). Поселок городского типа, часто являлся административным центром района в системе сельского расселения, обеспечивая населению прилегающих территорий социальное и культурно-бытовое обслуживание, среднее профессиональное образование. Добыча и первичная переработка сырьевых ресурсов обеспечивала создание рабочих мест, производств по переработки и занятость населения в производстве, новую функционально-пространственную организацию территории, наличие административной функции и др. позволяло ему занимать промежуточное положение между городом и деревней в структуре регионального расселения. В статье представлена типология и эволюция поселков, начиная с 1920-х, оценка их современного состояния, анализ динамики административно-территориальной организации Восточной Сибири и основные факторы, влияющих на образование и развитие рабочих поселков. Проведена оценка динамики численности населения, выявлена роль поселка в социально-экономическом развитии региона.

Ключевые слова: градостроительство, Восточная Сибирь, территориальное планирование, рабочий поселок, районная планировка.

Anastasia M. Domanina
IRNITU, Irkutsk, Russia, domanina-a@mail.ru

Dynamics of territorial-spatial development of urban-type settlements in the Baikal region

Abstract. The article is devoted to the analysis of the development of settlements in the Baikal region, which includes three subjects of the Russian Federation (Irkutsk Region, the Republic of Buryatia, and the Trans-Baikal Territory). The urban-type settlement was often the administrative center of the district in the rural settlement system, providing the population of the adjacent territories with social and cultural services, secondary vocational education. The extraction and primary processing of raw materials ensured the creation of jobs, processing facilities and employment of the population in production, a new functional and spatial organization of the territory, the presence of an administrative function, etc. it allowed him to occupy an intermediate position between the city and the countryside in the structure of regional settlement. The article presents the typology and evolution of settlements since the 1920s, an assessment of their current state, an analysis of the dynamics of the administrative-territorial organization of Eastern Siberia and the main factors influencing the formation and development of workers' settlements. The population dynamics was assessed, the role of the settlement in the socio-economic development of the region was revealed.

Keywords: urban planning, Eastern Siberia, territorial planning, work settlement, district planning.

В настоящее время существует четкое представление о том, как должны развиваться города и села в нашей стране. Об этом говорит ряд федеральных программ, существующие в Российской Федерации, одними из которых являются: «Формирование комфортной городской среды» и «Комплексное развитие сельских территорий». Термин «поселок городского типа» занимает особую позицию в системе регионального расселения, находясь на границе между понятиями «город» и «село», и обладая чертами как городских, так и сельских территорий. В связи с этим в настоящее время отсутствует ясная и четкая стратегия для развития таких населенных пунктов.

Поселок городского типа – одна из территориальных единиц в Российской Федерации и других странах. В период 19–20 веков поселками считали поселения рыбаков и калмыков, населенные пункты, возникшие при железнодорожных станциях и дачные поселки. Сам термин «поселок» был введен в 1923–1929 годах. Во времена СССР поселки городского типа приобретали определенную типологию в виде рабочих поселков, где не менее 85 % населения являлось рабочими в той отрасли, благодаря которой населенный пункт получил звание «рабочего поселка», также курортные поселки, в которых не менее 50 % – приезжающие на отдых люди. Существовала еще одна категория – поселки сельского типа, где основная занятость населения преобладала главным образом в сельском хозяйстве. В 2003 году поселки городского типа получили статус городского поселения, поселки сельского типа – статус сельского поселения. В начале 21 века поселками городского типа считались: рабочие поселки, курортные и загородные поселки.

На сегодняшний день в Российской Федерации насчитывается около 1287 поселков городского типа, в том числе 206 с населением свыше 10 тысяч человек. Сегодня термины «посёлок городского типа» и «рабочий поселок» часто употребляются как синонимы. В основном они рассматриваются как одно и то же (в бывшей РСФСР и в современной России). Однако их использование имеет свои особенности: «поселок городского типа» – это географический термин, описывающий тип поселения, в то время как «рабочий поселок» (р. п.) – это административно-хозяйственное понятие [1]. При выборе статуса рабочего посёлка учитывались не только численность населения, но и его административный статус, уровень благоустройства и перспективы для дальнейшего развития.

Динамика административного деления Восточной Сибири оказывает значительное влияние на образование и развитие рабочих поселков. Если говорить о роли рабочих поселков в системе расселения Восточной Сибири, то большинство из них становятся опорными пунктами дальнейшего освоения территории и центрами формирования новых экономических районов [2].

На рисунке 1 представлена динамика изменения границ административно-территориальной организации Восточной Сибири и оценка численности поселков по субъектам Байкальского региона. На сегодняшний день доля населения в поселках составляет 7,4 % от общей численности населения Восточной Сибири. Если говорить отдельно про регионы, то преобладающую долю населения в поселках несут Иркутская область (12,3 % от общей численности, общая численность населения в цифрах – 2 330 537 человек, численность населения в поселках – 287 092 человек) и Забайкальский край (14,6 % от общей численности, общая численность населения в поселках – 144 639 человек). В Красноярском крае численность населения в поселках составляет 1,3 % процента от общей численности, общая численность населения в цифрах – 2 846 120 человек, численность в поселках – 35 659. Республика Хакасия: 8 % доля жителей в поселках, 528 175 человек всего проживает в республике, из них 13 870 человек проживает в поселках. В республике Тыва общая численность населения составляет 337 544 человек, где в поселках живет 20 422 человека, что составляет 6 % от общего населения. Республика Бурятия насчитывает 971 922 человека в числе населения, 91 296 человек проживающих в поселках, что является 9,4 % от общего населения.

В качестве объекта исследования выступает сеть поселков городского типа Иркутской области. По статистическим данным [3] в регионе насчитывается 54 поселка городского типа, общей численностью населения 287 092 человек. Проведя анализ состояния статуса поселков на сегодняшний день, можно сказать, что статус рабочего

поселка имеет 41 поселок, 2 поселка являются упраздненными 11 поселков претерпели изменение статуса населенного пункта, став поселками сельского типа. Из общего количества 31 поселок является административным центром района, либо округа. Однако, из них 23 поселка являются поселками городского типа (рабочими поселками) и 8 поселков являются поселками сельского типа. Статус городского поселения у поселков не является обязательным наличием, чтобы становится административным центром одноименного района.

История возникновения рабочих поселков Иркутской области довольно разнообразна. Существенное количество поселков возникло в результате строительства железной дороги, такой как Байкало-Амурская магистраль и Транссибирская железнодорожная магистраль. Некоторые поселки получили свое развитие в следствии развития Московского (Сибирского) тракта. Поселки возникали как станции, постепенно перерождаясь в более крупные опорные пункты. Развитие поселков также связано с определением крупных месторождений полезных ископаемых. В таком случае из рабочих опорных пунктов территории перерастали в более крупные населенные пункты, становясь рабочими поселками с определенной отраслью в промышленности. Многие поселки являются крупными центрами лесной промышленности (рп. Атагай, Нижнеудинский район; п. Балаганск, Балаганский район; рп. Видим, Нижнеилимский район; рп. Звездный, Усть-Кутский район; рп. Качуг, Качугский район; рп. Квиток, Тайшетский район; рп. Куйтун, Куйтунский район; рп. Лесогорск, Чунский район; рп. Магистральный, Казачинско-Ленский район; рп. Чунский, Чунский район; рп. Юрты, Тайшетский район) Есть поселки, где ключевой отраслью является только туризм, за счет ближайшего расположения к озеру Байкал (п. Хужир, Ольхонский район; рп. Листвянка, Иркутский район; п. Большое Голоустное, Иркутский район) [5].

Сегодня в большем количестве ключевые отрасли, за счет которых населенные пункты стали рабочими поселками, поддерживаются и развиваются. Например: рп. Белореченский, Усольский район (Сельскохозяйственный производственный кооператив «Усольский свинокомплекс» и Белореченская птицефабрика); рп. Залари, Заларинский район (Сельское хозяйство, пищевая промышленность); рп. Качуг, Качугский район (Сельское хозяйство); рп. Куйтун, Куйтунский район (Крупный центр сельскохозяйственного и лесоперерабатывающего производства); рп. Тыреть 1-я, Заларинский район (местоположение одного из самых известных солерудников России) [6]. Некоторые поселки пытаются формировать социально-экономическое развитие на основе историко-культурного потенциала территории, включаясь в систему туристической инфраструктуры (рп. Залари, Заларинский район, Иркутской обл) [4]. Поселки, имеющие выгодное местоположение, находящиеся в системе развитой транспортной инфраструктуры (трех-пятичасовой доступности до областного и краевого центров), имеют положительную динамику численности населения, развитые социально-экономические и культурные связи. Самые удаленные поселки (более 600 км) становятся центрами притяжения сельских жителей прилегающих территорий и нуждаются в развитии социальной и культурно-бытовой инфраструктуры, независимо от их численности, с целью формирования опорной сети поселений.

В связи с вышеизложенным актуальным становится оценка состояния функционально-планировочной организации ПГТ, территориального ресурса для развития ПГТ, его роли и места в системе расселения, а также стратегии социально-экономического и модели территориально-пространственного развития.

Список литературы

1. Шахеров В. П., Формирование городских поселений Байкальской Сибири в контексте особенностей сибирской урбанизации / Серия «История» 2011. № 1 (1). С. 35–49.
2. Чучалов А. С., Алексеев А. И. «Новые» сельские населенные пункты – бывшие поселки городского типа // Известия Российской Академии Наук. Серия Географическая. 2019. № 6. Р. 18–34.
3. Города и поселки городского типа Байкало-Амурской магистрали: динамика населения и практики реорганизации в конце 1980-х – 2010-е гг [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67934581> (дата обращения: 17.11.2024).
4. Денисенко, Е. М., Пуляевская Е. В. Оценка перспективы развития слабоурбанизированных территорий Заларинского муниципального образования Иркутской области / Е. М. Денисенко, Е. В. Пуляевская // Устойчивое развитие территорий: Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции, Москва, 30–31 мая 2022 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2022. – С. 107–112. – EDN IBGXOP.
5. Саландаева, О. И., Пуляевская Е. В. Инерционность и динамичность территориально-пространственной организации Слюдянского района Иркутской области / О. И. Саландаева, Е. В. Пуляевская // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. – 2024. – № 1(68). – С. 36–37. – EDN QBVVNT.
6. Дорель-Ферре Г. Рабочие поселки и города-заводы в XX веке: эволюция замыслов и воплощение в мировой практике // Архитектон: Известия Вузов. 2023. № 3 (83).

