



Санкт-Петербургский
государственный
архитектурно-строительный
университет



АРХИТЕКТУРА. СТРОИТЕЛЬСТВО. ТРАНСПОРТ. ЭКОНОМИКА

*Материалы
LXXVIII Международной
научно-практической
конференции*

21–22 ноября 2024 года

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

Российская академия архитектуры и строительных наук

Российская инженерная академия

АРХИТЕКТУРА. СТРОИТЕЛЬСТВО. ТРАНСПОРТ. ЭКОНОМИКА

Материалы LXXVIII Международной
научно-практической конференции

21–22 ноября 2024 года

Санкт-Петербург
2025

УДК [72+69+656+33]:005.745(08)
А 878

Рецензенты:

д-р техн. наук, доцент, завкафедрой «Архитектура зданий и сооружений» *Корниенко С. В.*
(Волгоградский государственный технический университет);

д-р архит., профессор, завкафедрой архитектурного проектирования *Большаков А. Г.*
(Иркутский национальный исследовательский технический университет)

Архитектура. Строительство. Транспорт. Экономика : Материалы LXXVIII Международной научно-практической конференции [21–22 ноября 2024 года] / под. ред. Е. В. Королева [и др.] ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – СПб. : СПбГАСУ, 2025. – 284 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1463-1

Представлены статьи участников LXXVIII Международной научно-практической конференции «Архитектура. Строительство. Транспорт. Экономика», которая состоялась в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете 21–22 ноября 2024 года. Соорганизаторами конференции выступили Российская академия архитектуры и строительных наук и Российская инженерная академия. Информационными партнерами конференции стали: Консорциум «Кодекс», научно-технический и производственный журнал «Промышленное и гражданское строительство», научно-технический журнал «Жилищное строительство».

Сборник состоит из четырех разделов: «Архитектура», «Строительство», «Транспорт», «Экономика». Статьи участников конференции посвящены вопросам: архитектуры, градостроительства, безопасности труда, инженерных систем и информационных технологий в строительстве, автомобильно-дорожного комплекса и интеллектуальных транспортных систем, цифровой трансформации социально-экономических систем в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве.

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, проректор по научной деятельности, профессор *Королев Е. В.* (председатель);

д-р экон. наук, завкафедрой экономики строительства и ЖКХ, профессор *Асаул В. В.*;

канд. техн. наук, доцент кафедры организации строительства, доцент *Бахтинова Ч. О.*;

д-р экон. наук, завкафедрой правоведения, доцент *Бородушко И. В.*;

д-р архит., профессор-консультант кафедры градостроительства, профессор *Вайтенс А. Г.*;

д-р техн. наук, профессор кафедры наземных транспортно-технологических машин,

профессор *Евтюков С. А.*;

канд. архит., доцент кафедры истории и теории архитектуры *Иголкин Н. В.*;

канд. техн. наук, доцент кафедры водопользования и экологии, доцент *Кудрявцев А. В.*;

д-р техн. наук, профессор кафедры геотехники, профессор *Мангушев Р. А.*;

канд. техн. наук, декан строительного факультета,

завкафедрой техносферной безопасности, доцент *Никулин А. Н.*;

канд. архит., доцент кафедры архитектурного проектирования, доцент *Перов Ф. В.*;

д-р экон. наук, завкафедрой менеджмента в строительстве, профессор *Плетнева Н. Г.*;

д-р техн. наук, профессор-консультант кафедры технологии строительных материалов

и метрологии, профессор *Пухаренко Ю. В.*;

д-р техн. наук, профессор кафедры технологии информационного

и математического моделирования, доцент *Семенов А. А.*;

д-р техн. наук, профессор кафедры теплогоснабжения и вентиляции, профессор *Уляшева В. М.*;

д-р техн. наук, завкафедрой металлических

и деревянных конструкций, профессор *Черных А. Г.*;

д-р техн. наук, профессор кафедры технологии строительного производства, профессор *Юдина А. Ф.*

ISBN 978-5-9227-1463-1

© Авторы статей, 2025

© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, 2025

Раздел 1. АРХИТЕКТУРА

АРХИТЕКТУРА

УДК 728

Светлана Борисовна Аксенова,
аспирант
(Тюменский индустриальный университет)
E-mail: asb-001@mail.ru

Svetlana Borisovna Aksenova,
graduate student
(Tyumen Industrial University)
E-mail: asb-001@mail.ru

ВКЛЮЧЕНИЕ ОБЩЕСТВЕННОЙ ФУНКЦИИ В ЖИЛУЮ ЗАСТРОЙКУ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГАРМОНИЧНОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

THE INCLUSION OF A PUBLIC FUNCTION IN RESIDENTIAL BUILDINGS TO CREATE A HARMONIOUS HUMAN ENVIRONMENT

В статье выдвигается предположение, что одним из принципов организации гармоничной жилой среды может стать включение в ее структуру объектов или помещений общественного назначения и создание жилой застройки смешанного назначения. Приводится теоретическое обоснование данной гипотезы. Выделяются два подхода включения общественной функции в жилую застройку, основанные на горизонтальном и вертикальном ее развитии. Раскрываются основные принципы данных подходов. Анализируется опыт отечественного и зарубежного проектирования и строительства подобных объектов, с выделением «открытого» и «закрытого» типа общественной функции, и обозначением их роли в организации современной городской среды, как единой непрерывной структуры.

Ключевые слова: смешанное использование территорий, застройка смешанного назначения, Mixed-use development, Mixed-use building, многофункциональные здания и комплексы, многофункциональная городская среда, архитектура смешанного назначения, жилая архитектура.

Abstract in English: The article suggests that one of the principles of organizing a harmonious living environment may be the inclusion of public facilities or premises in its structure and the creation of mixed-use residential buildings. The theoretical substantiation of this hypothesis is given. There are two approaches to the inclusion of a public function in residential development, based on its horizontal and vertical development. The basic principles of these approaches are revealed. The article analyzes the experience of domestic and foreign design and construction of such facilities, highlighting the “open” and “closed” types of public functions, and designating their role in the organization of the modern urban environment as a single continuous structure.

Keywords: Mixed-use development, Mixed-use building, multifunctional buildings and complexes, multifunctional urban environment, mixed-use architecture, residential architecture.

На сегодняшний день вопрос гармонизации жилой среды на фоне все возрастающего процесса урбанизации становится одним из самых актуальных. Особенно это относится к многоэтажной микрорайонной застройке постсоветского периода, для которой характерно низкое разнообразие типов домов, укрупненные размеры жилых кварталов, низкий уровень обеспеченности объектами торгово-бытового обслуживания, отсутствие

культурно-досуговых объектов в пешеходной доступности, удаленность от мест приложения труда. А общая тенденция увеличения этажности жилых домов приводит к потере сомасштабности человеку архитектуры и городского пространства в целом. В противоположность этому типу застройки выступает городская среда, расположенная, как правило, в исторической части городов России, с ее плотностью, человеческим масштабом и функциональным разнообразием.

О ценности исторической части западных городов, с их неповторимым укладом жизни, и важности функционального разнообразия для гармоничного развития городской среды писала Джейн Джейкобс в своей книге «Смерть и жизнь больших американских городов» [1]. Об отказе от жесткого функционального зонирования городов в пользу многофункциональной застройки впервые высказался в своей книге «Эволюция градостроительства», российский исследователь, архитектор-градостроитель, Алексей Гутнов. Он также приводит в пример исторические центры городов, объясняя их уникальность пространственной концентрацией городских функций. «Именно многофункциональность делает центр универсальным для всех и обеспечивает необходимую свободу выбора для каждого [2, стр. 48]». Можно предположить, что одним из принципов формирования гармоничной среды обитания человека является функциональное разнообразие, которого можно достигнуть и в жилой застройке за счет включения в нее объектов общественного назначения.

Цель исследования – *определение роли общественной функции в формировании современной жилой и городской среды в целом.*

Для этого необходимо: обозначить основные принципы и приемы развития общественной функции в жилой застройке; проанализировать современный отечественный и зарубежный опыт проектирования и строительства жилых зданий и комплексов с включением общественной функции.

Принципы и подходы развития общественной функции в жилой застройке

В основе создания многофункциональной городской среды может лежать принцип смешанного использования территорий (Mixed-use development), предполагающий совмещение различных функций в рамках одного жилого района, квартала или даже здания (Mixed-use building) и обеспечивающего всеми необходимыми потребностями горожан в зоне пешеходной доступности [3]. Подобные идеи прослеживаются и в таких современных градостроительных концепциях, как «Новый урбанизм» и «Компактный город» [4–6]. Все они направлены на более эффективное использование городских территорий, снижение нагрузки на транспортную инфраструктуру, улучшение экологии и здоровья горожан. На важность создания плотной многофункциональной застройки, как одного из условий повышения компактности городов указывает и современный исследователь Григорий Мазаев («Компактный город. Теория и практика.») [7, стр. 186]. Помимо этого, включение общественной функции в жилую застройку обеспечивает рабочими местами, в рамках своего района, часть населения, проживающего там. Это уменьшает количество передвижений горожан в течении суток и, как следствие, сни-

жает нагрузку на общественный и личный автотранспорт. А обеспечение всеми потребностями первой необходимости в шаговой доступности призвано улучшить их здоровье, так как способствует повышению их физической активности [8]. Такая среда может включать в себя: жилую, деловую, культурно-развлекательную, административную, торговую, образовательную, медицинскую, спортивную функции, а также объекты легкой промышленности и рекреацию.

Создание застройки смешанного назначения на базе жилой, подразумевает интеграцию общественной функции в жилую, как с преобладанием последней составляющей, так и без. Примером подобных решений можно считать создание многофункциональных зданий и комплексов с сочетанием сразу нескольких функций в различных пропорциях. На сегодняшний день в архитектурно-градостроительной практике выделяется два принципиальных подхода включения общественной функции в жилую. Первый предполагает горизонтальное развитие общественной функции в жилой, а второй – вертикальное.

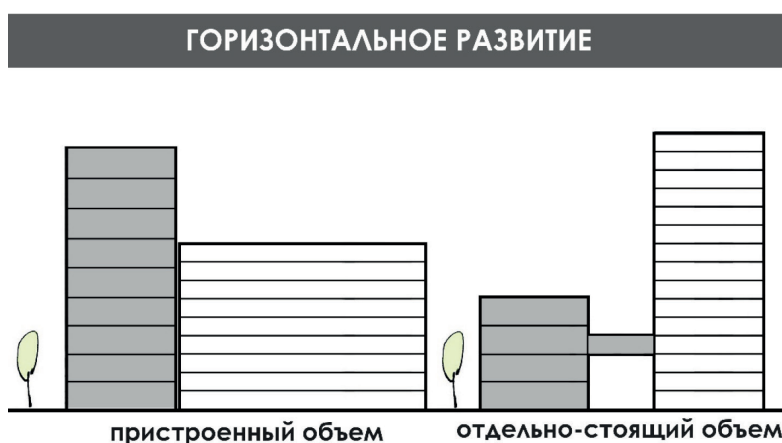


Рис. 1. Типы горизонтального развития общественной функции

Горизонтальное развитие. При данном подходе жилая и общественная функции размещаются в *отдельных зданиях* (отдельно-стоящих объемах) или *блоках здания* (пристроенных объемах), объединенных в единый многофункциональный комплекс (МФК) на одной территории (рис. 1). В результате образуется застройка смешанного назначения на отдельных земельных участках с различными функциями землепользования, либо на участке, предназначенном для смешанного использования территорий [9]. Строительство подобных МФК набирает все большую популярность в крупных городах нашей страны, отражая современный образ жизни городского человека. Они могут сочетать в себе жилые блоки, гостиницы, офисы, торговые площади, спортивно-развлекательные центры [10].

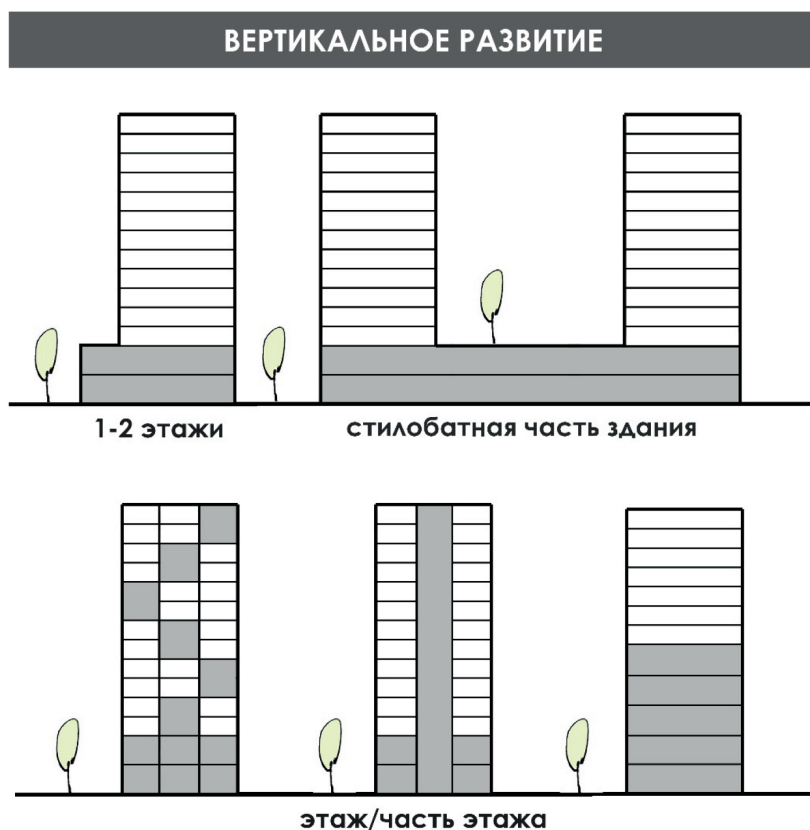


Рис. 2. Типы вертикального развития общественной функции

Вертикальное развитие общественной функции в жилую предполагает сочетание жилых и общественных функции в *одном здании*. При это общественная функция может развиваться внутри жилого здания *по вертикали* (по этажно) и быть более интегрированной в структуру жилого здания, или *по горизонтали* – в виде стилобата или первых этажей жилого объема (рис. 2). В результате образуются жилые здания смешанного назначения (Mixed-use building). Застройка такими типами зданий предполагает использование территорий смешанного вида землепользования. Как правило, на нижних этажах располагаются помещения общественного назначения, открытые для всех горожан, а на верхних – помещения, обслуживающие непосредственно жильцов дома (они носят более приватный характер). В зависимости от видов жилья и проживающих в нем людей, состав этих помещений и их назначение может сильно отличаться. Примером подобного типа жилья можно считать, набирающие популярность в последнее время коливинги – дома, совмещающие в себе функцию жилья, работы и отдыха. Они создают новые варианты сотрудничества и формирования городских сообществ [11].