Научный руководитель: Пуляевская Евгения Владимировна, кандидат архитектуры, заведующий кафедрой, ИРНИТУ, Иркутск, Россия.

Особенности интеграции промышленной архитектуры в городскую среду

Аннотация. Выявление проблем интеграции промышленной архитектуры в сложившуюся городскую среду. Проанализировав существующие примеры промышленных предприятий, были выявлены следующие проблемы: соразмерность архитектуры и человека, отсутствие зеленых насаждений, отсутствие визуальной привлекательности фасадных решений.

В России на сегодняшний день наблюдается острая необходимость в строительстве новых промышленных объектов, а также в реконструкции и ремонте существующих предприятий. Промышленное строительство активно развивается, и сейчас назрел вопрос в необходимости адаптации промышленных объектов к новым требованиям современного мира – комфорта для человека.

Ключевые слова: промышленная архитектура, реконструкция, соразмерность архитектуры и человека, озеленение, визуальная привлекательность, благоустройство территории.

Vasilina A. Miriugina
*Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
St. Petersburg, Russia, Vmiriugina@gmail.com*

Features of integrating industrial architecture into the urban environment

Abstract. Identifying issues in the integration of industrial architecture into urban environment. An analysis of existing industrial factories and plants revealed several issues: the proportionality of architecture to human scale, the lack of green spaces, and the poverty of facade designs.

In Russia today, there is a pressing need for the construction of new industrial facilities as well as the reconstruction and renovation of existing complexes. While industrial construction has been actively developing, the need to adapt industrial facilities to the new demands of the modern world—primarily focused on human comfort—has become evident.

Keywords: industrial architecture, reconstruction, proportionality of architecture and man, landscaping, visual attractiveness, landscaping.

В работе рассматриваются существующие на сегодняшний день проблемы формирования благоприятной для человека среды промышленных предприятий.

Актуальность исследования связана со стремительным развитием промышленности в России. Наблюдается острая необходимость, как в строительстве новых объектов, так и в реконструкции и ремонте существующих предприятий. Промышленность влияет на развитие экономики, обеспечивает новыми рабочими местами и повышает уровень жизни населения.

Цель исследования: выявление проблем интеграции промышленной архитектуры в сложившуюся городскую среду на примере отдельных промышленных объектов.

Методы исследования: сравнительный визуальный анализ промышленных предприятий с выявлением негативных и позитивных черт во внешнем облике и в формировании среды.

Исторический обзор развития промышленного строительства позволяет понять его эволюцию и важность в процессе прогресса человечества. С начала промышленной революции в XVIII веке строительство фабрик и заводов стало основным фактором экономического роста, определяющим развитие экономики России. Все это время промышленное строительство активно развивалось, и сейчас назрел вопрос в необходимости реконструкции индустриальных объектов и бывших промышленных территорий. [1]

Принято считать, что промышленные предприятия необходимо выносить на периферию. По мере роста городов промышленность из прибрежных зон должна быть вынесена за черту города [2], чтобы обеспечить людям свободный доступ к общественным пространствам.

Проанализировав существующие примеры промышленных предприятий, можно сделать вывод, что на сегодняшний день существует несколько факторов, которые не позволяют объектам промышленной архитектуры быть комфортными для людей.

Самый важный фактор – соразмерность архитектуры и человека. Заводы, как правило, имеют значительную площадь застройки и высоту, а их корпуса, в силу технологий, располагаются достаточно близко друг к другу. В результате люди не чувствуют пространства вокруг себя, так как высота корпусов намного больше, чем расстояние между ними, все это, в совокупности может подавлять человека.

Второй фактор – это отсутствие зеленых насаждений. Для комфортного существования людям необходима зеленая среда. Промышленные объекты строят с соблюдением стандартов экологических требований, но, как правило, на их территории не проводится полномасштабное озеленение.

Третий фактор – визуальная привлекательность. Облицовочными материалами корпусов завода обычно выступают сэндвич-панели. Это самый удобный материал в строительстве, за счет доступной цены и простоты использования. Но он достаточно невыразителен и слишком обезличен. Дополняет внешний облик большое количество труб и конструктивных элементов.

Таким образом среда промышленных предприятий XIX–XX веков в ряде случаев является агрессивной по отношению к человеку и требует проектных решений для создания комфортных условий пребывания на рабочем месте. Совокупность перечисленных факторов является причиной отсутствия комфортной среды.

Однако, на сегодняшний день существуют и положительные примеры интеграции промышленной архитектуры в городскую среду.

Один из них «Сибур Холдинг» – нефтехимическая компания, российский лидер по производству полимеров и каучуков [3]. Одна из производственных площадок предприятия находится в г. Тобольске, Тюменская область. Проанализировав внешний облик промышленной площадки, мы выделили несколько положительных особенностей:

Во-первых, это соразмерность архитектуры и человека. В фасадных решениях используется большое количество горизонтальных линий, что визуально уравнивает высоту к ширине. Корпуса не кажутся такими большими, а за счет выбора белого, как основного цвета фасада, здания выглядят легче. Такими образом корпуса становятся более соразмерными человеку.

Во-вторых, озеленение территории у административных корпусов. Интересное ландшафтное решение, которое помогает более грамотно обыграть интеграцию промышленности в окружающую среду, за счет перехода от административной зоны в промышленную.

В-третьих, решена проблема с визуальной привлекательностью. Выбор фирменного цвета помогает в визуальном восприятии, придает предприятию индивидуальность. Бирюзовый цвет достаточно спокойный, сочетающийся с природной средой, отлично вписывается в окружающий ландшафт. Также в оформлении фасадов были применены графические изображения, такие как, химические формулы, отсылающие к деятельности самого предприятия, портрет Менделеева – великого химика, уроженца Тобольска, рисунки животных, птиц, рыб и растений, обитателей флоры и фауны Тюменской области.

Эти решения помогают улучшить визуальный образ предприятия, повышают комфортность для персонала и снижают визуальный контраст между промышленной архитектурой и гражданской.

В качестве второго примера можно привести «Цифровую подстанцию «Медведевская» в иннограде Сколково [4] (авторы проекта архитекторы В. Соколов и М. Андреев, проектная мастерская «Завод Архитектуры»). Первая в России цифровая электрическая подстанция.

Обычно на таких объектах акцентируется внимание на функциональность, но в данном случае был сделан акцент на архитектурный образ и инновационные решения. Использование композитных глянцевых черных панелей со скрытым крепежом придало зданию современный вид, а система перфорированных металлических панелей не только создала интересный архитектурный облик, но и скрыла на фасадах непривлекательные элементы инженерного оборудования.

Такой подход к дизайну позволил улучшить внешний вид и повысить энергоэффективность и функциональность объекта. Здание гармонично вписалось в архитектурную среду инновационного центра Сколково.

Примером удачной реновации является трубопрокатный цех №2 Волжского трубного завода, расположенный в городе Волжский, Волгоградской области [5]. (Авторский коллектив: Т. Осецкая, А. Салов, М. Николаев, Т. Юдина, У. Осипова, К. Монисова (Айдарова), архитектурное бюро Osetskaya.Salov).

Это пример архитектурного переосмысления промышленного объекта. Основной акцент сделан на визуальную привлекательность, современный дизайн.

Архитекторы нашли решения по оформлению фасада, вдохновляясь образами продукции предприятия. Для фасадов длиной чуть менее километра бюро Osetskaya.Salov использовало зеркальные алюминиевые панели и суперграфику, трубы, ставшие частью стильных входных групп и яркие акцентные элементы красного цвета.

Акцентным в этом случае был выбран яркий красный цвет. В отличие от «Сибура», цвет был введен локально, и по этой причине он не кажется вызывающим и не диссонирует с общим обликом здания.

Такая комфортная среда для сотрудников играет важную роль в повышении производительности, общего психологического состояния людей, культуры производства в целом.

Еще один удачный пример – реконструкция завода «Ростсельмаш», производителя сельскохозяйственной техники [6]. Производство располагается в Ростове-на-Дону и занимает большую территорию в промышленной зоне города.

Над проектом работало бюро ASADOV (Авторский коллектив: А. Р. Асадов, А. А. Асадов, Н. А. Асадов, В. Шкуро, А. Копылов, С. Соболев, А. Шершнева). В проекте была сделана отсылка к советской архитектуре 1920-х и 1960-х годов и это находит отражение в визуальной привлекательности архитектурного образа.

Протяженные белоснежные фасады прерываются ленточным остеклением и красными акцентами. На фасаде яркие полосы из сэндвич-панелей, обозначающие зону погрузки и выгрузки. Фасады административного корпуса и склада оформлены красной лентой карниза, проходящей по всей длине здания. Особую привлекательность фасадному решению добавляет скульптурное оформление главного входа барельефом.

Также данный пример ярко показывает значимость благоустройства территории в восприятии архитектурного образа. Промышленное предприятие, имеющее продуманное озеленение прилегающей территории, не выглядит агрессивным и чужеродным, лучше вписывается в городскую среду. Визуальный комфорт создается не только для людей, работающих на предприятии, но и для людей, которые не взаимодействуют с ним напрямую. Проблема перехода от промышленной зоны к территориям общего пользования была решена именно за счет грамотного благоустройства и озеленения территории.

Реконструкция фасадов здания заводоуправления ПАО «Северсталь» – сталелитейной и горнодобывающей компании, (Вологодская область) [7]. (автор проекта В. Соколов, проектная мастерская «Завод Архитектуры»)

При реализации проекта были использованы композитные панели стального цвета с добавлением фирменных цветовых акцентов. Выступающие ламели придали динамичность и характер объекту. Это прекрасный пример того, как современный дизайн может вдохнуть новую жизнь в устаревшие здания, что в свою очередь повысит их визуальную привлекательность.