Идеи еще более глубокой градации различных функций по вертикали можно увидеть в концепции Вертикального урбанизма, последователем которого является российский исследователь Генералова Е. М. Она вводит понятие совершенно нового типа многофункционального дома-комплекса симбиотического типа, предполагающего сочетание различных функциональных элементов на базе высотных зданий. Это могут быть простые комбинации, состоящие из 2–3 базовых функций (офисные, гостиничные и жилые) или же более сложные структуры, совмещающие в себе широкий набор функций. Таким

образом создаётся «вертикальная улица», способная обеспечить все потребности человека в рамках одного здания или комплекса [12].

При этом все функции можно разделить на два типа по виду обслуживания. Первые – это функции «закрытого типа». Они предполагают обслуживание непосредственно жильцов дома. Вторые – «открытого типа», предназначены для обслуживания всех горожан (рис. 3). С точки зрения расположения их в структуре дома, первые обычно размещаются выше и, как правило, интегрированы в структуру дома по вертикали, вторые занимают нижние этажи жилого здания или его стилобатную часть и имеют более горизонтальное развитие. Последние играют большую роль в формировании городской среды, являясь непосредственно ее частью, так как учувствуют в создании общественной жизни жилого района, активизируя пространство и повышая его коммерческую привлекательность.

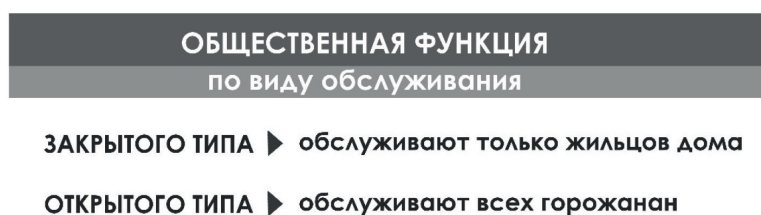


Рис. 3. Типы общественных функций по виду обслуживания

Анализ отечественного и зарубежного опыта проектирования жилых зданий и комплексов с включением общественной функции

Примером приведенного выше подхода с *горизонтальным типом развития* общественной функции в виде отдельных блоков-зданий, объединённых на одной территории, можно считать многофункциональный комплекс «Искра-парк», Москва (рис. 4).

Объект представляет из себя 9–17-этажный жилой комплекс периметрального типа застройки с приватным пространством в виде внутреннего двора и общественной функции на первых двух этажах, выходящих на главные улицы. Интересным элементом является отдельно-стоящий объем бизнес-центра переменной этажности (8–17 этажей), отличающийся ярким архитектурным решением фасадом. Помимо деловой функции он включает в себя и культурно-развлекательные помещения, открытые для внешнего пользования всем горожанам. Таким образом мы наблюдаем комбинированный вариант горизонтальной и вертикальной градации жилых и общественных функций внутри одного комплекса.

Примером *вертикального развития* общественной функции в жилую застройку можно считать многофункциональный комплекс «Victory Park Residences», г. Москва, запроектированного архитектурным бюро Сергей Скуратов ARCHITECTS (рис. 5). Многофункциональный жилой комплекс представляет собой восемь 10–11-ти этажных жилых объема, объединённых общей стилобатной частью. Общественная часть располагается в подземной части и включается в себя, как обслуживающие функции «закрытого типа», так и функции «открытого типа», предназначенные для всех горожан. В них входят: помещения под торговлю, океанариум, арт-классы и мастерские. Этот список впоследствии будет дополнен различными пунктами питания, помещениями бытового

обслуживания и большим спортивным центром. Таким образом, жилой комплекс не «выключается» из городской ткани, а наоборот становится местом активной городской жизни.



Рис. 4. Многофункциональный комплекс «Искра-парк», г. Москва (Россия).

Источник: <https://metropolis-group.ru/projects/mnogofunktsionalnye-komplekсы/iskra-park/>



Рис. 5. Многофункциональный жилой комплекс «Victory Park Residences», г. Москва (Россия).

Источник: <https://archi.ru/projects/russia/14525/zhk-victory-park-residences>

Подобный подход мы наблюдаем и на примере Пекина, в жилом комплексе Baiziwan, разработанным компанией MAD Architects (рис. 6). Он включает в себя жилье, коммерческую функцию, детские сады, аптеки и учреждения по уходу за престарелыми, развивающиеся как по вертикали, так и по горизонтали. Можно назвать это смешанным типом развития общественной функции.

Комплекс занимает целиком весь квартал и организован по принципу «город в городе» или «квартал в квартале», сочетая в себе все необходимые элементы для жизни городского человека [13]. При этом квартал открыт для всех горожан, явля-

ясь одновременно точкой притяжения и для соседних районов. Такой подход позволяет гармонично интегрировать не только общественную функцию в жилую, но и наоборот.

Жилые районы или кварталы естественным образом вписываются в активную городскую жизнь, создавая непрерывность ее течения. Изначально это было характерно и для традиционных китайских жилых кварталов. Гармонично балансируя между общественными и частными пространствами, именно они когда-то активизировали городское пространство. «Сегодня страна разделена частными застройками и закрытыми поселками, которые разорвали связь между жилыми районами и городским пространством [14]».



Рис. 6. Жилой комплекс Baiziwan, г. Пекин (Китай).

Источник: <https://archi.ru/projects/world/17745/kompleks-socialnogo-zhilya-baiczyvan>

Последние два примера демонстрируют нам архитектурный подход с *вертикальным развитием* общественной функций, но с небольшой долей ее интегрирования в структуру жилых зданий и комплексов. Она плавно перетекает из одного пространства в другое, занимая нижний уровень жилых зданий, их стилобатную часть, а иногда и с включает подземную часть. По виду обслуживания она носит характер «открытого типа». Это непрерывные прогулочные зоны, пронизывающие весь квартал и задающие масштаб небольших пешеходных улочек, с выходящими на нее всевозможными кафешками и магазинчиками. При этом сами объемы жилых корпусов уходят на второй план, и их реальная высота нивелируется за счет появления общественных объектов в уровне человеческого глаза. Таким образом создается ощущение сомасштабности и гармоничности среды его обитания.

Более интегрированный подход включения общественной функции в структуру жилых домов *по вертикали* можно отметить в европейском опыте строительства. Дом, предназначенный для проживания студентов для студентов бельгийского бюро архитектора Жюльена де Смедта (JDS) в XII округе Парижа (рис. 7), демонстрирует нам интеграцию общественной функции закрытого типа, расположенных поэтажно на всю высоту здания. Места общего пользования образуют некую «общественную спираль», на которую нанизаны жилые квартиры [15]. Общественные помещения предназначены работы и отдыха студентов, проживающих в здании, дополняя всеми необходимыми

пространствами минимальные жилые ячейки. Такой тип дома организован по принципу коливинга, рассмотренного выше.

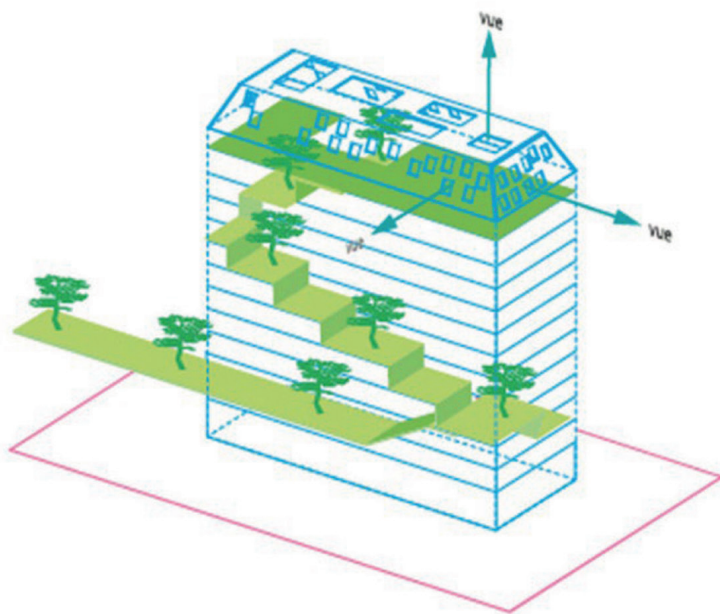


Рис. 7. Дом для студентов, г. Париж (Франция).

Источник: <https://prorus.ru/interviews/novoe-zhile-globalnye-tendencii-i-rossijskij-kontekst/>

Подобные примеры жилых домов с развитой системой обслуживания, местами общего пользования – прообразы современных коливингов, мы наблюдали и в советских архитектурных экспериментах начала 20 века, посвященных созданию новой типологии жилых домов («Дома-коммуны», «Дома нового типа» и т. п.) [16].

Выделение общественной функции в отдельно-стоящий объем, соединённый с основным жилым корпусом переходом, встречается в таких проектах, как Дом Наркомфина Алексея Гинзбурга и студенческий Дом-коммуна Ивана Николаева в Москве. Они включали в себя все функции общественно-бытового обслуживания для жильцов дома, облегчая их быт и одновременно дополняя всеми необходимыми пространствами для работы и отдыха, которых не доставало в жилых ячейках минимального размера. Туда входили: кухни-столовые, прачечные, детские сады, библиотеки, зоны рекреации и многое другое. Однако эти помещения имели исключительно «закрытый» характер и способствовали созданию сообществ лишь внутри самого комплекса.

В контексте же нашего исследования, важными являются и общественные функции «открытого типа», которые создают необходимые сообщества и на уровне города. Именно они активизируют городские пространства, способствуя непрерывности городской ткани.



Рис. 8. Башня искусств, г. Нью-Йорк (США).

Источник: <https://prorus.ru/interviews/novoe-zhile-globalnye-tendencii-i-rossijskij-kontekst/>

Еще одним примером подобного смешения общественной функции и жилой в структуре одного здания можно считать Башню искусств в Бруклине немецкого бюро Behnisch Architekten (рис. 8). Она объединяет под «под одной крышей» людей, связанных с искусством и одновременно представителей разных социальных слоев населения. Из 187 квартир половина предназначается для проживания малоимущих. Жилые помещения, сочетающиеся с общественными пространствами закрытого типа, располагаются на верхних этажах, а в нижних размещаются помещения культурного и торгового назначения открытого типа.

Абсолютно все жильцы имеют доступ к озеленённым террасам и различным общественным пространствам, расположенным вокруг вертикальной оси здания, призваны объединить людей разных слоев населения и создать общее комьюнити. А помещения общественного назначения в уровне первых этажей привлекают и других людей, заинтересованных искусством и не только.

В последних двух примерах мы наблюдаем кластерный подход в проектировании жилых объектов по типу коливинга, объединяющих людей по возрасту, интересам или образу жизни. Большая доля общественных помещений, являющихся местами общего

пользования предназначены для обслуживания, совместного отдыха и работы (коворкинги) жителей такого дома. Они в различных комбинациях интегрируются в структуру жилого здания, создавая некие симбиозы – «дом-работа», «дом-работа-отдых» и т. п. [17].

Еще одной отличительной особенностью западных проектов является наличие «зеленой» составляющей внутри здания. Открытые озелененные террасы является одновременно зонами рекреации для жильцов дома и восполняют нехватку общения с природой городского человека. Которая особенно ощущается в контексте возрастающей урбанизации городов. Этот подход не всегда возможен к реализации в условиях российских городов по климатическим условиям. Однако при определенных инженерных решениях также может быть реализуем.

Анализ российского и зарубежного опыта проектирования и строительства жилых зданий и комплексов смешанного назначения, в которых смело переплетаются жилые и общественные пространства в различных комбинациях и пропорциях, показывает, насколько органично может вписываться жилье в активную городскую ткань, не только не противореча ей, но и дополняя ее новыми функциями. Более значимую роль в этом играют общественные функции «открытого типа», которые занимают преимущественно нижние этажи или стилобатную часть зданий, тем самым непосредственно формируя окружающее пространство пешехода. Таким образом, сегодня, мы наблюдаем, как жилая монозастройка уходит на второй план, а на смену ей приходит многофункциональная среда, которая не только обеспечивает человека всеми базовыми потребностями внутри одного здания/квартала/района, но и создает комфортную, гуманную среду, сомасштабную человеку.

Литература

1. *Джекобс Дж.* Смерть и жизнь больших американских городов: пер. с англ. Л. Мотылев. Москва : Новое изд-во, 2011. 457 с.
2. *Гутнов А. Э.* Эволюция градостроительства / предисловие А. Новикова. – 2-е издание. Екатеринбург : TATLIN, 2024. – 352 с.
3. *Закиров Р. С.* Формы, виды и факторы развития территорий и пространств со смешанным функциональным использованием / Р. С. Закиров, А. В. Воронцова // Известия КГАСУ, 2016. № 1(35). С. 74–80.
4. *Иванькина Н. А., Перькова М. В.* Концепция нового урбанизма: предпосылки развития и основные положения // Вестник БГТУ им. Шухова, 2018. № 8. С. 22–75.
5. *Данциг Дж., Саати Т.* Компактный город: Проект организации гор. среды: [пер. с англ.]. Москва : Стройиздат, 1977. 199 с.
6. *Мазаев Г. В.* Компактный город: теория и практика. Екатеринбург : TATLIN, 2024. – 200 с.
7. *Мазаев Г. В.* Компактный город: критика определений // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2021. № 2. С. 9–13.
8. *Закиров Р. С., Воронцова А. В.* Формы, виды и факторы развития территорий и пространств со смешанным функциональным использованием // Известия КГАСУ, 2016. № 1(35) С. 74–80.
9. *Зорникова Е. В.* Тенденции формирования общественных функций в проектировании жилых комплексов // Исследования. Инновации. Практика. 2022. № 1(1). С. 26–33.
10. *Долинская И. М., Яковенко Е. М.* Коливинг: исторический ОБЗОР // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2021. 8(89). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12214/>

11. *Генералова Е. М.* Концепция формирования архитектуры высотных зданий и комплексов симбиотического типа: Специальность 2.1.12. «Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора архитектуры. Нижний Новгород, 2023. 54 с.
12. *Завылёнков С. А.* О интеграции общественных функций в городское жилище // Вестник Евразийской науки: электрон. научн. журн. 2018. №4. URL: <https://esj.today/PDF/31SAVN418.pdf> (дата обращения 02.03.2025).
13. Жилье смешанного назначения: инструмент городской активизации: сайт Arch3Design. [Электронный ресурс]. URL: <https://arch3design.ru/zhile-smeshannogo-naznacheniya-instrument-gorodskoj-aktivizaczii> (дата обращения: 01.12. 2024).
14. Новое жилье: глобальные тенденции и российский контекст: сайт Проект Россия. [Электронный ресурс]. URL: <https://prorus.ru/interviews/novoe-zhile-globalnye-tendencii-i-rossijskij-kontekst> (дата обращения: 01.12.2024).
15. *Улько А. С., Аксенова А. А., Ястребова И. М.* Методы формирования жилой застройки на основе принципов отечественной архитектуры эпохи авангарда 1920–1930 годов // Architecture and Modern Information Technologies, 2019. №1(46). С. 148–159.
16. *Войцеховская Е. Г., Арсеньева Д. Р.* Принципы интеграции общественно-деловой функции в жилой комплекс // Системные технологии, 2022. № 4(45). С. 107–112.

УДК 725.8

Снежана Олеговна Дудышева,

доцент

Вита Васильевна Зимич,

канд. техн. наук

(Южно-Уральский государственный университет,

Национальный исследовательский университет)

E-mail: dudyshevaso@susu.ru,

zimichvv@susu.ru

Snezhana Olegovna Dudysheva,

Associate Professor

Vita Vasil'evna Zimich,

PhD in Sci. Tech.

(South Ural State University,

National Research University)

E-mail: dudyshevaso@susu.ru,

zimichvv@susu.ru

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

DEVELOPMENT OF ARCHITECTURAL AND PLANNING COMPOSITION OF A TOURIST AND RECREATIONAL COMPLEX

Статья посвящена проблеме благоустройства Никольской рощи в Калининском районе города Челябинска. Основопологающими мотивами при создании концепции туристско-рекреационного комплекса явились богатства и достижения Южного Урала. До начала проектирования был проведен предпроектный анализ территории, который показал расположение предприятий малого и среднего бизнеса, объекты социальной инфраструктуры, выявил санитарно-защитную зону, а также наличие коммуникаций и транспортной доступности в данном микрорайоне. Итогом стал проект, разработанный с учетом уникальных потребностей региона и сочетающий в себе разнообразные функциональные зоны. Концепция призвана сделать Южный Урал более доступным и привлекательным.

Ключевые слова: благоустройство, архитектурно-планировочная концепция, туристско-рекреационный комплекс, промышленный туризм.

The article is devoted to the problem of improvement of Nikolskaya grove in Kalininsky district of Chelyabinsk. The fundamental motives in creating the concept of tourist and recreational complex were the wealth and achievements of the Southern Urals. Before the start of the design, a pre-project analysis of the territory was carried out, which showed the location of small and medium-sized businesses, social infrastructure facilities, identified the sanitary protection zone, as well as the presence of communications and transport accessibility in this microdistrict. The result was a project developed taking into account the unique needs of the region and combining various functional zones. The concept is designed to make the Southern Urals more accessible and attractive.

Keywords: improvement, architectural planning concept, tourist and recreational complex.

Введение

В начале XX века в нашей стране появился новый вид туризма – промышленный. Он был направлен на знакомство с промышленными объектами и их особенностями. В то время экскурсии на фабрики и заводы организовывались для того, чтобы приобщить образованных детей из буржуазных семей к труду и показать им, как работает промышленность. Позже экскурсии стали частью трудового воспитания молодёжи. Они помогали повысить уровень культуры и знаний о производстве [1, 2].

После масштабной индустриализации промышленность стала гордостью страны. Экскурсии на заводы и фабрики помогали улучшить технологические процессы и организацию труда.

Предприятия начали осваивать территории в городах и посёлках, чтобы создать места для отдыха и досуга. При этом работа на предприятиях не прекращалась, а экскурсии и субботники проводились именно в этих местах.

Предприятия начали осваивать территории в городах и посёлках, чтобы создать места для отдыха и досуга. При этом работа на предприятиях не прекращалась, а экскурсии и субботники проводились именно в этих местах. В последующие годы на этих территориях начали строить клубы юных техников и дворцы культуры [3].

Однако после распада Советского Союза произошёл спад во всех отраслях экономики, и интерес к промышленности снизился. Парки и детские лагеря пришли в упадок.

Но в начале XXI века началось возрождение промышленности и туризма. Однако процесс восстановления и развития занял много времени, и многие территории до сих пор остаются неухоженными.

В Калининском районе города Челябинска есть территория, которая может стать центром притяжения для жителей города и туристов. Это территория площадью 44,7 гектара заброшенного леса, расположенная между проспектом Победы, улицей героев Танкограда и улицей Гатчинской. На этой территории находится Дворец культуры «Победа», но он не привлекает инвесторов и не приносит прибыль.

Предварительные исследования показали, что на территории Никольской рощи растут ценные породы деревьев и кустарников. Она находится недалеко от улицы Механической, которая отделяет жилую зону от промышленной.

В непосредственной близости к роще расположены детские сады, зачастую, проход к которым проходит по небезопасным тропам данной лесной зоны.

Указанный земельный участок имеет много пустой и неосвоенной территории, находится в упадническом состоянии, не ухожен и не благоустроен с 1980 г. по настоящее время.

Однако при его проработке, он мог бы стать центром притяжения жителей города, местом для привлечения промышленников, а также стать отправной точкой города Челябинска по маршруту промышленного туризма, и объектом повышения культурного и патриотического воспитания молодежи.

В связи с чем становится очевидной **проблема проекта**, которая заключается в создании уникального, инвестиционно-привлекательного объекта, который будет притягивать население регионов и иностранных гостей к истории и туризму Южного Урала, а также создать в общественном пространстве коммуникативную среду для обмена опытом с туристами других регионов и стран.

Целью проекта является разработка архитектурно-планировочной композиции туристско-рекреационного комплекса.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ территории, которую планируется реновировать.
2. Сформировать природно-композиционный каркас леса.
3. Разработать схему функционального зонирования лесного массива.

4. Создать генеральный план земельного участка.
5. Создать уникальную атмосферу, которая будет соответствовать функциональным зонам комплекса.

Методы

Методы исследований, применяемые в данном проекте: фотофиксация, работа с картами.

Результаты и обсуждения

Анализ территории с помощью фотофиксации (рис. 1) показал, что на территории есть проблемы:

1. Много пустых и неосвоенных участков.
2. Неразвитая транспортная сеть.
3. Отсутствие малых архитектурных форм и освещения.
4. Отсутствие детских и спортивных площадок.



Рис. 1. Фотофиксация

Однако для создания чего-то уникального в лесопарковой зоне предпромышленной территории г. Челябинска, обратимся к самому городу, Челябинской области и Южному Уралу.

Территория города-миллионника насчитывает более 10 крупнейших заводов и комбинатов, занимающихся добычей и переработкой сырья, а в области их более 150 [4–7]. Наиболее развитые промышленные комплексы области – это металлургический, топливно-энергетический, машиностроительный и строительный, аграрно-промышленный.

Очевидно, что территория Южного Урала богата полезными ископаемыми, минералами, горными породами. В Челябинской области насчитывают более 20 минералов, впервые открытых на территории Ильменского заповедника, сюда относятся ильмениты, таганайты, лимезиты и др. [8].

Более того, территория нашей области насчитывает свыше 3748 озёр. Из них 53 является крупными, площадью более 10 км².

Учитывая огромный промышленный фонд города и области, богатейшее наследие природы и истории, широчайшую туристическую базу региона, активно развивающуюся в последнее десятилетие, было принято решение создать архитектурно-планировочную композицию туристско-рекреационного комплекса Никольской рощи [9].

Прежде чем приступить к проектированию, необходимо оценить расположение предприятий малого и среднего бизнеса, а также объектов социальной инфраструктуры (рис. 2), определить санитарно-защитную зону, а также наличие коммуникаций (по периметру рощи проходит теплотрасса), и изучить транспортную доступность в данном микрорайоне: в шаговой доступности проходят маршруты троллейбусов, автобусов и маршруток.



Рис. 2. Оценка расположения предприятий малого и среднего бизнеса, а также объектов социальной инфраструктуры

После проведенного предпроектного анализа местности, необходимо сформировать схемы композиционного каркаса (рис. 3). Главные оси на схеме композиционного каркаса дублируют крупные артерии г. Челябинска – проспект Победы и улицу героев Танкограда. При пересечении осей образован главный композиционный узел – центр рощи и дворец культуры «Победа». Для поддержки оси сформирован еще один ключевой узел. В завязке с крупным перекрестком проходит диагональная ось, которая содержит в себе второстепенные узлы.

На основе композиционного каркаса сложилась схема функционального зонирования, а именно:

- территория гостиницы;
- зона дворца культуры «Победа»;

- три основные multifunctional тематические зоны;
- в центре – территория общественного питания;
- рекреационная зона;
- зона для выгула и дрессировки собак.

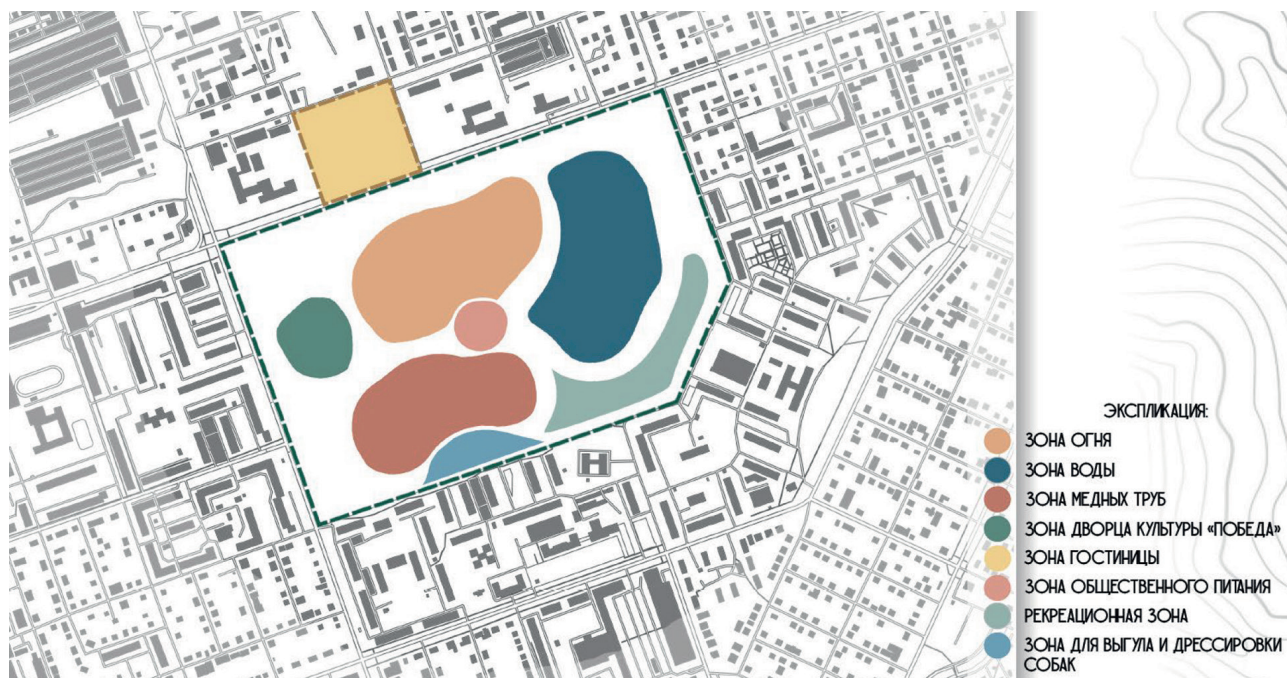


Рис. 3. Схема функционального зонирования

Это территориально-значимые компоненты для качественного освоения всей территории будущего парка, на основании которых будет формироваться весь комплекс данной территории.

Если взглянуть на поперечный срез горной породы малахита, которым так славится Урал (Бажовские места, рассказы Бажова «Малахитовая шкатулка», Ильменский заповедник), то его очертания наводят на мысли о красоте и разнообразии природы этого региона. Малахит является ярким примером того, как природа создает уникальные и неповторимые произведения искусства.

Очертания малахита легли в основу разработки генерального плана лесопарковой зоны Никольской рощи, задали образы пешеходно-транспортного движения по лесопарковой зоне и ее озеленения, а также помогли спланировать детальное функциональное зонирование данной территории.

Таким образом, территория леса площадью 44,7 га планируется разбить на 13 зон:

- дворец культуры «Победа»;
- зона «Огонь»;
- зона «Вода»;
- зона «Медные трубы»;
- зона выгула и дрессировки собак;
- рекреационная зона;
- входная зона;

- зона общественного питания;
- зона спорта;
- зона детских площадок;
- зона зимних катаний;
- зона музея под открытым небом;
- зона театра под открытым небом.

Коротко рассмотрим некоторые зоны из данного списка.

Функциональная зона, где располагается существующий **Дворец культуры «Победа»**, подвергнется архитектурно-планировочной реконструкции. А именно: реорганизация генплана и реконструкция фасадов здания. В архитектуре Дворца культуры Победа просматривается залегание горных пород в г. Бакал.

В центре территории комплекса будет располагаться **зона общественного питания**, архитектурным акцентом которой является закрытый теплый павильон с открытыми террасами для возможного проведения международных и межрегиональных фестивалей по кулинарному искусству. В данной зоне будут представлены кухни народов Уральского федерального округа.

Специализированная **зона для выгула и дрессировки собак**, оснащена различными конструкциями для тренировки питомцев и игр с ними.

Кроме того, на территории комплекса предусмотрена **рекреационная зона** для тихого отдыха без капитальных строений.

В зону проектирования архитектурного комплекса кроме территории Никольской рощи входит в том числе пустырь, расположенный на противоположной стороне пр. Победы. Данную территорию мы задействовали для проектирования **гостиничного комплекса**, который представляет собой здание средней этажности из трех корпусов, соединенных между собой теплыми переходами. В гостинице находятся банкетный зал для проведения торжественных мероприятий и конференц-залы для проведения собраний, крупных мероприятий. В архитектуре гостиницы просматривается образ золота в породе.

Рассмотрим ключевые функционально-тематические доминанты комплекса парка: зоны огня, воды и медных труб.

Первая зона – зона огня, занимает площадь 6,5 га. На территории данной зоны находится павильон «Огонь», примерной площадью 650 м².

Доминанта «Огонь» отвечает за промышленную составляющую, охватывает металлургические заводы, производящие сталь и другие металлы, а также предприятия, работающие с высокими температурами и плавлением материалов. В архитектуре павильона «Огонь» отображен образ огня, искр, пламени.

В павильоне предусмотрены пространства для проведения обучающих мастер-классов, конференц-залы для проведения форумов регионального и международного уровня.