Исходя из вышесказанного, мы можем сделать вывод, что уходить от образа промышленной архитектуры в городской среде не имеет смысла. Она сама по себе достаточно красива и органична, нужно только научиться привносить акценты. Введение фирменного цвета позволит придать выразительность архитектуре, введение новых строительных материалов, например, зеркальных панелей, визуально расширит пространство. Не стоит забывать и о возможностях зеленого строительства, озеленение территорий предприятий поможет улучшить визуальное восприятие и создать для сотрудников комфортную среду. Промышленная архитектура сохранит свой индустриальный образ, но при этом и комфорту человека будет уделяться должное внимание.

Список литературы

1. I. V. Potseshkovskaya and A.N. Soroka Revitalization of urban industrial areas based on sustainable development principles// Topical Issues of Rational Use of Natural Resources 2021. E3S Web Conf. Vol. 266. – С. 08012. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/42/e3sconf_ti2021_08012/e3sconf_ti2021_08012.html.
2. Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, статья (Трансформация функционального назначения прибрежных зон в городах и поселениях республики Карелия: исторический контекст и перспективные направления. Авторы Андреев М. В., Стефанская У. А. стр. 193 [сайт]. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_68449008_91360299.pdf.
3. ПАО «СИБУР Холдинг»: [сайт]. Москва, 2005. URL: <https://www.sibur.ru/> (дата обращения: 16.10.2024).
4. ЗАВОД Архитектуры: [сайт]. СПб, 2020. URL: <https://www.ar-zavod.ru/%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%8F-%D1%87%D0%B41-%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE-1> (дата обращения: 16.10.2024).
5. ООО «Архи.ру»: [сайт]. URL: <https://archi.ru/russia/99577/volzhszkaya-truba> (дата обращения: 16.10.2024).
6. ООО «Архи.ру»: [сайт]. URL: <https://archi.ru/russia/98855/v-dukhe-rosta> (дата обращения: 16.10.2024).
7. ЗАВОД Архитектуры: [сайт]. СПб, 2022. URL: <https://www.ar-zavod.ru/%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%8F-%D0%BF%D0%B7-%D0%B0%D1%8D%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%BA%D0%B8> (дата обращения: 16.10.2024)

Научный руководитель: *Андреев Максим Владимирович*, доцент кафедры архитектуры, член САР, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия.

Плиева Елена Анатольевна
*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия, eplieva@list.ru*

Архитектура центров отдыха и туризма в Республике Южная Осетия. Актуальность темы исследования

Аннотация. Статья рассматривает вопросы актуальности формирования туристических объектов в Республике Южная Осетия (РЮО). Рассмотрены социальные предпосылки формирования системы туристических центров, а именно: политический статус государства, стратегическая важность развития туризма как источника несырьевого дохода республики, влияние туризма на социально-демографические вопросы. Проведен анализ исторических областей РЮО с точки зрения выявления специфики их туристического потенциала. Рассмотрены и проанализированы текущее состояние туристической инфраструктуры и специфика туризма в Южной Осетии в советское время. На основании приведенного анализа предложено формирование центров отдыха и туризма, совмещающих как досуг местного населения, так и обеспечивающих запросам международного туризма. Сформулированы основные факторы влияния туризма в решении актуальных проблем РЮО.

Ключевые слова: туризм, центры отдыха и туризма, туристический потенциал.

Elena A. Plieva
*Saint Petersburg state university of architecture and civil engineering,
St. Petersburg, Russia, eplieva@list.ru*

Architecture of recreation and tourism centers in the Republic of South Ossetia. Relevance of the research topic

Abstract. the article deals with the issues of relevance of the formation of tourist facilities in the Republic of South Ossetia (RSO). The social prerequisites for the formation of a system of tourist centers are considered, such as: the political status of the state, the strategic importance of tourism development as a source of non- resource income of the republic, the impact of tourism on socio-demographic issues. An analysis of the historical regions of the RSO is carried out from the point of view of identifying the specifics of their touristic potential. The current state of the tourist infrastructure and the specifics of tourism in South Ossetia in Soviet times are considered and analyzed. Based on the analysis, the formation of recreation and tourism centers is proposed, combining both leisure of the local population and providing for the needs of international tourism. The main factors of the influence of tourism in solving the current problems of the RSO are formulated.

Keywords: tourism, recreation and tourism centers, touristic potential.

Республика Южная Осетия (РЮО) – небольшое государство на южных склонах Кавказского хребта. Республика граничит с Северной Осетией (субъектом РФ) на севере и Грузией с востока, запада и юга. Политический статус республики – частично признанное государство.

Это небольшая горная республика, площадь территории которой составляет порядка 3,9 тыс. кв.км. Более 90 % территории республики расположено на высоте более 1000 м над уровнем моря.

У республики нет авиа- и железнодорожного сообщения с соседними государствами. На сегодняшний день единственный способ попасть в РЮО – Транскавказская автомагистраль, связывающая Южную Осетию с Россией (КПП с Грузией работают в режиме ограниченной пропускной способности).

В РЮО 4 административно-территориальных района и 2 города, в том числе столица – город Цхинвал.

Население республики согласно 56 520 человек, около 95 % населения оставляют этнические осетины. Для республики характерна высокая степень урбанизации – более 50 % населения республики проживает непосредственно в столице, городе Цхинвал, что обусловлено рядом факторов:

- исторические миграционные процессы (переселение из высокогорных районов на предгорные и равнинные);
- выселение грузинского населения с территорий, до 2008 г. контролируемых Грузией (грузинские анклавы);
- разрушения жилого сектора и инфраструктуры в селениях в приграничных с Грузией зонах в 1989-2008 гг.;
- разрушения инфраструктуры в ходе джава-рачинского землетрясения 1991 г.

Помимо внутренней миграции из малых сел в районные центры и города, в последние несколько лет усилился и общий отток населения из республики.

Исторически Южная Осетия – сельскохозяйственная республика. Однако на сегодняшний день республика все еще не может полностью обеспечивать себя сельхоз. продукцией. Развитию аграрного сектора экономики в значительной степени препятствует отток сельского населения.

На сегодняшний день для республики характерен низкий уровень экономического развития, что во многом обосновано событиями 1989-2008 гг., а также ее текущим политическим статусом. Тем не менее Южная Осетия республика обладает значительным потенциалом в сферах сельского хозяйства, горнодобывающей промышленности, а также туризма, развитие которых определены программой стратегического развития Республики, как «базиса социально-экономического развития». Развитие сырьевых отраслей экономики затруднительно без привлечения значительного количества внешних инвестиций, которым препятствует текущий политический статус государства. В то время как развитие туризма, как источника несырьевого дохода, может в значительной мере стимулировать не только создания более комфортной среды проживания для местного населения, но и повысить инвестиционную привлекательность республики.

Не смотря на габариты РЮО обладает значительным туристическим потенциалом, который составляют природные аттракции (живописные пейзажи 10 горных ущелий, полноводные горные реки, горные озера), историко-культурные памятники (фортификационные и замковые сооружения, памятники культовой архитектуры, объекты археологии) и минеральные источники (более 300 источников, в том числе источники с установленными целебными свойствами). Все это в совокупности с благоприятным климатом создает возможность развития на территории РЮО таких видов туризма, как:

- Рекреационный туризм;
- Спортивный туризм;
- Паломнический туризм;
- Археологический туризм;
- Культурно-оздоровительный туризм.

С учетом особенностей рельефа РЮО, а также исторически сложившейся системы расселения специфику туристического потенциала республики следует рассматривать в граница исторических областей, а не административно-территориальных единиц. На территории РЮО 5 из 12 выделяемых этнографами исторических областей Осетии:

- Урс-Туалта;
- Кударгом;
- Дзаугом;
- Среднее течение р. Б. Лиакхва;
- Корнисская область;
- Чысангом.

Каждая из областей с учетом особенностей рельефа и историко-культурного контекста обладает определенной спецификой, которая может найти отражение и в направлениях туризма, развиваемых здесь.