На территории предусмотрены второстепенные композиционные узлы комплекса, которые могут трансформироваться в зависимости от времени года. Летом – это фестивали огня и света, зоны для раскопок минералов, драгоценных камней Южного Урала, а также театр под открытым небом. Зимой – это фестивали в павильоне, снежные горки и ледяные фигуры с подсветкой. Уникальная атмосфера в данной зоне комплекса заключается в размещении на ее территории детских площадок, которые сопровождаются всегда шумными играми и детским смехом, а значит гармонией и завершенностью образа.

Вторая зона – зона воды, занимает площадь 7,5 га, на территории располагается павильон «Вода» (прим. площадь 450 м²). Внутри павильона располагается спорткомплекс.

Доминанта воды в Челябинской области связана с многочисленными озерами, которые славятся своей чистотой и красотой. Среди них особенно выделяется озеро Тургояк, признанное одним из самых чистых водоемов в мире.

В архитектуре павильона «Вода» просматривается образ озер Южного Урала. На территории данной доминанты комплекса запроектирована миникопия озера Тургояк, которое зимой превращается в изящный каток, где могут в том числе проводиться ледовые шоу. Здесь же запроектирована лыжероллерная и роллерная трассы, которых так не хватает в городе, а зимой данная территория может принимать гостей-лыжников. Уникальная атмосфера в зоне комплекса «Вода» Никольской рощи заключается в сочетании природных источников, искусственных водоемов и архитектурных сооружений, создающих единый комплекс.

Третья зона – зона медных труб, занимает площадь 5 га, на территории находится павильон «Медные трубы» (прим. площадь 550 м²). В архитектуре павильона «Медные трубы» отражен образ художественных гравюр, заводов и комбинатов Южного Урала, которые являются символом мастерства и искусства местных мастеров. В нем предполагается размещение экспозиций народного промысла и художественных изделий Южного Урала. Также на территории данной зоны находится музей под открытым небом, в котором будут представлены макеты комбинатов, заводов, фабрик Южного Урала, на примере парков миниатюр Мадюродам в Нидерландах и мини-Европа в Брюсселе.

На территории творческой доминанты парка могут проводиться фестиваль арт-инсталляций летом и ледяных фигур зимой, фигур из песка или снега.

Уникальность атмосферы в зоне «Медные трубы» заключается в ее архитектурной значимости, отражающей историю и культуру региона.

Каждая функциональная зона комплекса городского парка Никольской рощи предполагает отдельную входную группу, что позволяет организованно распределить туристические потоки.

Таким образом, представлены основные функциональные зоны, которые объединены между собой непрерывной пешеходной сетью (рис. 4).

Выводы

В результате проделанной работы, можно сделать следующие выводы:

1. Проектом предполагается возведение шести крупных архитектурных объектов: 4 павильона, гостиница, ДК.

Архитектура павильонов отражает богатство Южного Урала.

В архитектуре павильона «Огонь» отображена имитация огня, янтаря, золота.

В архитектуре павильона «Вода» просматривается образ озер Южного Урала.

В архитектуре павильона «Медные трубы» просматривается образ заводов и комбинатов Южного Урала.

2. Проект стремится познакомить население регионов, а также иностранных посетителей к истории и туризму Урала. Целью является поощрение развития туристической инфраструктуры в регионе и создание мест отдыха. Концепция является центром об-

мена опытом и коммуникации для туристов и посетителей из разных регионов и стран. Здесь можно встретить людей с общими интересами и поделиться опытом, что способствует культурному обогащению и расширению круга общения.

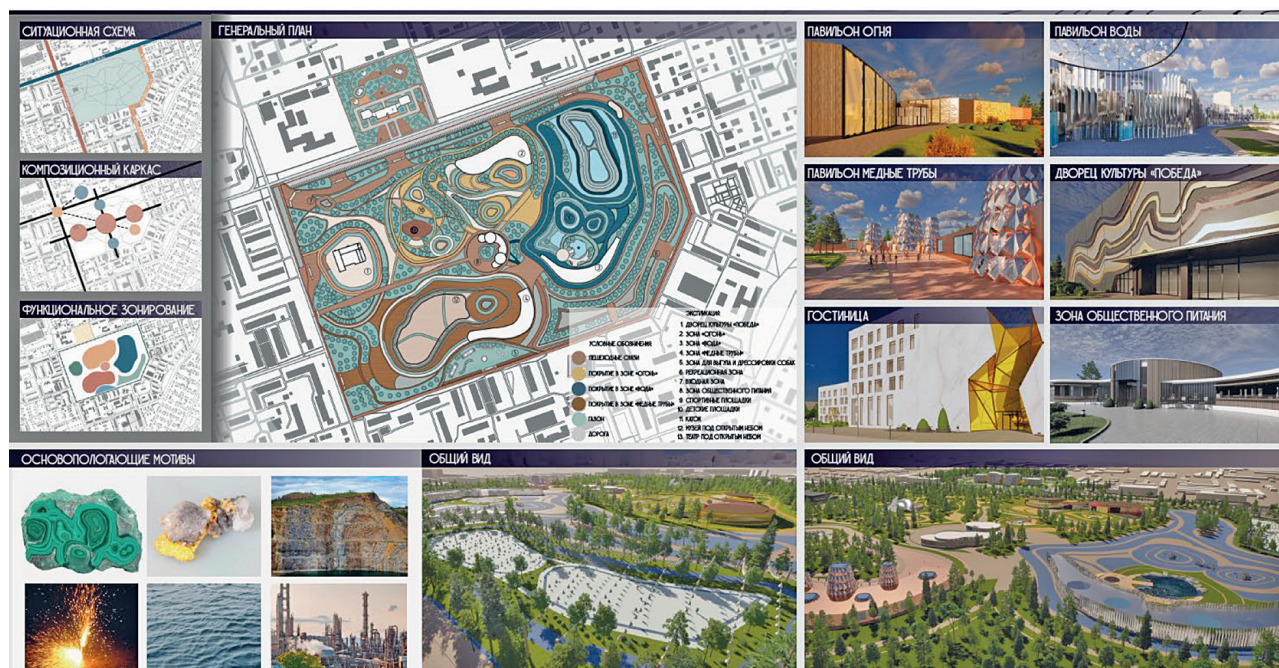


Рис. 4. Архитектурно-планировочная композиция туристско-рекреационного комплекса

3. Проект представляет собой уникальное место, где посетители могут наслаждаться комфортным отдыхом. Инфраструктура обеспечивает уровень комфорта, архитектурные решения позволяют наслаждаться красотой и богатствами Урала. Разработка и эксплуатация проекта позволяют создавать рабочие места и способствуют социально-экономическому развитию региона.

4. Проект, разработанный с учетом уникальных потребностей региона и сочетающий в себе разнообразные функциональные зоны, ориентирован на удовлетворение потребностей местных жителей и туристов. Концепция призвана сделать Южный Урал более доступным и привлекательным, предоставив возможность увлекательного путешествия и обучения.

Литература

1. Методология развития промышленного туризма в Российской Федерации. Версия 2.0. Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов. – 2022 г. [Электронный ресурс] // <https://asi.ru/library/promtourism/184110/> (дата обращения: 25.09.2024).

2. Здесь музы больше не живут [Электронный ресурс] Статья опубликована 24 февраля 2014 г. <https://kursdela.biz/news/2014-02-24/zdes-muzy-bolshe-ne-zhivut-841834> (дата обращения: 25.09.2024).

3. Благоустройство парка им. В. Терешковой [Электронный ресурс] <http://admintzr.ru/formirovanie-sovremennoy-gorodskoy-sredy/rekonstruktsiya-parka-im-v-tereshkovoy/> (дата обращения: 25.09.2024).

4. Деловой квартал: российское региональное периодическое издание екатеринбургского издательства «Абак-пресс» [Электронный ресурс]: 1994 г. – <https://chel.dk.ru/wiki/zavod> (дата обращения: 30.11.2024).

5. Заводы Челябинска [Электронный ресурс] // Деловой квартал / справочник: [сайт]. – URL: <https://chel.dk.ru/wiki/zavod?ysclid=m20gfpn3h7810303660> (дата обращения: 25.09.2024).

6. Запарий В. В. Предыстория создания металлургии на Урале / В. В. Запарий // Историко-экономические исследования. – 2015. – Т. 16, № 2. – С. 349–365.

7. Алексеева Е. В. / Заводы Урала как акторы региональной социокультурной модернизации XX века [Текст] / Е. В. Алексеева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Социально-гуманитарные науки». – 2015. – № т 15, № 4. – С. 6–12.

8. Естественно-научный музей Ильменского заповедника [Электронный ресурс] – 2021 г. – <https://museum.chelscience.ru/> (дата обращения: 30.11.2024).

9. Российская общественная инициатива [Электронный ресурс] – 2012 г. – <https://www.roi.ru/8554> (дата обращения: 25.09.2024).

УДК 72.01

Надежда Андреевна Кумакова,
доцент
(Саратовский государственный технический
университет имени Гагарина Ю. А.)
E-mail: kumakova@mail.ru

Nadezhda Andreevna Kumakova,
Associate Professor
(Saratov State Technical
University Gagarin Y. A.)
E-mail: kumakova@mail.ru

КОМПЛЕКСНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМФОРТНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ГОРОДА КРАСНОАРМЕЙСКА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ: МЕТОДОЛОГИЯ И ПРАКТИКА

THE INTEGRAL DESIGN OF COMFORTABLE URBAN ENVIRONMENT IN THE CITY OF KRASNOARMEYSK, SARATOV REGION: METHODOLOGY AND PRACTICE

Рассмотрена методология комплексного подхода проектирования городской среды, который можно рассматривать как фактор развития малых городов. Этот подход включает в себя анализ различных компонентов, таких как социальные, экологические и экономические аспекты, что способствует созданию комфортной городской среды. В качестве практического примера рассматривается проект благоустройства одного из городов Саратовской области – города Красноармейска. В проекте разработана концепция центральной части города, по которой был реализован проект центральной улицы Ленина. В проекте применяется методология комплексного подхода, учитываются потребности жителей, что способствует улучшению качества жизни горожан. Внедрение таких инициатив может значительно изменить динамику малых городов, привлекая новых жителей и инвесторов.

Ключевые слова: малые города России, исторические поселения, городская среда, общественное пространство, благоустройство городов, комплексный подход.

The methodology of Integrated approach of urban environment design, which can be to be considered as a factor of development of small cities. This approach includes the analysis of various components such as social, environmental and economic aspects, which contributes to the creation of a comfortable urban environment. As a practical example, we consider the project of improvement of one of the cities Saratov region – the city of Krasnoarmeysk. The project developed a concept of the central part of the city, which was used to implement the project of the central Lenin Street. The project applies methodology of complex approach, the needs of residents are taken into account, which contributes to the improvement of the quality of life of citizens contributes to improving the quality of life of citizens. The introduction of such initiatives can significantly change the dynamics of small towns, attracting new residents and investors investors.

Keywords: small towns of Russia, historical settlements, urban environment, public space, urban improvement, complex method.

Введение

В недалеком прошлом современные общественные пространства появлялись исключительно в крупных мегаполисах. Сегодня новые интересные проекты по благоустройству общественных территорий реализуются и в малых городах, количество проектов растет с каждым годом, как и объем выделяемых средств [1].

В Российской Федерации малыми городами считают поселения с населением до 50 тысяч человек.

По данным федеральной службы государственной статистики, к началу 2020 года к этой категории относилось 794 населенных пункта [2]. В социальном развитии малых городов России есть два противоположных подхода. Исследования, проведенные социологами, отмечают, что малые города в большинстве случаев, с экономической точки зрения, не вносят существенный вклад ни на уровне страны, ни на региональном уровне, за исключением нефтегазовых добывающих центров и городов бизнеса [3]. Но в то же время, малые города играют важную роль в жизни страны, выполняя социальные, экономические и территориальные функции, создавая единство государства. В первом подходе главным аспектом является важность малых городов, как неотъемлемая часть социальной и культурной структуры государства. Второй подход утверждает, что малые города в большинстве являются экономически неэффективными.

Преимуществом малых городов, относительно крупных, является не загрязненный воздух, локальное культурное наследие и спокойный ритм жизни [4]. Основные проблемы малых городов – слабая экономика, конкурентоспособность, демографический спад, высокий уровень безработицы, недостаточное развитие инфраструктуры и другие сложности. Для их преодоления важно создать условия, способствующие социально-экономическому и культурному развитию малых населенных пунктов, а также повысить их благосостояние и инвестиционную привлекательность [5]. Это возможно лишь при наличии государственной поддержки.

Создание комфортной городской среды играет важную роль в развитии малых городов. Для улучшения качества жизни горожан и развитию городов требуется комплексный и последовательный подход к благоустройству [6]. Для решения таких задач, в Российской Федерации создан «Всероссийский конкурс лучших проектов создания комфортной городской среды» проходит в рамках федерального проекта «Формирование комфортной городской среды» национального проекта «Жилье и городская среда» [7].

В результате подобных инициатив, в малых городах значительно улучшается экономическое состояние, годовой доход от их осуществления пополняет местный бюджет, и дает возможность инвестировать средства в развитие благоустроенной территории, возникает интерес для предпринимательской деятельности, все эти факторы приводят к повышению инвестиционной привлекательности региона. Так же, комфортная городская среда создает чувство безопасности для горожан и гостей города, а также новые общественные пространства, создают различные возможности для взаимодействия сообществ, бизнеса, культуры и туризма. В результате, благоустроенная территория оживляется, а соседние районы также получают стимул к развитию [8].

Предлагаемые меры направлены на реализацию ключевой задачи проектов по формированию комфортной городской среды. Такие инициативы направлены на развитие общественных пространств в малых городах и исторических поселениях, а также на увеличение бюджетных поступлений.

Методы

Саратовская область представила на всероссийский конкурс проекты малых городов, среди которых выделялся Красноармейск. Этот город победил в номинации «Лучшие проекты малых городов и исторических поселений». В рамках дизайн-проекта разработано предложение по благоустройству центральной части города Красноармейска – территории площади Победы и фрагмента улицы Ленина в границах улиц Кирова и Герцена [9].

Для разработки дизайн-концепции был использован комплексный подход, включающий изучение истории города, значимость территории на уровне региона и страны, анализ проектируемой зоны, выявление ее идентичности, социокультурных аспектов и важности в градостроительном контексте [10].

Мы привлекали экспертов различных областей и организовывали совместные мероприятия с местными жителями. После проведенного исследования мы выявили основные проблемы территории и предложили конкретные пути их решения. После проведения анализа была разработана концепция, на основе которой создан дизайн-проект центральной части города [11].

История развития города

В 1763 г. по приказу Екатерины II издается манифест, о разрешении селиться иностранцам на территории России, в следствие этого в 1765 году в Саратовской области, на берегу реки Голый Карамыш была основана одна из немецких колоний. К концу XIX века – это поселение развивается и становится одним из крупнейших торгово-промышленных центров Саратовского региона, в котором работало 93 промышленных предприятия. Среди них выделялись сарпино-ткацкие мастерские, кожевенные и кирпичные заводы, а также механические, пивоваренные, сапожные и столярные мастерские. В начале XX века была запущена ткацкая фабрика, специализирующаяся на производстве сарпинки, с первыми механическими станками, принадлежавшая известному купцу и промышленнику Андрею Бендеру. В конце XIX века было налажено производство красного двухцветного кирпича, и появились каменные дома мозаичной кирпичной кладки, во многом изменившие архитектурный облик поселения. Именно эти два элемента вынесены на герб города: стена из красного кирпича и идущая поверх нее полоса серебряной ткани – сарпинки.

Годы советской власти ознаменовались активным экономическим ростом Красноармейска, который выражался в увеличении объемов производства на существующих и развитии новых производств в различных отраслях: швейного дела, буровой конторы, пищевой промышленности, сельского хозяйства. В 1970-х годах поменялся архитектурный облик центральной части города, в связи с запросом и развитие нового общества, так появилось здание администрации города, районный узел связи, кинотеатр, Дом культуры, универмаг и ресторан «Весна» Местные жители также участвовали в изменении облика центральной части города, так в 1975 году на площади Победы, был возведен мемориал «Вечный огонь». Во времена перестройки наблюдался спад в благоустройстве центральной части и города в целом, но в последние годы благодаря федеральной поддержке, город Красноармейск значительно преобразился: реконструируется центр, обновляются парки, скверы и заброшенные территории [12].

Цели проекта: формирование комфортной инфраструктуры с широким набором устойчивых культурно-досуговых практик (рис. 1), образовательной и познавательной деятельности, возможностей активного отдыха; создание пространства перспектив для жителей города – креативного пространства с вовлеченностью жителей в разные формы самостоятельной культурной и творческой деятельности; привлечение туристов, используя колорит местных легенд и историй, и формирование положительного туристического имиджа города [13].

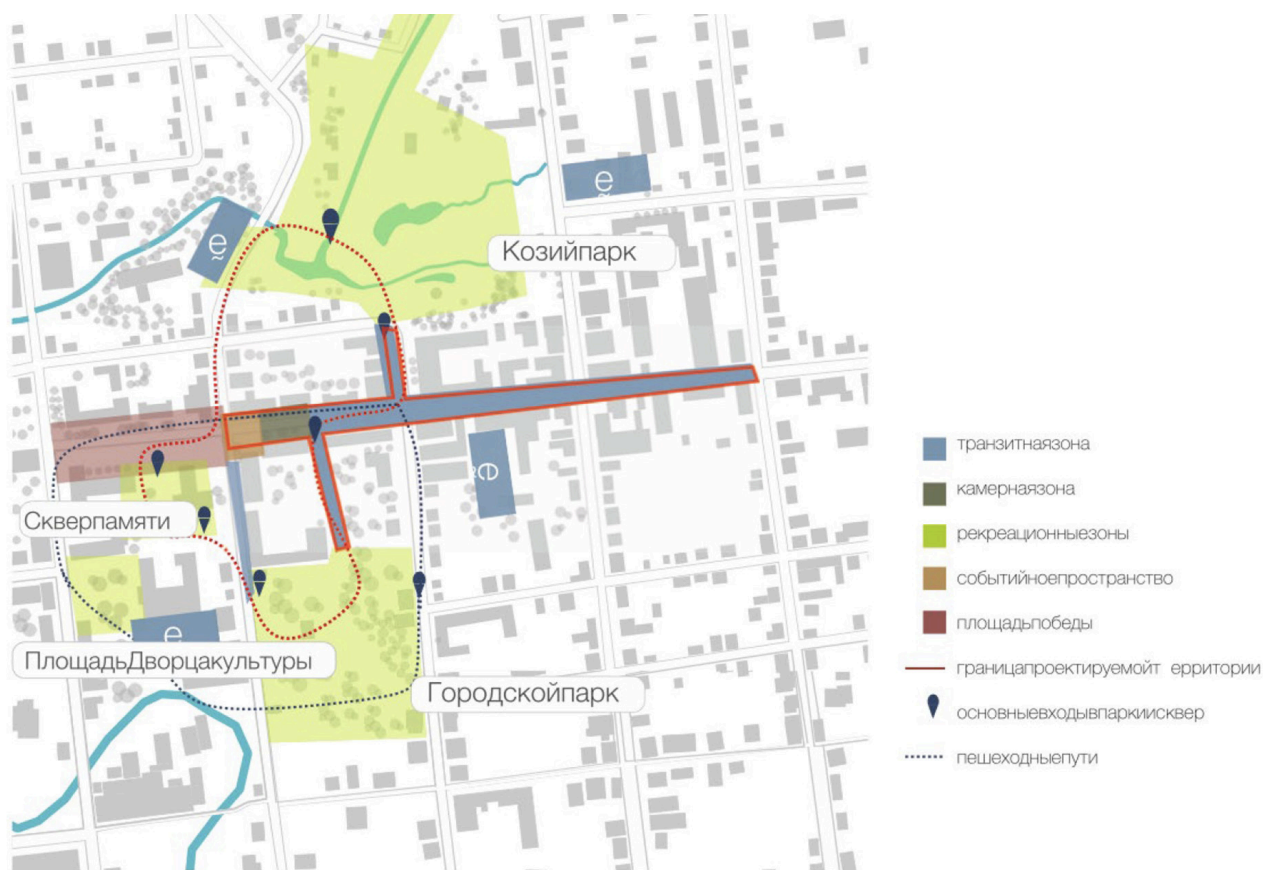


Рис. 1. Проектное функциональное зонирование центральной части города Красноармейска

Концепция проекта

В основу концепции проекта легла идея, основанная на историко-культурной и архитектурной уникальности центральной зоны. Именно здесь локализованы исторические памятники, объекты культурного наследия, а также множество старинных зданий, которые благодаря своеобразной мозаичной, можно даже сказать – «мерцающей» кладке не дадут спутать Красноармейск ни с одним другим городом. Предлагается создать новый формат – сохранение духа места со шлейфом романтических легенд и приобретение актуальных современных функций.

Концепция проекта призвана связать общественные пространства центральной части города и объекты, которые являются точками притяжения для горожан, и в частности, две главные событийные площадки Красноармейска – Городской парк и Козий парк.

Важной составляющей концепции является наполнение пространства многофункциональностью, которая считается одним из значимых критериев эффективности проектов по повышению качества городской среды [14]. Как показывает практика, многофункциональные пространства после удачного старта проекта начинают предлагать собственные решения и привлекать большую аудиторию, чем это предполагалось изначально.

Результаты

Планировочная структура территории основана на создании системы взаимосвязанных общественных пространств, главным ориентиром которой станет арт-объект «Карта города» как стартовая точка туристических маршрутов по Красноармейску. Формирование стилистически единой городской среды благодаря внедрению дизайн-кода (рис. 2) позволит не только создать визуальную целостность, но повысить экономическую и туристическую привлекательность города [15].



Рис. 2. Существующее положение и предложение по дизайн-коду вывесок и решений фасадов

Сохраняя историческую среду, пространство заполнится современными элементами благоустройства – мощением мини-площади, освещением, малыми архитектурными формами и арт-объектами.

Один из основных принципов – создание зоны, комфортной для пешеходов. Фрагмент улицы станет односторонним для движения автомобильного транспорта и велосипедистов. Проезжая часть корректируется, вдоль нее устраивается велосипедная дорожка на асфальтированном покрытии со специальной разметкой [16]. Функционально улица поделена на три части (рис. 3): транзитную, камерную и малую площадь [17, 18].

Транзитная часть – это участок улицы, по которому можно будет удобно ходить из парка в парк (рис. 4).

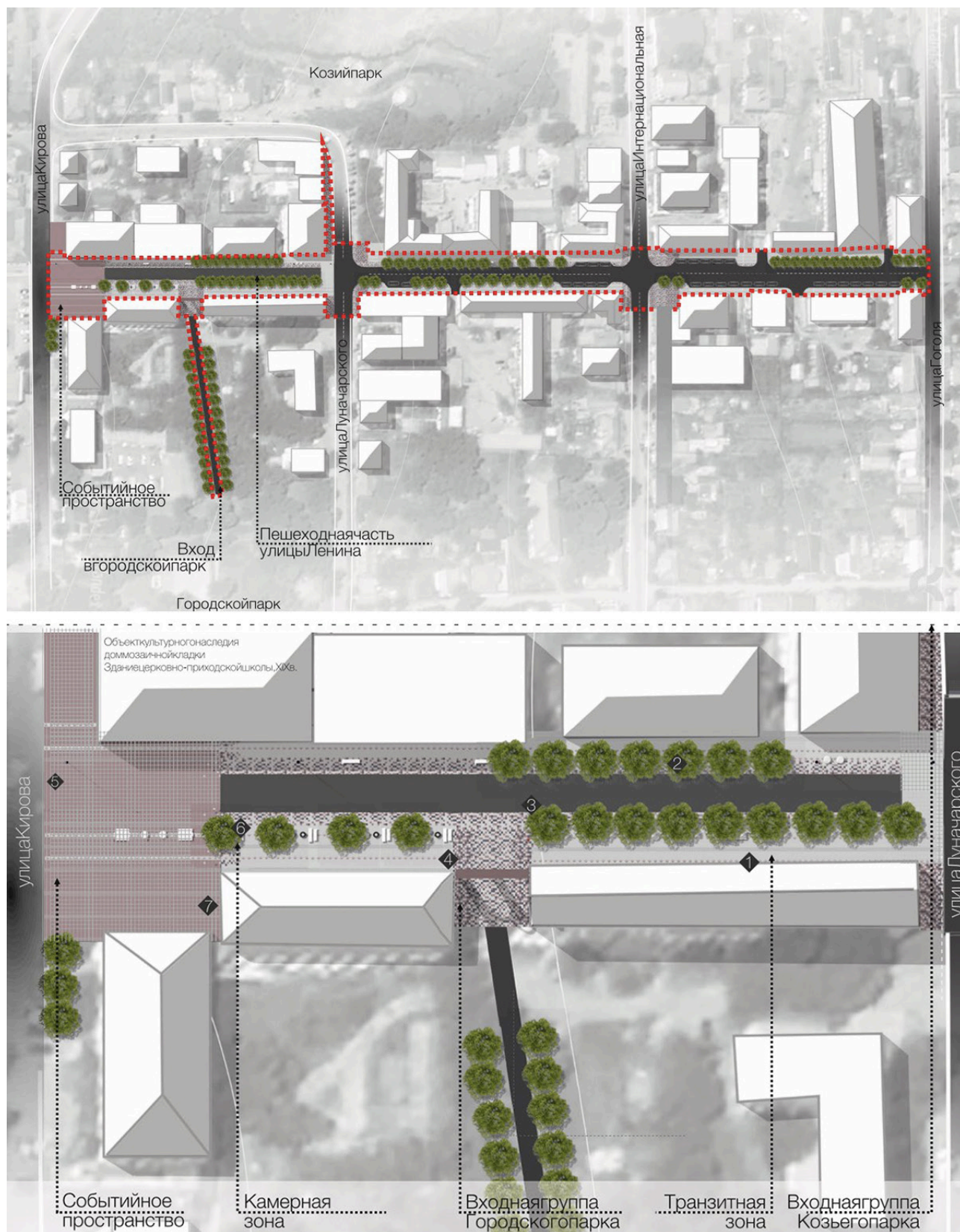


Рис. 3. Функциональное зонирование ул. Ленина



Рис. 4. Транзитная зона ул. Ленина

На границе с камерной частью между домами будет установлена арка как отсылка к исторической арке, которая существовала прежде перед входом в Городской парк. Она же в дальнейшем станет частью входной группы в парк.

В камерной части по нечетной стороне улицы планируется установка светильников в форме торшеров, которые позволят сформировать идентичность места (рис. 5). При этом предусмотрены различные сценарии освещения: основное функциональное освещение, создающее чувство безопасности в темное время суток; локальное освещение для зоны общения и отдыха; праздничное освещение в зависимости от тематической направленности проводимых мероприятий.

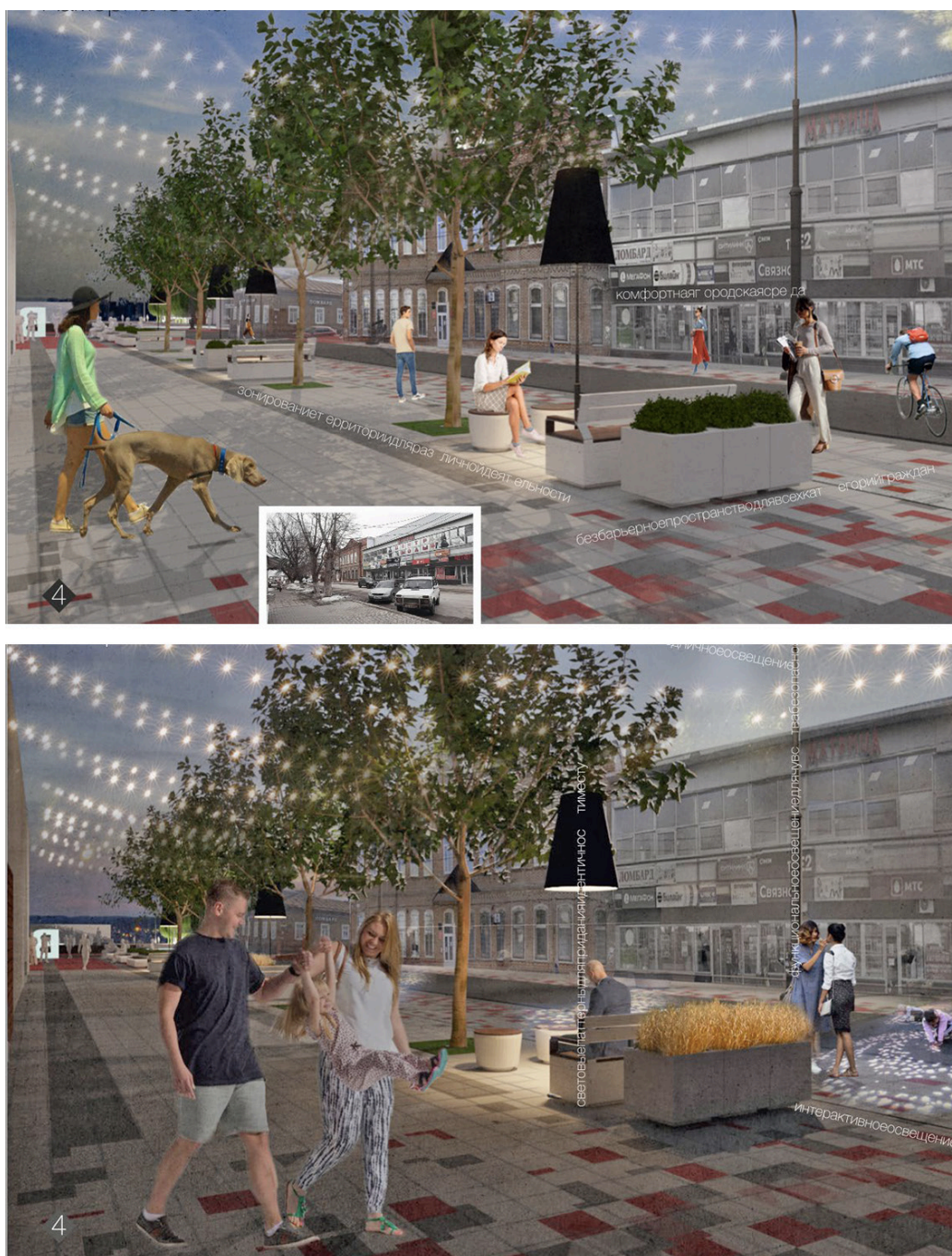


Рис. 5. Камерная зона ул. Ленина

Между площадью Победы и улицей Ленина создается территория, выделенная мощением. Здесь будет установлена световая буквенная композиция «Бальцер», которая станет точкой притяжения и идентификатором пространства (рис. 6).