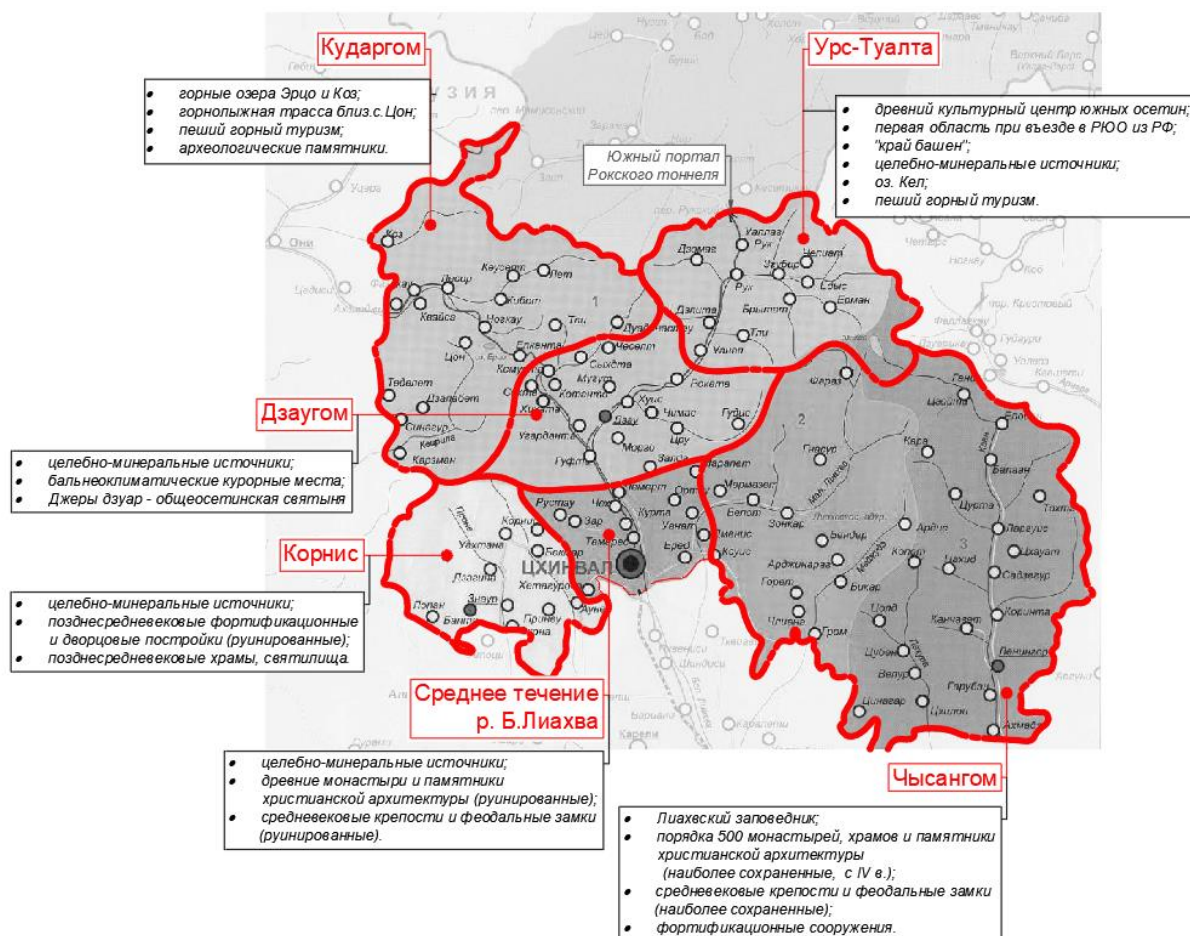


Рис. 1. Специфика туристической деятельности с учетом исторических областей РЮО

В вопросах развития туризма в РЮО социальная значимость создание системы туристической инфраструктуры для местного населения является не менее важным вопросом экономической необходимости привлечения международных туристов. Недостатки развития досугово-развлекательной инфраструктуры местного населения «компенсирует» для себя поездками на природу, к святым местам, историко-культурным памятникам. Учитывая размеры республики, и плотность размещения туристических аттракций внутренний туризм носит бытовой характер. Среди основных направлений внутреннего туризма сегодня в РЮО можно выделить:

- Посещение почитаемых святынь (важная часть культуры и быта осетин с учетом национальных традиций и обычаев);
- Культурно-познавательные поездки к памятникам архитектуры (высокий уровень национального самосознания и интереса к истории региона и этнографии, во многом обусловленные продолжительным грузино-осетинским противостоянием 1989–2008 гг.);
- Пеший горный туризм (в республике с 1972 г. действует на базе Юго-Осетинского государственного университета студенческий клуб «Аполлон», ежегодно организующий для всех заинтересованных походы и восхождения к горным вершинам);
- Рекреационные поездки (выезд на природу на пикник).

Въездной туризм для РЮО выражен в значительной мере туристами из РФ. Порядка 80 % въездных туристов – люди, приехавшие в соседнюю Северную Осетию, где в рамках тура предусмотрено одно- двухдневное посещение РЮО. Такое краткосрочное пребывание в республике не реализует экономический потенциал международного туризма для РЮО.

О возможности успешной реализации туристического потенциала РЮО свидетельствует развитие туризма в регионе в советское время. Тогда основным видом туризма был санаторно-курортный. (С 1937 года тут санаторий «Дзау» союзного значения).

Сегодня говорить о туризме как о инфраструктуре в республике рано. Как для внутреннего, так и для въездного туризма основной аттракцией остается природный и историко-культурный контекст. Однако комфортабельных мест размещения туристов вне Цхинвала, к сожалению, оборудовано мало. Все действующие сегодня объекты размещения туристов (вне Цхинвала) – инициативы местных предпринимателей, развитие которых ограничено, однако, в значительной степени инфраструктурными проблемами, а места размещения во многом обусловлены эмоциональным выбором предпринимателя (близ своего родового села, на базе своего дома в горном селе и пр.)

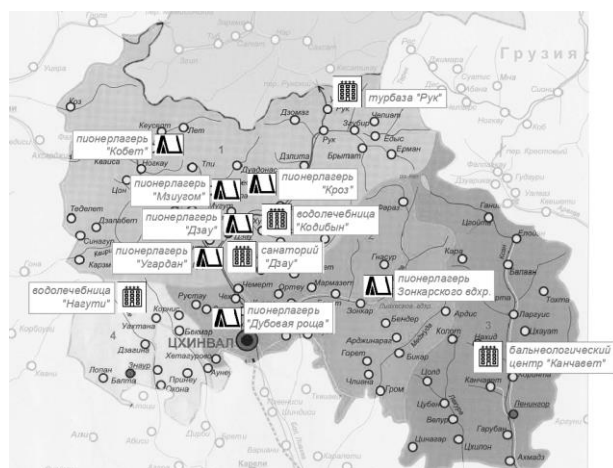


Рис. 2. Схема размещения объектов туристической инфраструктуры советского периода

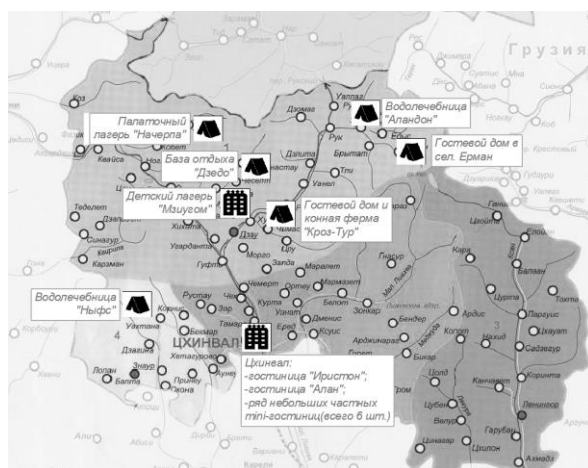


Рис. 3. Схема размещения современных объектов туристической инфраструктуры

С учетом малоземельности РЮО, а также наличия промышленного и сельскохозяйственного потенциала, наряду с туристическим, важным вопросом является размещение и функциональный состав объектов туристической инфраструктуры. В рамках поиска ответа на данные вопросы предполагается размещение центров отдыха и туризма (ЦОиТ) как архитектурный объект (комплекс объектов), обеспечивающих своим функциональным составом и объемно-планировочным решением потребности как местного населения в отдыхе и досуге, так и международных туристов в вопросах комфортабельного размещения близ туристических аттракций.

На основании всего приведенного выше анализа социальных аспектов формирования центров отдыха и туризма в РЮО, а также специфики развития туризма в Южной Осетии в советское время и в настоящее время можно сформулировать следующие

аспекты влияния туристической инфраструктуры при ее институционализации в решении актуальных для республики вопросов:

Актуальные проблемы Южной Осетии	Участие объектов туристической инфраструктуры в их решении
Политический статус частично признанного государства	Развитие и институционализация туризма как один из путей включения РЮО в систему мировых взаимоотношений
Низкий уровень экономического развития	Туризм – как источник несырьевого дохода для государства, может стать первым шагом на пути к экономическому развитию и росту инвестиционной привлекательности
Разрозненность инициатив в сфере туризма	Формирование системы ЦОиТ – как способ институционализации частных и государственных инициатив в сфере туризма для более эффективной работы
Отток населения из республики	Создание дополнительных рабочих мест
Неравномерность расселения. Высокая степень урбанизации	Стимул к решению инфраструктурных вопросов в сельской местности
Сохранение историко-культурного наследия	Привлечение внимания к вопросам сохранения историко-культурного наследия
Южная Осетия – часть разделенного народа	Развитие туризма как один из путей интеграции севера и юга Алании

Список литературы

1. Закон «О стратегии социально-экономического развития Республики Южная Осетия до 2030 года». г. Цхинвал. 2013 г. – № 105 – С. 98–106.
2. Государственная программа социально-экономического развития Республики Южная Осетия на 2022-2025 годы. г. Цхинвал, 2021.
3. Ушаков С. В. Промышленный потенциал Республики Южная Осетия – Государство Алания//Инновационная наука. 2019 г. –№9. – С. 54–63.
4. Сланов А. А. Исторические области Южной Осетии/А.А. Сланов; Институт истории и археологии РСО-Алания. – Владикавказ: ИПИ им. В.А. Гассиева, 2017. – 223С.
5. Дзугаев К. Г., Мокин К. С. Южная Осетия: ирредентизм и идентичность // Вестник Поволжского института управления. 2021. – № 6. – С. 30–37.
6. Чибиров Л. А. Проблемы единства и национального самосознания осетин//Вестник Владикавказского научного центра. 2008 г. – том 8, №4. – С. 2–10.
7. Дусенко С. В. Социология туризма: социально-культурный аспект //Сервис plus. 2011 г. – № 4. – С. 18–26.

Научный руководитель: Перов Федор Викторович, кандидат архитектуры, доцент кафедры Архитектурного проектирования, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия.

Пуляевский Павел Евгеньевич
аспирант, Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Иркутск, Россия, ppulyaevskiy@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7614-3989>

Развитие системы градостроительных доминант в контексте формирования буферной зоны исторического центра г. Иркутска

Аннотация. Представлена каркасная и объемно-пространственная модель градостроительного развития крупного города. Определен вектор преемственного развития городского ландшафта и интеграции современных градостроительных объектов с ценной исторической застройкой. Определены границы буферной зоны исторического ядра города. Предложена система градостроительных доминант, обеспечивающих визуально-пространственную коммуникацию и выразительный панорамный силуэт современного города.

Ключевые слова: градостроительные доминанты, территориальное планирование, градостроительство, сохранение исторического центра города.

Pavel E. Pulyaevsky
graduate student, Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russia, ppulyaevskiy@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7614-3989>

Development of the urban planning dominants system belonging to the buffer zone of the historical center of Irkutsk

Abstract. An urban planning skeleton and volumetric-spatial model of urban development for a large city has been presented. The vector of sustainable development of the urban landscape and the integration of modern urban structures with valuable historical buildings have been defined. The territorial boundaries of the buffer zone of the historical core of the city have been established. A system of urban dominants has been proposed to ensure visual-spatial communication and an expressive panoramic silhouette of the modern city.

Key words: urban planning dominants, territorial planning, urban development, preservation of the historical center of the city.

Актуальность исследования связана с восстановлением системы визуальной связности элементов городской среды, и потребностью в формировании выразительной панорамы города с целью повышения привлекательности и устойчивости развития территорий в контексте «Комфортного города» (LivableCity) [1]. «Учет визуального восприятия памятников при развитии исторического города играет определяющую роль в формировании его композиции и является основой сохранения историко-градостроительной среды, сложившейся на протяжении многих веков» [2]. Городская среда представляет собой объект, который непрерывно развивается и изменяется во времени и пространстве. Развитие городской среды ее «изменение» подразумевает сохранение опорных, относительно неизменяемых элементов, которые обеспечивают непрерывность развития в целом. Трансформация территорий, изменение функционального назначения градостроительных объектов в процессе социально-экономического развития, без регламентации и регулирования градостроительной деятельности, часто приводит к разрушению архитектурно-градостроительных ансамблей или полной утрате ценной градостроительной среды.

Методы исследования включали визуально-ландшафтный, градостроительный и морфологический анализ территории и застройки, прилегающей к исторической части города, а также оценку сложившейся транспортной инфраструктуры и развития системы транспортно-пересадочных узлов. Для анализа и визуализации городской среды использованы технологии GIS и 3D-моделирования.

Теоретическая база по данному направлению представлена работами по теории городской визуализации [3], гармонии и эстетике городской среды [4], теории устойчивого развития, включающие визуальную связность и панорамы городских ландшафтов [3, 5]; теории окружающей среды и психологии восприятия города, в том числе вопросы когнитивной урбанистики [6, 7]; исследования исторических контекстов, культурные и социальные аспекты [8], влияющие на формирование панорамы; принципов организации буферных исторических центров [9]

Результатом исследования стали, выявленные силуэтные характеристики застройки исторического центра г. Иркутска, которые отражают преемственность в развитии города на протяжении двух столетий, начиная с середины XVIII века, что обеспечивалось методами высотного регулирования застройки. При этом существующая деградация архитектурно-пространственной среды, как показал ретроспективный анализ, связана с утратой исторических градостроительных доминант и развитием современной точечной или сплошной застройкой. Далее работа опиралась на основные положения в формировании градостроительной композиции крупного города в структуре которого выделяется «историческое ядро», «средняя зона со смешанной застройкой XIX–XXI вв.» и «периферийная зона» [10].

Определение границ буферной зоны исторического центра города определялось с одной стороны частично сохранившимися коридорами и бассейнами видимости на исторические панорамы, с другой стороны границами планируемой транспортной инфраструктуры, формирующей новые панорамы и визуальные коридоры. И составила около 6 000 га (17 % от территории города) (рис. 1).

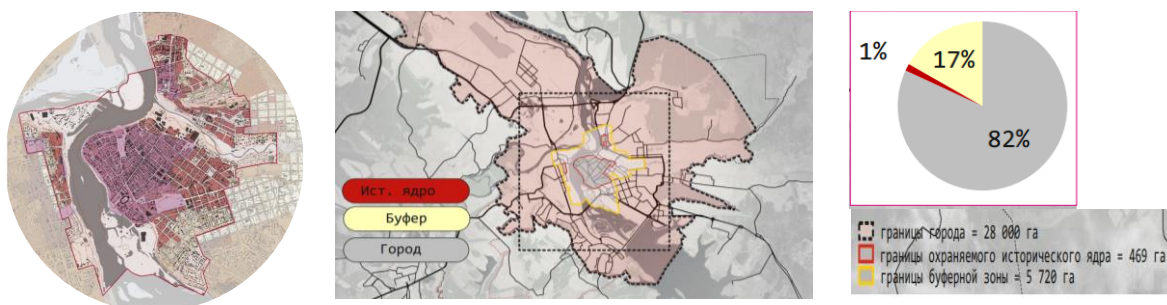


Рис. 1. Планируемые границы буферной зоны исторического центра

Визуально-ландшафтный анализ заключался в выявлении точек панорамного раскрытия, оценки визуального восприятия основных композиционных узлов в структуре исторического центра (рис. 2).

Роль высотных объектов в городском ландшафте. Высотное строительство города обусловлено востребованностью земель и желание сохранить компактность и короткие транспортные и социально-экономические связи. Однако, «небоскребы» не всегда экономически оправданы и не всегда способствуют увеличению городской плотности и жизнестойкости. В Иркутске современная жилая застройка достигает уже высоты порядка 53–56 метров (17–18 этажей), тем самым перекрывая исторические доминанты города, нарушая габариты и ритм сложившейся застройки, а также перекрывая и нивелируя силуэт и видовые панорамы (рис. 3).

При этом высотные объекты в виде локальных акцентов и градостроительных доминант могут усиливать силуэт, подчеркивать индивидуальность и активность городского пространства, повышать пространственный синтаксис и качество городского ландшафта или наоборот привести к монотонности, визуальной деградации и депрессивности городских процессов. В целом, теоретические исследования показывают, что высотные объекты могут как обогащать, так и ухудшать городской ландшафт, и их влияние зависит от множества факторов, включая контекст, проектирование и интеграцию в существующую городскую структуру [4].

В связи с этим требуется разработка выверенной модели системы градостроительных доминант с учетом ландшафтных особенностей территории, планируемых транспортных коридоров-проспектов, упорядочивания функциональных зон, а также поляризации жилого и общественного пространства.

Проектные решения предлагают формирование городского силуэта на основе развития и оптимизации транспортной инфраструктуры и системы градостроительных доминант в границах предлагаемой «буферной зоны» исторического центра города. Организация планируемой «буферной зоны», с регулированием в ее границах застройки, обеспечит визуальную связность и преемственность в формировании градостроительных ландшафтов, повысит пространственную ориентацию и выразительность панорамного восприятия города. Объекты градостроительной деятельности должны включать общественно-деловую функцию, городские общественные пространства и транспортно-пересадочные интермодальные узлы, задача которых обеспечить связность районов и «разгрузить» от внешнего транспорта центральную части города. Система визуальной связности градостроительных доминант должна обеспечиваться функционально-планировочными решениями и регламентами на уровне разработки документов территориального планирования и градостроительного зонирования с учетом ландшафтных характеристик территорий.

Предлагаемые решения направлены на организацию связности и интеграции прилегающих территорий советского периода и современной застройки, а также включения их в систему визуальных связей, на основе общих принципов организации городского силуэта. Для сохранения ценной существуют застройки с разнообразными типами силуэтных раскрытий, предлагается высотное ограничение в границах «буферной зоны» с учетом существующей сложившейся застройки советского периода.



Рис. 2. Организация радиально-кольцевых магистралей и системы доминант. Авторская схема (проект)



Рис. 3. Ландшафтно-композиционный анализ. Поиск видовых раскрытий. Авторская схема

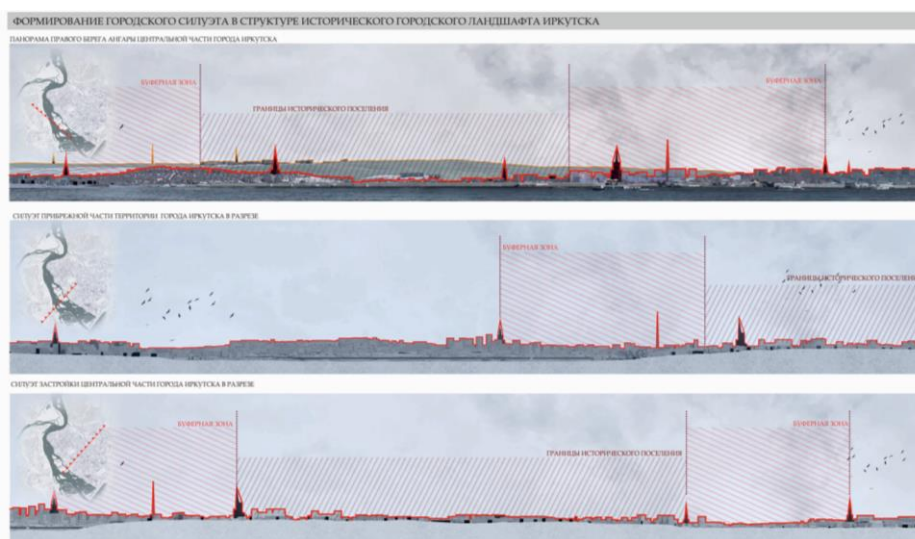


Рис. 4. Силуэт городского ландшафта г. Иркутска. Авторская схема (проект)

Работа выполнялась на кафедре архитектуры и градостроительства ФГБОУ ВО ИРНИТУ в рамках магистерского исследования по направлению «Градостроительство» по программе Проектирование градостроительных ландшафтов». Результаты работы были апробированы и внедрены в учебный процесс для дисциплины «Градостроительное проектирование» (2 уровень) проект «Реконструкция квартала», отмечены дипломами 1 степени на региональном конкурсе Зодчество Сибири (Красноярск, 2024) и МООСАО (г. Екатеринбург).

Автор выражает благодарность и признательность научному консультанту заслуженному архитектору РФ Стегайло В.Б., за помощь в разработке проекта-концепции развития градостроительных доминант г. Иркутска.