Рис. 6. Событийное пространство ул. Ленина

Создаваемая открытая площадка рассматривается как место для самореализации молодежи, творческих работников, креативных горожан. Здесь можно будет устраивать пленэры для учащихся Школы искусств, организовывать выставки их работ, проводить мастер-классы. Эта площадь станет отличным пространством для выступлений художественных коллективов, организации литературных чтений, флэш-мобов и различных рекламных акций.

Центральная площадь города служит ключевой площадкой для проведения культурных мероприятий, праздников, политических акций и народных гуляний, а также фестивалей. На ней появятся световые люки, имитирующие подземные ходы, предания о которых дошли и до наших дней, а также арт-объект «Карта города» (рис. 7).

Для наглядности «Карта города» будет создаваться в диорамном формате — с изображения на стене она плавно переходит в расположенное под ней бетонное декоративное покрытие и завершается тумбой-пьедесталом, на которой объемно в макетах будет представлен центр города. Объекты, имеющие особую значимость, будут отмечены металлическими табличками с пояснениями.



Рис. 7. Арт-объект «Карта города» на площади Победы города Красноармейска

Обсуждение

Кроме предлагаемых архитектурных решений и создаваемых многофункциональных современных пространств в концепцию проекта включен очень мощный туристический ресурс – формирование образности восприятия пространства посредством обращения к туристским легендам и интересным историческим фактам. Туристские легенды являются неотъемлемой составляющей туристского брэндинга территорий, привлекая туристов и формируя позитивный образ места [19; 20].

Выводы

Реализация этого проекта окажет положительное влияние на улучшение городской среды, активизацию общественной жизни и повысит привлекательность города как для жителей, так и для туристов. Будет сформирована территория, предлагающая широкий набор возможностей для активного отдыха, образовательной и познавательной деятельности, проведения массовых мероприятий с участием всех слоев населения. Будут разработаны тематические туристско-экскурсионные маршруты с акцентом на мифы, легенды края, а порой и обросшие домыслами и приукрашенные исторические факты, которые привлекут туристов и сформируют позитивный туристический образ дестинации.

Литература

1. *Карпова М. В.* Благоустройство малых городов России / М. В. Карпова // Образ Родины: содержание, формирование, актуализация: Материалы IV Международной научной конференции. – М. : Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2020. – С. 588–592.
2. Федеральная служба государственной статистики [электронный ресурс] – URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 19.01.2018).
3. *Ардалянова А. Ю.* Малые города в социальном пространстве России / А. Ю. Ардалянова, П. В. Бизюков, Р. Г. Браславский и др.; отв. ред. В. В. Маркин, М. Ф. Черныш; предисл. ак. М. К. Горшков. – М. : ФНИСЦ РАН, 2019. – 545 с.
4. Социально-экономическое развитие малых городов на основе сетевого взаимодействия: коллективная монография / под ред. д-ра экон. наук, проф. М. Ю. Шерешевой. – М. : Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2020. – 394 с.
5. IQ Review независимая журналистика «Что такое социальные проблемы, какими они бывают, и как связаны между собой?». URL: <https://iqreview.ru/economy/socialnye> (дата обращения: 15.12.2022).
6. *Асс Е. В.* Дизайн в контексте городской среды. Некоторые теоретические и творческие проблемы. // Техническая эстетика. Проблемы дизайна городской среды. – М. : ВНИИТЭ, 1981, № 29 8.
7. *Урбах А. И., Лин М. Т.* Архитектура городских пешеходных пространств. – М. : Стройиздат, 1990. – 200 с.
8. Конкурс исторические поселения и малые города [электронный ресурс]. – URL: <https://konkurs.gorodsreda.ru/> 2. (дата обращения: 15.09.2018).
9. *Глазычев В. Л.* Урбанистика / В. Л. Глазычев. – М. : Европа, 2008. – 188 с.
10. Сайт Администрации Красноармейского муниципального района Саратовской области – https://krasnoarmejskij-r64.gosweb.gosuslugi.ru/dlya-zhiteley/novosti-i-reportazhi/novosti-193_95.html (дата обращения: 30.11.2024).
11. *Нефедов В. А.* Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. – СПб. : Полиграфист, 2002. – 295 с.
12. *Эллард К.* Среда обитания: как архитектура влияет на наше поведение и самочувствие / К. Эллард. – М. : Альпина Паблишер, 2019. – 288 с.
13. *Розанов К. А., Розанова Т. Р.* Бальцер-Красноармейск. Иллюстрированный путеводитель / К. А. Розанов. – Саратов: издательство Волга, 2022. – С. 10–17.
14. *Антонова Л. Ю.* Влияние креативных составляющих на городскую культурную среду: региональный аспект / Л. Ю. Антонова // Вестник Московского государственного университета культуры и искусств. 2018. № 6 (86). С. 17–26.
15. *Коргожа Н. С.* Креативные индустрии как фактор развития городской культурной среды / Н. С. Коргожа // Труды Санкт-Петербургского государственного института культуры. 2018. Т. 216. С. 79–84.
16. Бренды и брэнддинг. М. : ЗАО «Олимп-Бизнес», 2008. – 352 с.
17. *Аронов В. Р.* Современная теория дизайна // Проблемы дизайна-5: Сборник статей. М. : Артпроект, 2009. – 320 с.
18. *Велев П. С.* Пешеходные пространства городских центров / пер. с болг. Д. П. Кривошеева; под ред. В. В. Владимирова. – М. : Стройиздат, 1983. – 191 с.
19. *Белов М. И.* Сезонная жизнь пешеходных улиц: принцип сезонности в дизайне городской среды / М. И. Белов // Дизайн рев. – 2011. – № 3–4. – С. 84–94.
20. *Федотова Т. А.* От благоустройства города к социальным практикам туризма (на примере городского округа шиханы Саратовской области) / Т. А. Федотова, О. В. Лысыкова // Человеческий

и производственный потенциал Российской экономики перед глобальными и локальными вызовами: материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Саратов, 30 ноября 2018 года / Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью Издательство «КУБиК», 2019. – С. 346–351.

21. Лысикова О. В. Перспективы туризма в Саратовской агломерации / О. В. Лысикова // Актуальные проблемы социально-гуманитарных и экономических знаний: Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции – школы молодых ученых, Саратов, 23 марта 2018 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью Издательство «КУБиК», 2018. – С. 109–113.

УДК 711.168.025.5(470.13)

Александр Васильевич Миронюк,

канд. архит., доцент

(Ухтинский государственный
технический университет)*E-mail: amironyuk@ugtu.net**Aleksandr Vasil'yevich Mironyuk,*

PhD in Arch., Associate Professor

(Ukhta State

Technical University)

E-mail: amironyuk@ugtu.net

РЕКОНСТРУКЦИЯ ФРАГМЕНТА ОКТЯБРЬСКОГО ПРОСПЕКТА В ГОРОДЕ СЫКТЫВКАРЕ

RECONSTRUCTION OF A FRAGMENT OF OKTYABRSKY PROSPEKT IN THE CITY SYKTYVKAR

Статья посвящена реконструкции фрагмента Октябрьского проспекта города Сыктывкаре, центрального проспекта города, самого протяженного в Европе, с разнородным функциональным наполнением и аварийным деревянным жилым фондом 1960–1970-х годов, формирующий линейный центр столицы Республики Коми. Предлагаются решения по модернизации сложившегося функционального наполнения, формированию принципов по улучшению качества городской среды посредством организации комфортной, экологичной, безопасной, функционально и визуально разнообразной среды с учетом сложившегося контекста, региональной спецификой, местными традициями и идентичностью данной территории (на материалах дипломных работ студентов кафедры архитектуры и строительства Ухтинского государственного технического университета).

Ключевые слова: комфортная среда, идентичность, линейный центр, исторический аспект, многофункциональность.

The article is devoted to the reconstruction of a fragment of Oktyabrsky Prospekt in Syktyvkar, the central avenue of the city, the longest in Europe, with heterogeneous functional filling and dilapidated wooden housing stock of the 1960s – 1970s, forming the linear center of the capital of the Komi Republic. Solutions are proposed for the modernization of the existing functional content, the formation of principles for improving the quality of the urban environment through the organization of a comfortable, environmentally friendly, safe, functionally and visually diverse environment, taking into account the current context, regional specifics, local traditions and identity of the territory (based on the materials of the thesis of students of the Department of Architecture and Construction Ukhta State Technical University).

Keywords: comfortable environment, identity, linear center, historical aspect, multifunctionality.

Сыктывкар находится на северо-востоке Европейской части России в пределах наиболее обжитой юго-западной части Республики Коми. Городские кварталы столицы республики вытянулись в меридиональном направлении почти на 30 км в основном вдоль левого бережья Сысолы и Вычегды [1].

История города Сыктывкар, менявшего свое название с течением времени, началась еще в VIII веке. Усть-Сысольск, а именно его историческая часть, обрела статус города в 1780 году, а в 1783 году архитекторы «Комиссии строений» П. Р. Никитин и П. И. Обухов разработали первый «План города Усть-Сысольска» (ныне город Сыктывкар), который был высочайше утвержден (конфирмован) Екатериной II 16 января 1784 г. При составлении

исторического плана застройки Усть-Сысольска был использован градостроительный опыт Санкт-Петербурга, творчески переработанный применительно к местным условиям [2]. Охваченная этим проектом территория ныне образует ядро общегородского центра (рис. 1).

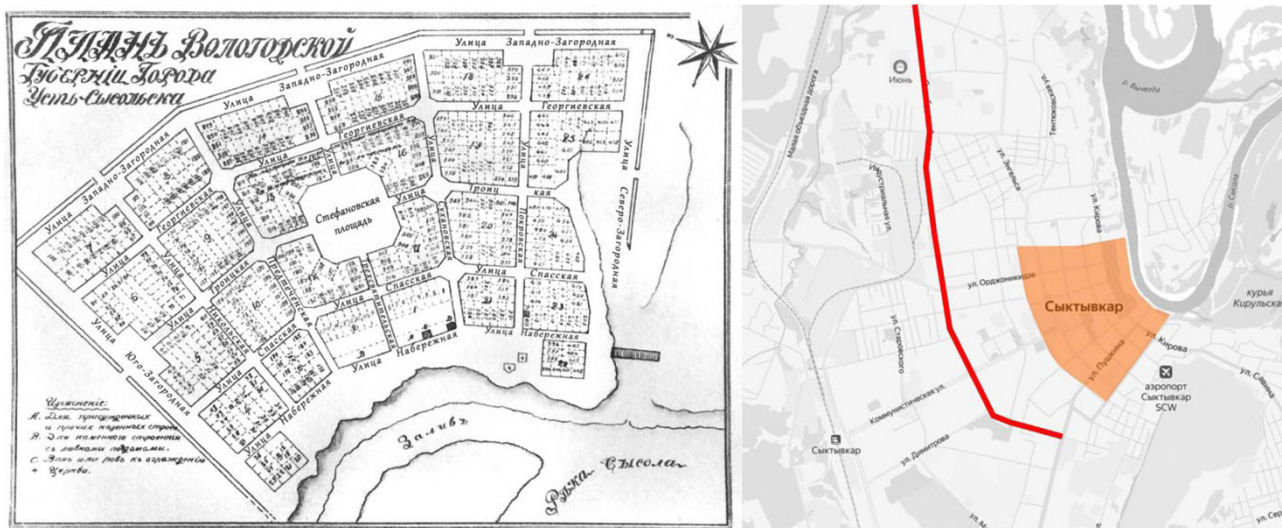


Рис. 1. Исторический план Усть-Сысольска 1784 года [2]
с выделением Октябрьского проспекта в структуре современного города

В основу планировки Усть-Сысольска архитекторы заложили принцип регулярности, предполагающий прямолинейную застройку городской территории из двенадцати прямых улиц, семь из которых располагались прямыми лучами, расходящимися веером от реки без учета исторически сложившейся системы расселения. Остальные улицы пересекали их дугами, тянувшимися параллельно излучине Сысолы. На пересечении центральных улиц была запроектирована главная площадь, а на берегу Сысолы – парадная набережная (рис. 1) [2]. Важнейшим элементом планировочной структуры городской территории является при этом развитая улично-дорожная сеть.

По мере роста города, вокруг исторической части Сыктывкара образовался новый массив городской ткани. Изменения территориальных границ города привело к расслоению центров. Один из них – нижний центр, являющийся исторической частью города, второй – центральная часть, которая расположена в районе пересечения улицы Коммунистической и Октябрьского проспекта, третий – юго-западная часть, которая находится в районе железнодорожного вокзала. Одна из наиболее значимых частей города, не относящихся к исторической застройке – Октябрьский проспект [3].

Октябрьский проспект – центральная линейная артерия города Сыктывкар, общей протяженностью 18 км (самый длинный проспект в Европе), назван в честь 50-летия Октябрьской революции в 1967 году (ранее ул. Гагарина). Берет свое начало в районе города Эжва и завершается, примыкая к Сысольскому шоссе, проходя через всю центральную часть города к его южным районам, являясь при этом основным транспортным транзитом города (рис. 2). Для реконструкции выбран фрагмент Октябрьского проспекта от его пересечения с улицей Коммунистическая до улицы Чкалова длиной 2,2 км. Разнородное функциональное наполнение данного фрагмента преимущественно сложилось из про-

мышленно-складских территорий и аварийного деревянного жилого фонда 1960-х – 1970-х годов, что не соответствует значимости его положения в городской среде.