Список литературы

1. Михайлов А. Ю., Копылова Т. А. Классификационные характеристики интермодальных узлов городского пассажирского транспорта на примере г. Вены // Известия Вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2015. № 1 (12). С. 137–145.
2. Прохорская Е. Г., Благовидова (Бабурин) Н. Г. Проблемы сохранения визуального восприятия объектов культурного наследия в исторических городах Московской области // Academia. Архитектура и строительство. 2021. № 4. Р. 59–69.
3. Назарова А. Ю. Теоретические аспекты изучения и сохранения силуэта исторического города // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. № 3 (21). С. 77–85.
4. Линч, Кевин. Образ города / К. Линч ; перевод с англ. В. Л. Глазычева. – Москва : Стройиздат, 1982. – 328 с. : ил. : 22 см.. 1982.
5. Пуляевская, Е. В. Мониторинг трансформации архитектурно-градостроительной организации и панорамного восприятия исторической части г. Иркутска / Е. В. Пуляевская // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2021. – Т. 11, № 4(39). – С. 730–739.
6. Крашенинников А. В. Когнитивная урбанистика: архетипы и прототипы городской среды: монография. М.: КУРС, 2020 – 208 с.
7. Крашенинников, А. В. Социальная интеграция в моделях городской среды. Архитектура и современные информационные технологии 2018, №. 4 (45), 329–338.
8. Прокудин, А. Н. Историческая среда города в концепциях архитектурного формообразования XX в. : диссертация ... кандидата исторических наук : 24.00.01. – Улан-Удэ, 2005. – 162 с. : ил..
9. Агишева С. Т. Особенности архитектурного формирования буферных зон объектов всемирного культурного наследия, под влиянием обуславливающих и определяющих факторов. Известия КГАСУ, 2018. № 3(45) С. 16–25.
10. Большаков А. Г. Происхождение градостроительной формы крупного сибирского города Иркутска // Градостроительство И Архитектура. 2024. № 1 (54) (14). С. 79–92.

Научный руководитель: Пуляевская Евгения Владимировна, кандидат архитектуры, доцент, зав. кафедрой архитектуры и градостроительства, ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет, pulya.arch@bk.ru.

Пяттоева Арина Сергеевна
*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный
университет (СПбГАСУ), Санкт-Петербург, Россия,
rina.pyattoeva@yandex.ru*

Отличительные типологические характеристики городов исторических приграничных территорий Северо-Западного Федерального округа Российской Федерации

Аннотация. Территория Северо-Западного федерального округа Российской Федерации обладает длительной историей, а линия границы на протяжении многих лет видоизменялась, что оказывало воздействие на ситуацию в приграничье.

Исторические события оказали сильное влияние на градостроительное развитие городов, которое сохранилось до наших дней в виде историко-культурного наследия.

Историческое наследие Северо-Западного федерального округа заключается в особенностях развития городов и поселений, формировавшихся на протяжении последних 700 лет и заложивших особые черты городов «истинного приграничья».

Ключевые слова: агломерация, Северо-Западный Федеральный округ, приграничные территории, Ленинградская область, приграничное градостроительное развитие.

Arina S. Pyattoeva
*Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia, rina.pyattoeva@yandex.ru*

Distinctive typological characteristics of cities in the historical borderlands of the Northwestern Federal District of the Russian Federation

Abstract. The territory of the Northwestern Federal District of the Russian Federation has a long history, with its border line undergoing numerous changes over the years, which influenced the situation in the borderlands.

Historical events have had a significant impact on the urban development of cities, traces of which have been preserved to this day as historical and cultural heritage.

The historical heritage of the Northwestern Federal District lies in the unique features of the development of cities and settlements, shaped over the past 700 years, which have established the distinctive characteristics of cities in the "true borderlands".

Keywords: agglomeration, Northwestern Federal District, border territories, Leningrad Region, border urban development.

Северо-Западный Федеральный округ – это федеральный округ Российской Федерации, которые объединил 11 субъектов, а именно: Архангельскую, Вологодскую, Калининградскую, Ленинградскую, Мурманскую, Ненецкий автономный округ, Новгородскую, Псковскую, Республику Карелию, Республику Коми, а также город федерального значения – Санкт-Петербург [1]. Следует отметить, что внешне государственная граница, проходящая по Северо-Западному Федеральному округу (далее – СЗФО), не всегда имела структуру и форму, которую мы видим сегодня, актуальная граница менялась на протяжении последних 700 лет и ранее была абсолютно иной.

Обращаясь к историческим изменениям, изучая трансформацию линии границы и приграничных территории, через временные исторические этапы, можно наглядно сопоставить преобразование данных территории. Сравнение исторических этапов развития территории позволяет провести первичный ретроспективный анализ.

Проведенный ретроспективный анализ, позволил выявить значительный пласт исторических событий и их влияние на поселения и города, а также их развитие и формирование под давлением изменчивости. Из исторического пласта региона были выделены следующие

значимые даты: 1323 год [2], 1497 год, 1595 год, 1658 год, 1721 год, 1809 год, а также период с 1942 по 1945 год. Были изучены архивные карты и описания изменений государственной границы в данные периоды. Основываясь на архивных картах, а также картах военных действий Великой Отечественной войны, была сформирована новая карта-схема, отображающая все границы за вышеперечисленные периоды и выделены территории, на которые оказывалось влияние приграничной территории. На основе данной карты-схемы, была выявлена и очерчена фактическая истинная историческая приграничная территория.

Исходя из сформировавшейся карт-схемы исторического приграничного пространства были изучены территории, являющиеся истинно приграничным ареалом на которые оказывалось влияние трансгрессивного ¹ изменения территории. Именно на данном истинно приграничном ареале были выделены города, которые оказывались в непосредственной близости от границы и были под воздействием приграничного периода, а именно: Ивангород, Выборг, Сестрорецк, Кингисепп, Рускеала, Борисоглебск, Печоры, Изборск.

Из выше приведенной информации, можно выделить факт того, что города с историей в более 700 лет, формировались и получали свое развитие под воздействием как нескольких культур, так и под воздействием военных действий, что несомненно нашло свое отражение в градостроительной структуре и архитектуре, став определенным культурно-историческим достоянием, на сегодняшний день. Градостроительное наследие городов в истинно приграничной зоне заключается в особенной модели формирования городов и их структуре. Как было выявлено в результате анализа приграничные города обладают общими чертами, а именно:

- строгими границами города;
- четко выделенными и выраженными агломерациями, не характерными для иных малых городов и городов с населением менее 50000 человек, в континентальной части Российской Федерации [3];
- стабильным малым уровнем населения, который согласно современной классификации размера города основанного на численности населения, не определяет города приграничной территории, даже в категорию малых городов.

Эти отличительные характеристики позволили обоснованно сформировать особую типологию приграничных городов. Исходя из этого был сформирован первый типологический аспект – количество населения приграничного города. Так приграничные города подразделяются, согласно уровню населения на:

- большие приграничные города (50000-30000 чел.);
- средние приграничные города (15000-30000 чел.);
- малые приграничные города (5000-15000 чел.);
- поселения приграничной территории (менее 5000 чел.).

Дополнительные типологические виды для дальнейшего анализа городов истинно приграничной территории, следует выделять на базе ландшафтных характеристик территории, хозяйственных профилей городов, функциональным особенностям городских структур и их связям с сетью агломерации.

Однако, по итогам первого проведенного анализа и типологизации приграничных городов, можно сделать выводы о градостроительно-планировочной структуре городов и особенностях расселения. Так были выделены не только общие черты объединяющие данные приграничные города, но и был выделен феномен агломерирования приграничных городов и его формула. Феномен агломерирования столь малых городов, в приграничной зоне обусловлен историей, а если быть корректнее, то исторический сложившийся границами города, который всегда ограничивался защитными сооружениями и этапами переселений жителей в результате военных действий и культурных инвазий при переходе земли к иному государству [5, 6]. Помимо этого, феномен агломерирования

¹ Трансгрессия – термин фиксирующий феномен перехода непроходимой границы, прежде всего – границы между возможным и невозможным [4].

приграничных городов, выражен в том, что города в истинно приграничной зоне, формировавшиеся на протяжении множества столетий и обладавшие четко сформированным главным городом – ядром, обрастали незначительной сетью городов и поселков в радиусе 30 – 35 км., от основного исторического города.

Предварительным выводом можно обозначить особую важность, которой обладают приграничные территории СЗФО и отметить малую изученность данной приграничной территории. Также выделяется особо важный пункт – это перспективное использование потенциала архитектурно-градостроительного наследия, заложенного исторически в данном регионе.

Ключевым выводом проведенного ретроспективного анализа стало понимание сути приграничных городов, оказывающихся на протяжении множества лет под влиянием приграничной трансгрессии. Причины их формирования, которые определены были иными условиями. В связи с чем города обретали свои отличительные градостроительные характеристики, которые выделяют их среди прочих городов и поселений континентальной части Российской Федерации. Процесс агломерирования городов в приграничной зоне отличается тем, что города внутри агломерации автономны, а взаимодействие носит жестко фиксированный характер, который принято назвать «маятниковой миграцией», именно она формирует непрерывное взаимодействие между городами. Такой вид взаимодействия сохраняет в городах стабильный уровень населения, при этом города в агломерации не прирастают к историческому городу – ядру.

Помимо этого, был сделан итоговый вывод, что дальнейшее исследование городов в истинно приграничной территории Северо-Западного Федерального округа перспективен для изучения типологических особенностей приграничных городов, и определения их модели взаимодействия как особой градостроительной структуры.

Список литературы

1. Города России. Взгляд географа / Лаппо Г. М. – М. : Новый хронограф, 2012. – 504 с. – ISBN 978-5-94881-151-2.
2. Бутков П. Г. Три древние договора руссов с норвежцами и шведами / [Соч.] П. Буткова. – Санкт-Петербург : тип. М-ва вн. дел, [1837]. – 39 с.
3. Лимонов, Л. Э. Диспаритет «больших» и «малых» городов России: сравнительный анализ показателей экономического развития и данных социальных обследований / Л. Э. Лимонов, М. В. Несена // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2019. – № 4(44). – С. 163–188. – DOI 10.31737/2221-2264-2019-44-4-6. – EDN LUJZTT.
4. Каштанова, С. М. Трансгрессия как социально-философское понятие : специальность 09.00.11. «социальная философия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Каштанова Софья Михайловна. – Санкт-Петербург, 2016. – 203 с.
5. Пяттеева, А. С. Стратегии пространственного развития трансграничных территорий Российской Федерации на примере существующих подходов стран-членов Европейского Союза / А. С. Пяттеева // Актуальные проблемы недропользования : тезисы докладов участников XIX Международного форума-конкурса студентов и молодых ученых, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, 21–27 мая 2023 года / Санкт-Петербургский горный университет. Том 2. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2023. – С. 269–271. – EDN KXJBUE.
6. Пяттеева, А. С. Территориально-градостроительная организация трансграничных территорий Европейского Союза и Швейцарии / А. С. Пяттеева, С. И. Лутченко // Экономика строительства. – 2024. – № 1. – С. 126–131. – EDN NDХОВО.
7. Городские агломерации в современной России: проблемы и перспективы развития / Пузанов А. С., канд. геогр. наук (научная редакция), Попов Р. А., канд. геогр. наук, Полиди Т. Д., канд. экон. наук, Гершович А. Я. – Москва: Фонд «Институт экономики города», 2023, 192 с.
8. Зубаревич Н. В., Сафронов С.Г. (2013). Неравенство социально-экономического развития регионов и городов России 2000-х годов: рост или снижение? // Общественные науки и современность. № 6. С. 15–26.
9. Коломак Е. А. (2015). Ресурс урбанизации в России // Пространственная экономика. № 4. С. 59–74.

Научный руководитель: *Песляк Оксана Александровна*, кандидат архитектуры, доцент кафедры градостроительства Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ), Санкт-Петербург, Россия.

Технопарки с функцией мусоропереработки в городской среде

Аннотация. После подписания Указа Президента Российской Федерации от 14.01.2019 № 8 «О формировании комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами», появилась необходимость в изменении подходов к способам утилизации мусора и появлении новых объектов его переработки в стране. В рамках исследования изучены существующие в России и в мире технопарки по работе с ТБО. Целью исследования является поиск оптимальных архитектурно-градостроительных решений промышленных объектов мусоропереработки в России. Одной из задач работы является решение вопроса социального неприятия объектов обращения с ТБО. Негативная оценка населения существующих предприятий переработки подтверждает необходимость изменения и гуманизации их архитектуры для размещения в городской среде и эффективной работы. Результатами исследования являются выявление архитектурно-градостроительных принципов проектирования технопарков по работе с ТБО. Даны рекомендации для размещения в Санкт-Петербурге.

Ключевые слова: технопарк по работе с ТБО, архитектура, мусоропереработка городская среда, экология, Санкт-Петербург.

Arina D. Safronova
*Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia, arinasddd@gmail.com*

Technology parks for waste management in urban environments

Abstract. After the signing of the Decree of the President of the Russian Federation from 14.01.2019 "On the formation of an integrated system for solid municipal waste management", there was a need to change approaches to the methods of waste disposal and the appearance of new facilities for its recycling in the country. Within the study, existing in Russia and in the world of technoparks on working with TBO are studied. The aim of the study is to find optimal architectural and urban construction solutions for industrial waste processing facilities in Russia. One of the tasks of the work is to solve the issue of social rejection of objects handling TBO. The negative evaluation of the population of existing recycling enterprises confirms the need to change and humanize their architecture for urban accommodation and efficient work. The results of the study are to identify architectural and urban planning principles of the design of technoparks on work with TBO. Given recommendations for accommodation in Saint Petersburg.

Keywords: technology park on working with waste, architecture, waste processing urban environment, ecology, Saint Petersburg.

Вопросы экологических катастроф, озоновых дыр, углеродных следов, глобального потепления – все это является связанными между собой процессами резко ухудшающейся экологической обстановки, в связи с жизнедеятельностью населения и увеличивающимся процентом производимых твердых бытовых отходов. Работа над исследованиями в области изучения организации и специфики формообразования объектов по работе с ТБО ведется на кафедре Архитектурного проектирования СПбГАСУ с 2020 года.

Технопарки по работе с ТБО являются одними из наиболее эффективных объектов по борьбе с отходами в мире. Данные предприятия успешно работают в различных

странах и имеют две возможные конфигурации технологического процесса переработки: вертикальный и горизонтальный. В мировом опыте более 8 лет создаются горизонтальные технопарки по работе с ТБО, вертикальные являются новой типологией и находятся на стадии проектных разработок [1]. Реализованные объекты объединяются в системы комплексного обращения с отходами и размещаются в границах городской среды [2, 3].

В России на данный момент существует несколько разновидностей объектов по борьбе с ТБО: мусоросортировочные станции (МСС), мусороперерабатывающие комплексы (МПК), а также эко-технопарки [4]. Единой структуры в создании системы таких объектов нет. Комплексы носят самостоятельный характер, являются монофункциональными и размещены на периферии.

На основе сопоставления мирового опыта и отечественного становится необходимым выявить понятие «технопарк» для современной России.

Согласно общепринятому пониманию данных объектов, технопарк – это, в первую очередь, многофункциональный объект, работа которого нацелена на комплексное решение заданной проблемы.

Исходя из поставленной задачи по решению проблемы переработки отходов, а также анализу мирового опыта проектирования технопарков, было выявлено, что современный технопарк России должен иметь как минимум три основных функции для полноценных решений проблем в области переработки.

Таким образом, «технопарк» – это объект состоящих из нескольких блоков направленных на создание комплексной системы решения поставленной проблемы, с привлечением дополнительных инвестиций и инноваций. Технопарк с функцией переработки отходов должен включать:

- блок научно-исследовательский, для поиска новейших решений в области переработки и защиты экологии;
- блок общественный для гуманизации и социализации образа объекта по переработке отходов;
- блок переработки ТБО, нацеленный на непосредственную борьбу с ежегодно растущим количеством бытового мусора.

В рамках гранта при финансовой поддержке СПбГАСУ 2024 на проведение научно-исследовательской работы «Функционально-планировочная организация вертикальных технопарков с включением комплексов мусоропереработки», были изучены проекты из мирового опыта по созданию вертикальных технопарков, выявлены взаимосвязи между технологической схемой блока переработки и формообразованием объекта [5]. Также были изучены модели формообразования горизонтальных технопарков на примере анализа отечественного опыта организации объектов переработки. По результатам анализа выявлено: объекты имеют «изолированное» размещение, длинные транспортные и логистические связи с объектами хранения отходов в городе. На всех предприятиях преимущественно применяется технология горизонтального конвейерного типа, с ручной загрузкой конвейера. Данная технология диктует линейную горизонтальную протяженность объектов, с конструктивной схемой железобетонного или стального каркаса, этажностью 1-2 этажа и единой высотой объемов, для которых требуется выделять крупные по площади участки для застройки. Более того, объекты по утилизации ТБО в России, в частности так называемые технопарки, монофункциональны, что противоречит значению понятия «технопарк» хбъ.

Установлено, что архитектурно-градостроительные решения, а также формообразование технопарков напрямую зависит от выбранной технологической схемы, а также от особенностей окружающего контекста [6]. (рисунок 1).

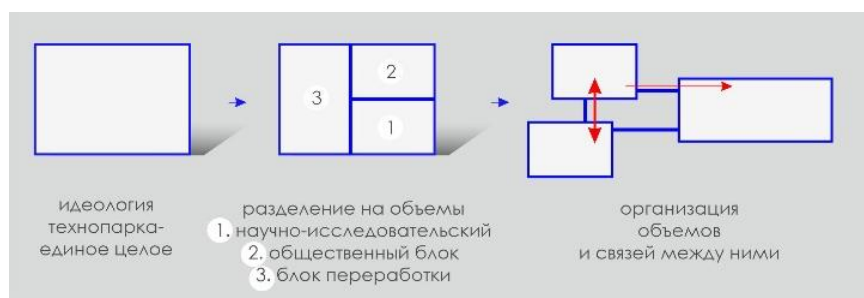


Рис. 1. Формообразования горизонтальных технопарков

Предлагается организовывать технопарки с горизонтальной схемой переработки отходов на больших по площади участках проектирования, на территориях со сложными градостроительными особенностями, в том числе с особенностями рельефа, в городской структуре преобразовывая архитектуру серого пояса.

Функционально планировочная организация представляет собой следующую схему (рисунок 2).

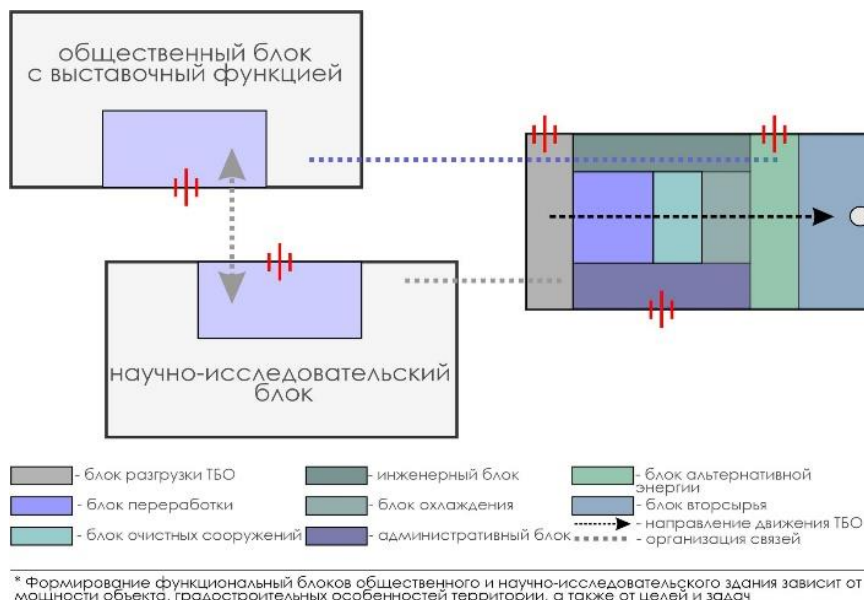


Рис. 2. Функционально-планировочная схема горизонтального технопарка

Данная типология была применена в рамках разработки курсового проекта на кафедре архитектурного-проектирования в СПбГАСУ [7].

Вертикальная типология технопарков была изучена в рамках научно-исследовательского гранта при финансовой поддержке Санкт-Петербургского архитектурно-строительного университета в 2024 года (рисунок 3).