Разработка выбранного участка актуальна в силу его высокой степени функциональной раздробленности на протяжении фрагмента проспекта и наличия ветхого жилья на прилегающих к проспекту территориях.

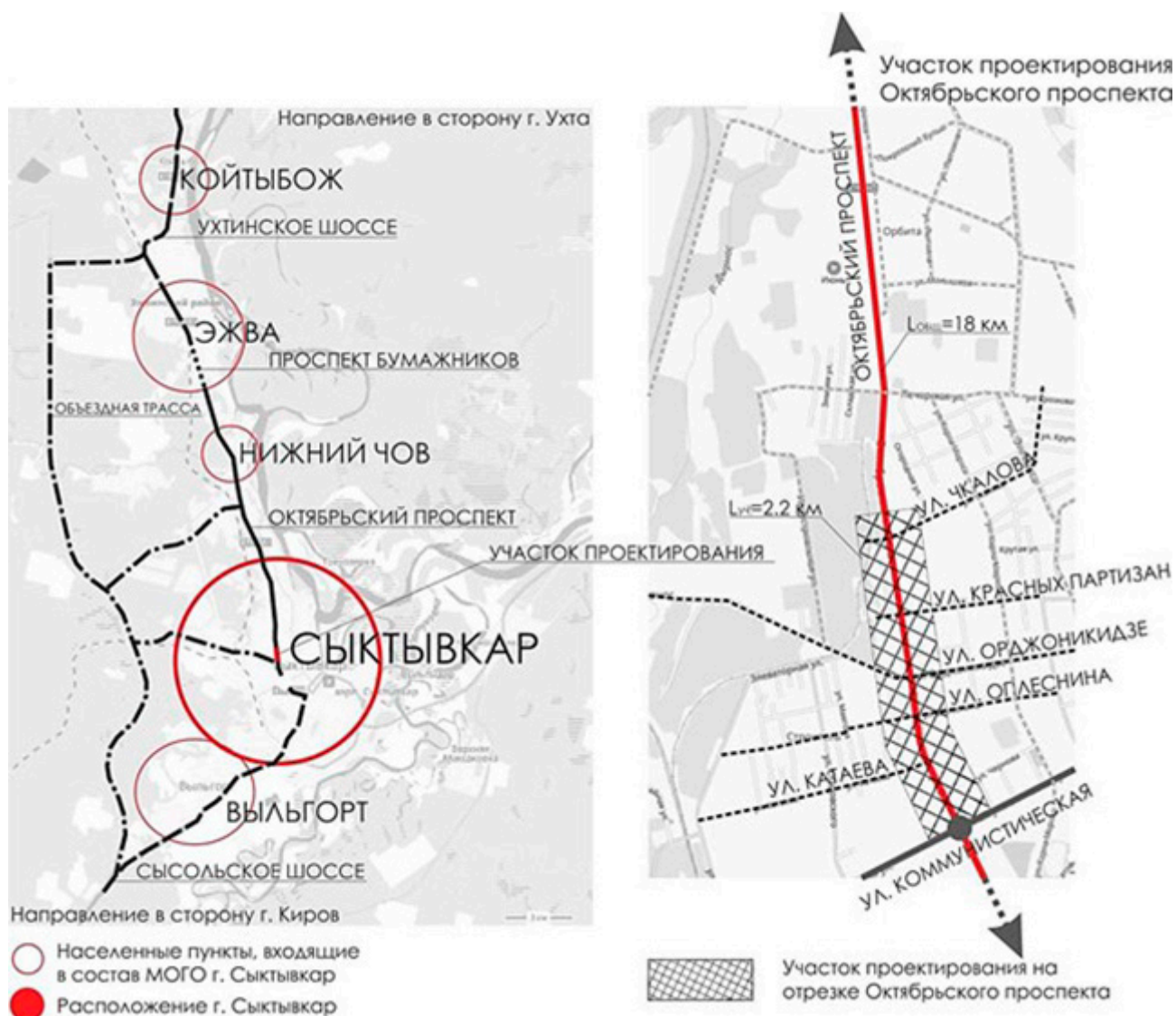


Рис. 2. Октябрьский проспект в г. Сыктывкаре

На выбранном фрагменте для проектирования проспект пересекают улицы микро-районного значения: Красных Партизан, Орджоникидзе, Оплеснина и улица Катаева. Улица Орджоникидзе, пересекаясь с Октябрьским проспектом, образует значимый функциональный узел, связанный с объездным шоссе Сыктывкара, и является одним из четырех «ворот» в город.

Обобщенно существующие проблемы данного фрагмента Октябрьского проспекта можно обозначить следующим образом:

- функциональная деградация городской среды Октябрьского проспекта;

- слаборазвитость коммуникационного и зеленого каркаса; отсутствие инфраструктуры, точек притяжения;
- относительно сложная экологическая обстановка вследствие близкого расположения селитебных территорий и производственных зон;
- отсутствие единого дизайн-кода общественных пространств, навигации и т. п.;
- низкое качество пешеходного покрытия;
- западная сторона Октябрьского проспекта характеризуется деревянной малоэтажной застройкой, фактически исчерпавший свой конструктивный ресурс.

На основе комплексного экономического и эколого-планировочного анализа современной ситуации и выводов, вытекающих из хода реализации и обсуждения вариантов генеральных планов Сыктывкара, Российский научно-исследовательский и проектный институт урбанистики разработал концепцию и прогноз развития города. В качестве основных принципов архитектурно-планировочной организации города в новом генеральном плане застройки Сыктывкара были приняты формирование гибкой и открытой планировочной структуры к территориально разветвленной планировочной системе с развитой сетью транспортных коммуникаций и единой планировочной инфраструктурой, природоохранный приоритет принимаемых решений на основе ландшафтно-экологического подхода. При этом особое внимание уделяется принципу максимального разнообразия отдельных частей города, их органическому включению в природную ситуацию и исторический контекст [2].

По замыслу проектировщиков, основная идея совершенствования существующей планировочной структуры города заключается в создании современного городского организма, функционирующего на основе надежно действующей системы продольных и радиально-кольцевых транспортных коммуникаций в условиях самодостаточности отдельных элементов, составляющих город.

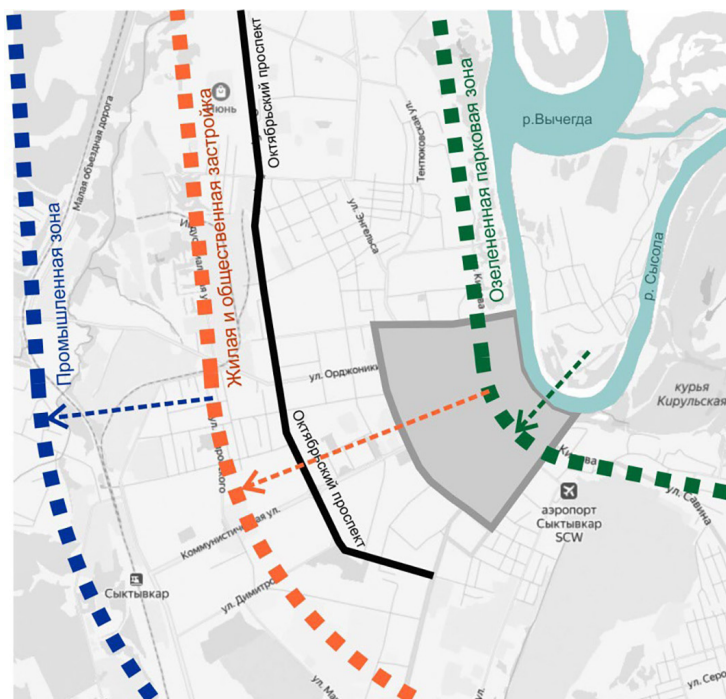


Рис. 3. Функциональное зонирование левобережной части города

В основу функционального зонирования территории левобережной части города принят принцип полос. Первую условную полосу образует озелененная парковая зона, формирующаяся вдоль набережной рек Сысолы и Вычегды, вторую – жилая и общественная застройка, более плотная в границах собственно города Сыктывкара и разреженная на остальной территории, третью полосу, наиболее удаленную от берега – промышленная зона, и, наконец, четвертую – природоохранная зона, представленная лесопарковым поясом и лесами зеленой зоны города, которые предполагается включить в систему особо охраняемых природных объектов (рис. 3). Октябрьский проспект преимущественно расположен на границе второй (жилой и общественной) и третьей полос (промышленные территории).

Таким образом, предметом исследования является архитектурная организация фрагмента Октябрьского проспекта с учетом средового контекста, потребностей населения (пользователей), комплекса природно-климатических, социально-экономических и материально-технических факторов посредством комплексного подхода к проектированию линейного пространства как единой системы, начиная с градостроительного уровня и заканчивая разработкой конкретных приемов дизайна архитектурной среды с учетом контекста участка проектирования северного города. Концепция по реконструкции фрагмента Октябрьского проспекта в городе Сыктывкар строится на основе следующих взаимодополняющих принципов:

Обновление жилого фонда за счет ветхих деревянных жилых домов 1960–1970-х годов строительства.

В настоящее время общий жилой фонд на проектируемом участке Октябрьского проспекта представлен среднеэтажными (до 5 этажей) и малоэтажными домами (до 2 этажей). Деревянная застройка расположена преимущественно с западной стороны Октябрьского проспекта, прослеживается линейный характер застройки со скудной функциональной наполненностью. Точками притяжения выбранного для проектирования фрагмента Октябрьского проспекта являются здания дошкольного и школьного образования (рис. 4).

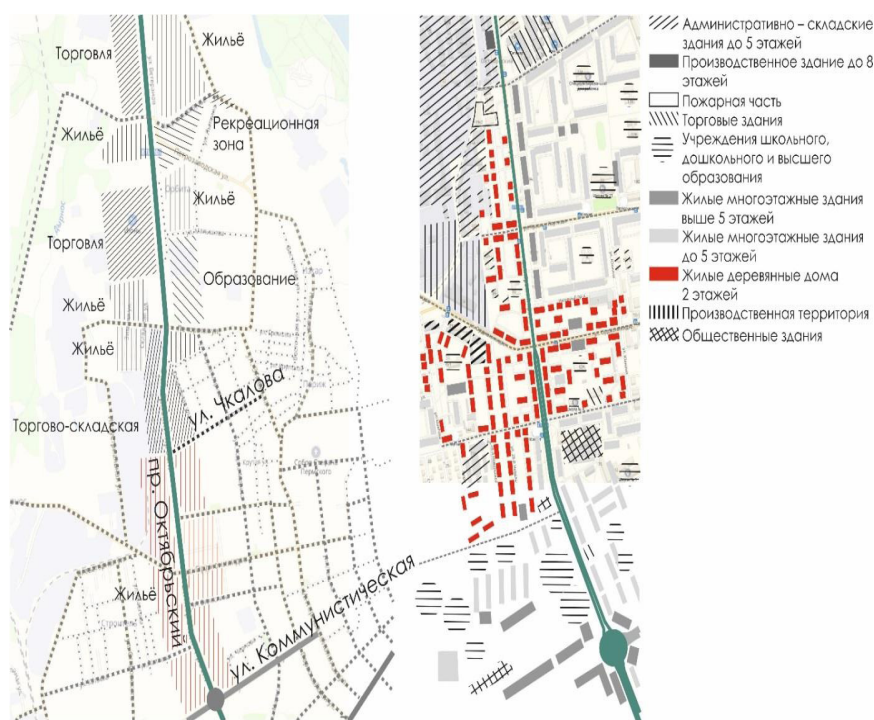


Рис. 4. Функциональное зонирование фрагмента Октябрьского проспекта

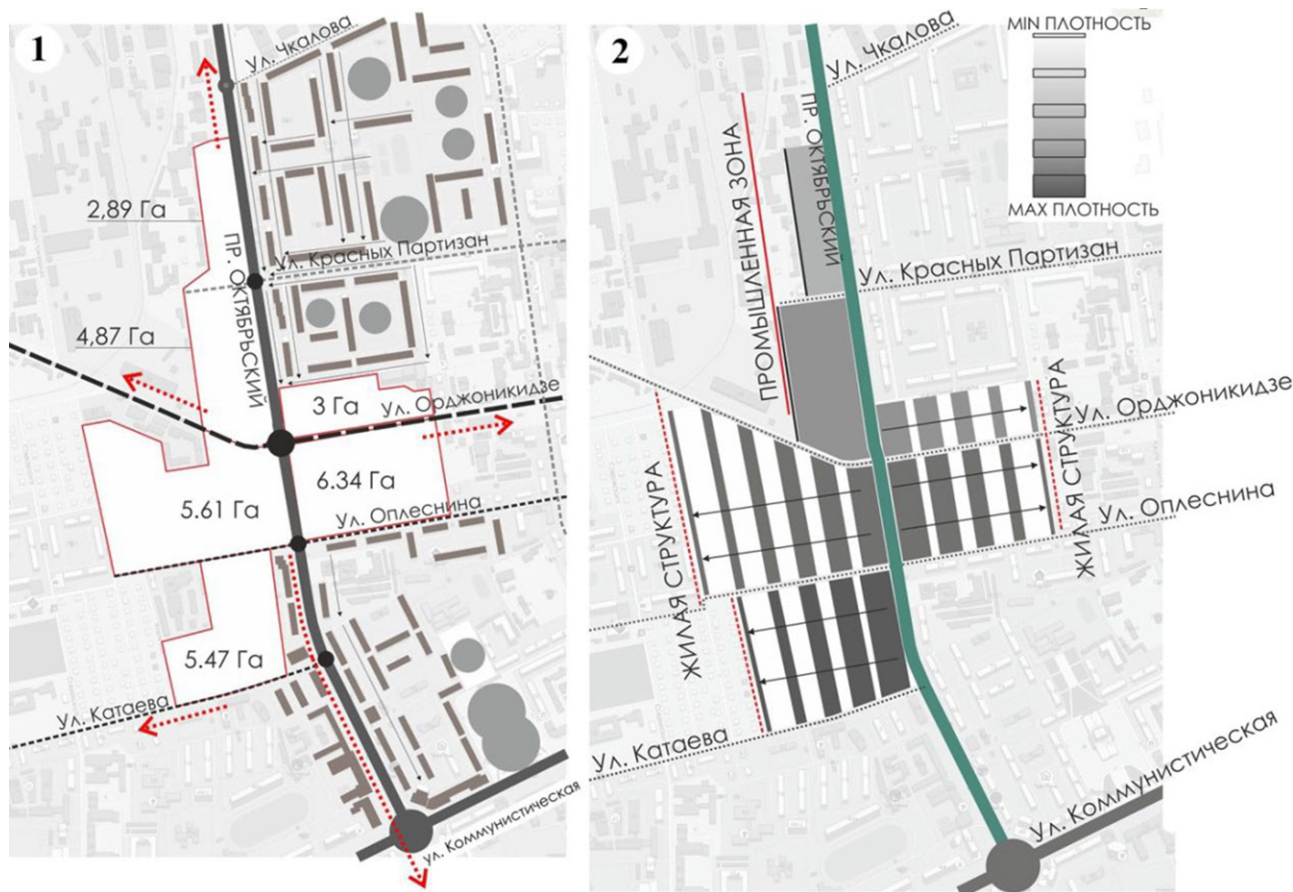


Рис. 5. Схема границ реконструкции территорий фрагмента Октябрьского проспекта (1) с развитием жилой структуры (2)

Согласно эмпирическим данным, жилая застройка организует крупные неструктурированные дворовые пространства, оставшиеся без должного ухода. Восточная часть фрагмента Октябрьского проспекта представлена среднеэтажными и многоэтажными жилыми домами, внутренняя территория которых организована квартальной застройкой. Прослеживается разукрупнение модуля застройки по мере приближения к центру города, насыщенность и функциональное разнообразие при этом выше, чем в западной части Октябрьского проспекта (рис. 5).