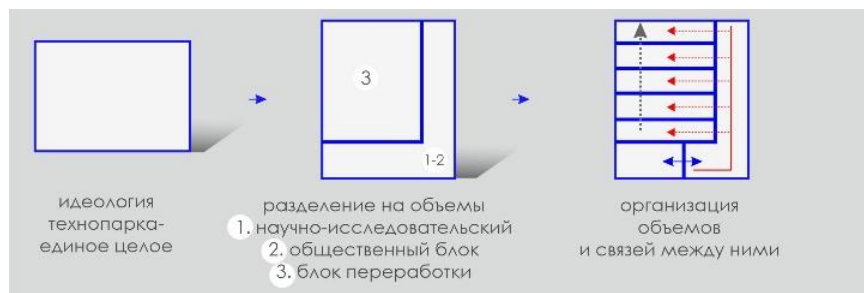


Рис. 3. Формообразование вертикальных технопарков

Данный вид технопарков предлагается создавать в плотной городской застройке, на малых по площади участках, с соблюдением нормативно-правовых регламентов застройки в выбранной местности. Вертикальные технопарки должны иметь уникальные архитектурные образы с выраженной доминантой [8].

На рисунке 4 представлена функционально планировочная схема организация объектов.

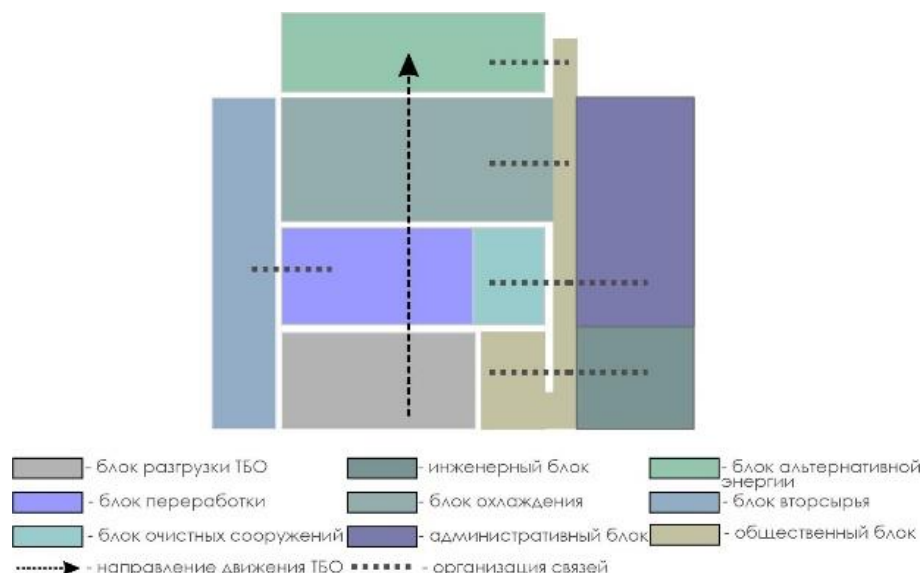


Рис. 4. Поэтажная функционально планировочная схема вертикальных технопарков

Согласно материалам исследования, сформулированы следующие архитектурно-градостроительные принципы организации технопарков в России:

- градостроительные:
 - объекты с гибкой системой проектирования, могут существовать в различных градостроительных условиях;
 - исходя из градостроительного окружение возможен выбор между двумя типологиями (горизонтальной и вертикальной);
 - технопарк объект, который позволяет подстроится под любые размеры участка проектирования за счет выбора технологии переработки и изменения мощности комплекса (тыс. тон в год);
 - объекты позволяют подстроится под градостроительную и ландшафтную среду за счет изменения динамики взаимодействия блоков, а также поиска разнообразных архитектурно-художественных приемов.
- инженерно-технологические:
 - технология переработки делится на три типа (анаэробная, термохимическая и термическая), зависит от необходимой мощности объекта и экологического состояния района проектирования [9];
 - любую технологию переработки возможно интегрировать в обе выявленные типологии технопарков.
- архитектурно-планировочные:
 - объекты должны иметь необходимый для технопарков набор блоков (научно-исследовательский, общественный и блок переработки);
 - необходимо организовывать линейные связи между функциональными блоками для продуктивной работы технопарка;

- необходимо соблюдать процентное соотношение между площадями блоков исходя из основной функции переработки технопарка (20 % общественный блок, 30 % научно-исследовательский блок и 50 % блок переработки).
- г) архитектурные (визуальные составляющие)
 - соответствие образа объекта окружающей застройки и ландшафтными характеристикам;
 - выявление уникального образа каждого объекта, необходимо отойти от типовых решений;
 - оформление доминанты образа- технологической трубы.

На основе общих выводов были выявлены рекомендации по проектированию технопарков с включением функции переработки ТБО в Санкт-Петербурге. Ранее Комитетом по градостроительству и архитектуре были утверждены ряд участков для организации объектов переработки различной мощности и типологии. Город имеет уникальную воздушную линию, поэтому создание вертикальных технопарков с акцентными доминантами затруднительно в его градостроительной и архитектурной структуре [10]. Поэтому согласно высотным нормативам в Санкт-Петербурге необходимо размещать горизонтальные технопарки, а также мусороперерабатывающие комплексы с анаэробной технологической системой. Таким образом, исходя из опубликованных Комитетом материалов, два крупных по площади участка проектирования: КП «Новоселки» в п. Лешово; КП «Волхонка», Волхонское ш., 24-25, соответствуют заданным параметрам под организацию горизонтальных технопарков.

Для организации технопарков по работе с ТБО для Санкт-Петербурга на градостроительном уровне требуется:

- близость объекта к развитой транспортной инфраструктуре;
- организация объекта в городской среде;
- крупная величина участка проектирования, не менее 3 га;
- взаимодействие объекта с ландшафтными особенностями, а также архитектурными особенностями окружающей среды;

На архитектурно-планировочном уровне требуется:

- организация общественного блока на базе технопарка для создание общественно-производственной направленности предприятия;
- организация взаимосвязей между блоками технопарка;

Составляющие архитектурного образа:

- экологичность материалов, применяемых в образе технопарка;
- формирование образа в единенной стилистической форме с окружением.

Список литературы

1. Шамаева Т. В. Устойчивое развитие архитектурного облика промышленных объектов на примере зарубежного опыта // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2022. № 12. С. 46–61. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-12-46-61.
2. Рыжих Ю. С. Проблема утилизации бытовых отходов // Устойчивое развитие науки и образования. 2019. № 10. С. 125–128.
3. Вавилова Т. Я., Коваленков И. О. Актуальные направления архитектурного проектирования объектов обращения с отходами // Вестник СПбГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. № 1(22). С. 91–96.
4. Супранович В. М., Сафронова А. Д. Тенденции формообразования мусороперерабатывающих объектов. Основные направления и их влияние на архитектуру МПО // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2023. № 3. С. 97–110. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-3-97-110.
5. Сафронова, А. Д., Супранович В. М. Влияние основных элементов технологического модуля на формообразование вертикального технопарка по переработке ТБО // Техническая эстетика и дизайн-исследования. – 2024. – Т. 6, № 3. – С. 76–83.

6. Супранович В. М., Сафронова А. Д. Особенности функционально-планировочной организации вертикальных технопарков // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2024. № 12.
7. Супранович, В. М., Сафронова А. Д. Выявление основных принципов формирования технопарка по работе с ТБО на новых территориях Санкт-Петербурга // Техническая эстетика и дизайн-исследования. – 2024. – Т. 6, № 2. – С. 137–143.
8. Wu J., Nie X., Wang H., Li W., Eco-industrial parks and green technological progress: evidence from chinese cities // Technological forecasting and social change. 2023. Т. 189. Pp. 122360. DOI: 10.1016/j.techfore.2023.122360.
9. Алешкина Я., Калугина О. В. Роль архитектурного дизайна в достижении целей устойчивого развития // Инновации и инвестиции. 2024. № 5. С. 554–559.
10. Shen, L., Liu Ya., Ge H., Layout Optimization of Construction Waste Recycling Facilities for Development of New Urban Areas from Centralized and Decentralized Processing Collaboration Perspective // KSCE Journal of Civil Engineering. 2023. Т. 27, № 8, С. 3204–3218. DOI 10.1007/s12205-023-1955-2.

Научный руководитель: Супранович Валерия Михайловна, кн. арх., доцент кафедры Архитектурного проектирования, Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия.

А 437 **Актуальные проблемы недропользования. Тезисы докладов. В 2 томах. Том 2 / Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II. СПб, 2025. 328 с. (XX Всероссийская конференция-конкурс студентов выпускного курса и аспирантов, 2–6 декабря 2024 г.)**

ISBN 978-5-00253-007-6

ISBN 978-5-00253-009-0 (Том 2)

УДК 00 (622+55+665.6/7+620.9+621+669)

ББК 2 (65.304.11+33.36+31+34.3)

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

**XX ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ-КОНКУРС
СТУДЕНТОВ ВЫПУСКНОГО КУРСА И АСПИРАНТОВ**

2–6 декабря 2024 г.

Тезисы докладов

Том 2

Тезисы докладов публикуются в авторской редакции

Сборник включен в базу данных РИНЦ
Научной электронной библиотеки elibrary.ru

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.02

Подписано к печати 06.06.2025. Формат 60×84/8. Уч.-изд.л. 34.
Тираж 70 экз. Заказ 307.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

КОМПАНИИ-ПАРТНЕРЫ УНИВЕРСИТЕТА
PARTNER COMPANIES OF THE UNIVERSITY

Public Joint Stock Company
«PhosAgro»



ПАО «ФосАгро»

Group of companies BP



Группа компаний ВР

Public Joint Stock Company
«GAZPROM»



ПАО «ГАЗПРОМ»

Public Joint Stock Company
«ROSNEFT»



ПАО «РОСНЕФТЬ»

Public Joint Stock Company
«NOVATEK»



ПАО «НОВАТЭК»

Public Joint Stock Company
«Gazpromneft»



ПАО «Газпром нефть»

CJSC Group of companies «Titan»



ЗАО «Группа компаний «Титан»

Public Joint Stock Company
«Surgutneftegas»



ПАО «Сургутнефтегаз»

SC «Russian copper company»



ЗАО «Русская медная компания»



ГОРНЫЙ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМПЕРАТРИЦЫ ЕКАТЕРИНЫ II

Россия, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, д. 2
Организационный комитет
Тел. 8-812-328-84-96

WWW.VKK.SPMI.RU