При организации жилой структуры вместо исчерпавшей ресурс деревянной застройки предлагается применить следующие методы (рис. 6): создание гибкого фронта застройки вдоль Октябрьского проспекта (1); организация сквозной застройки внутри кварталов для сохранения сложившегося пешеходного каркаса в приграничные зоны (2); постепенное повышение этажности домов к пересечению улицы Орджоникидзе с Октябрьским проспектом (3); создание линейного дворового пространства между первой и второй линиями застройки; понижение этажности жилой застройки к периферийной границе; создание линейного зеленого массива как рекреационной зоны в целях обособления более тихих районов от активной части Октябрьского проспекта (4) (рис. 6).

Комфорт. Реконструкция «городских пространств должно учитывать многостороннее функциональное использование и посещаемость – делать их комфортными для любых типов пользователей» [4]: развертывание оптимальной инфраструктуры для вело-

сипедов и средств индивидуальной мобильности (СИМ) в условиях новой реальности и улучшению условий для пешеходов (рис. 7).

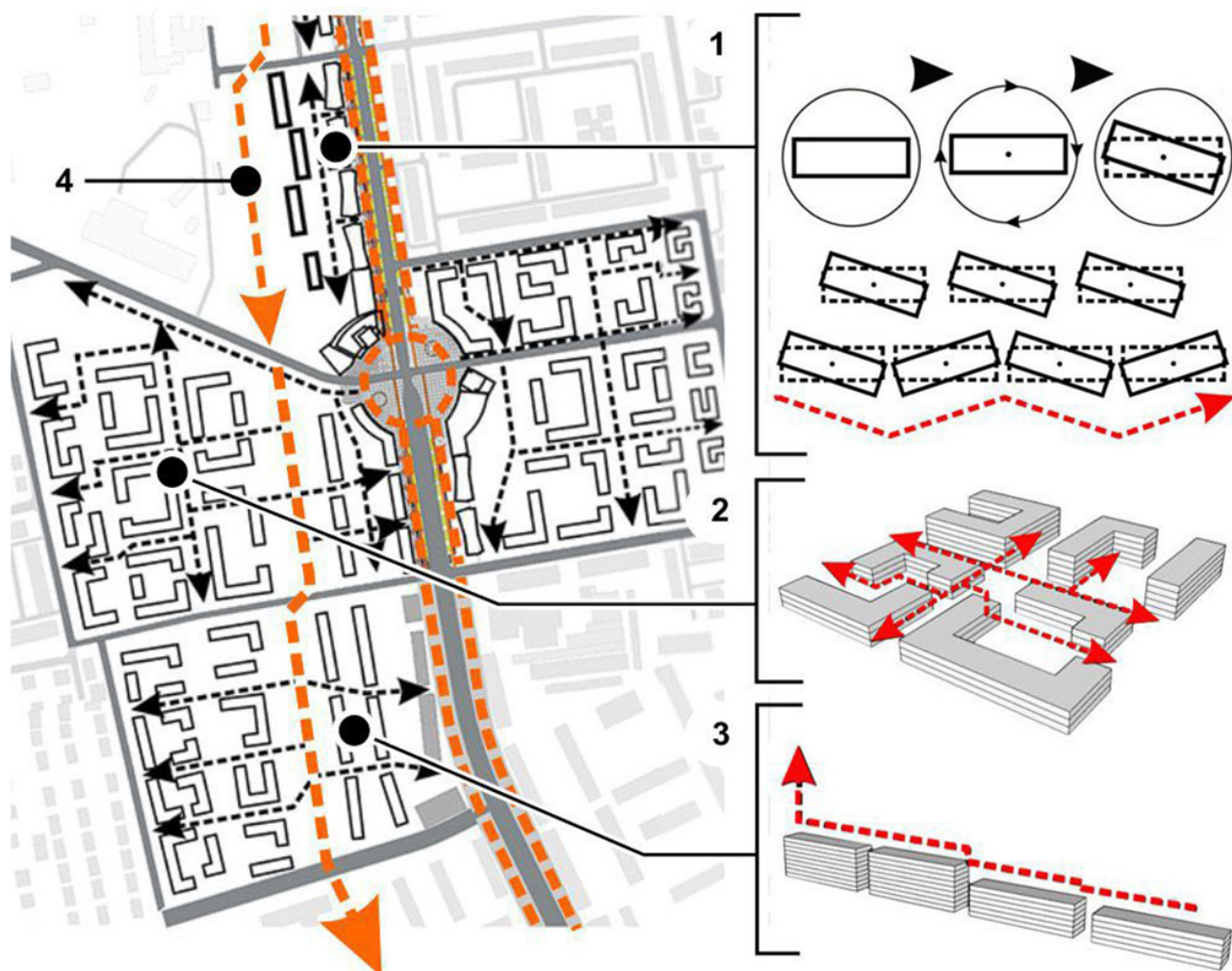


Рис. 6. Методы организации жилой структуры



Рис. 7. Инфраструктура для велосипедов и средств индивидуальной мобильности (СИМ) [5]

Безопасность. «Для обеспечения этой составляющей необходимо предусмотреть ряд мер, в том числе организацию безопасного пешеходного, велосипедного сообщения

и средств индивидуальной мобильности» [4] между раздробленными частями города Сыктывкар, организацию безопасных пешеходных переходов.

Экологичность. «Городские улицы должны создавать максимально здоровую среду, отвечающую принципам устойчивого развития» [4] – создание «зеленого русла» вдоль участка Октябрьского проспекта для частичного восстановления зеленого каркаса города с возможностью организации рекреационной функции – линейного парка как анфилады пространств многофункционального использования (рис. 8).



Рис. 8. Формирование зеленого каркаса фрагмента Октябрьского проспекта

Идентичность. Каждый город уникален своей историей и традициями. Важно сохранить и подчеркнуть уникальный характер, историческое и культурное значение города посредством реорганизации фасадных решений, ключевых узлов, отдельных компонентов среды [4].

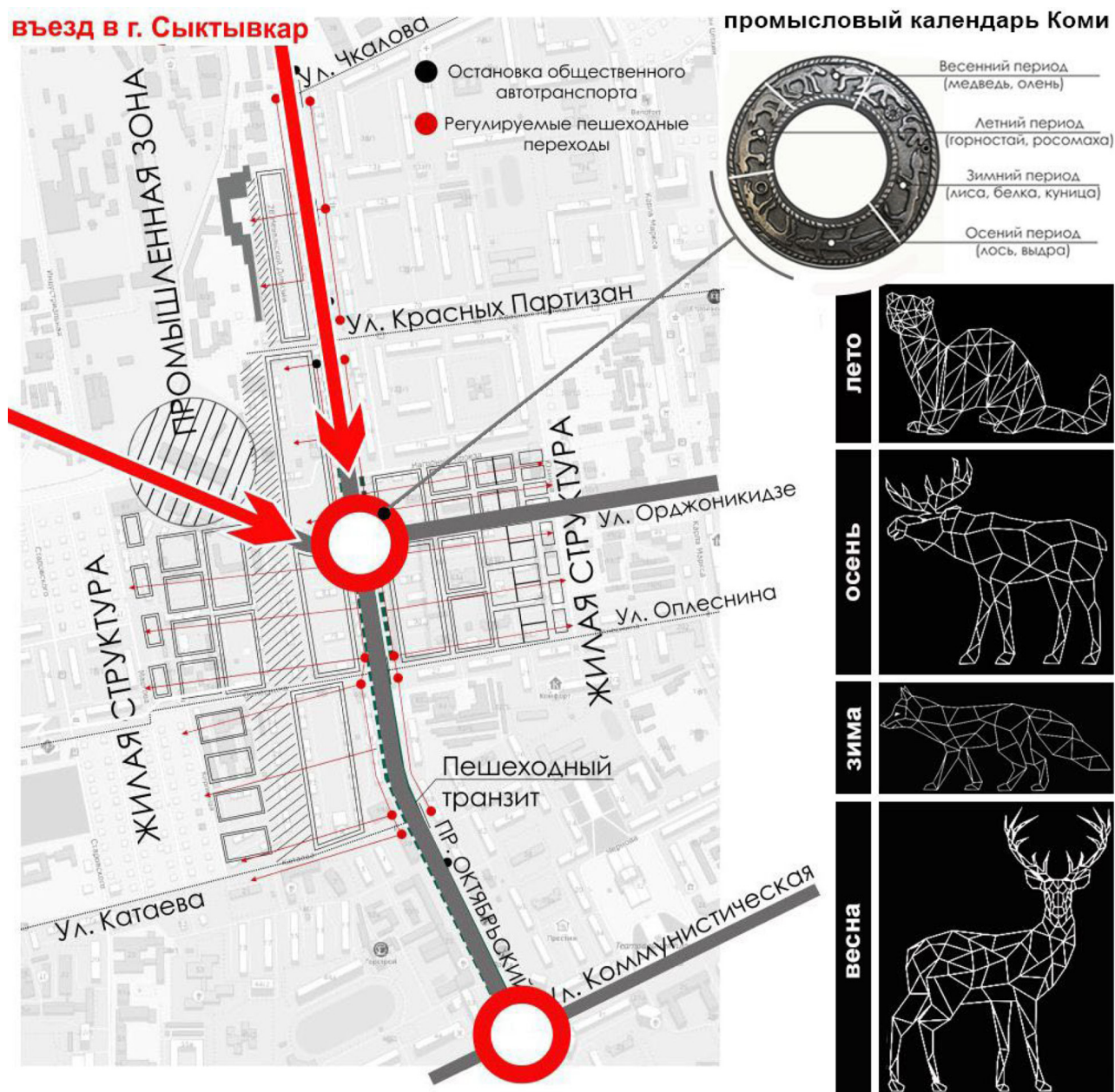


Рис. 9. Формирование центрального въездного узла Октябрьского проспекта

Концептуальное решение ключевого узла – «въездных ворот» в город (пересечение улиц Оржоникидзе и Октябрьского проспекта) предлагается сформировать на основе «Коми-Пермяцкого промыслового календаря в виде бронзового круга с фауной Коми республики, найденного в 1975 году на берегу реки Вычегды в районе села Сторожевск местным жителем. Находка датируется вторым тысячелетием нашей эры. В основу деления года на периоды («месяцы») положены годовые биологические ритмы промысловых животных (период гона, линьки, появления детёнышей и т. д.)» [6] (рис. 9).

Календарь указывал не только на конкретный день года, но и поддерживал популяцию промысловых животных, баланс между человеком и природой. «По мнению

специалистов, в выделении этих периодов был заложен особый сакральный смысл, доступный лишь ограниченному кругу лиц» [6]. Решение, сформированное в виде малых архитектурных форм в деревянном исполнении поспособствует популяризации культурных ценностей Коми народа и позволит гостям Республики ознакомиться с историческим наследием Коми края, интерпретированного современными тенденциями.

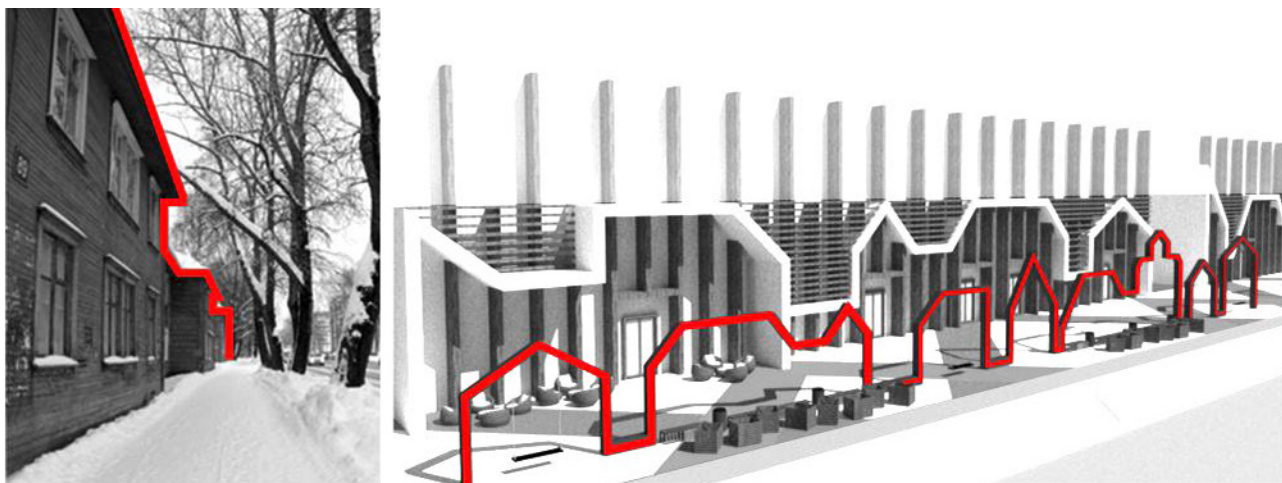


Рис. 10. «Исторический след». Организация малых архитектурных форм проспекта посредством выявления силуэта существующей застройки

Концептуальное решение фронтальных участков Октябрьского проспекта нацелено, в первую очередь, на сохранение визуального облика проспекта за счет выявления силуэта деревянной исторической застройки – «исторического следа» посредством формирования двухфазных акцентных линейных архитектурных форм различной направленности (рис. 10).

Разнообразие. «Позволяет охватить максимальный спектр функциональных потребностей и обеспечивает визуальную насыщенность пространства» [4] (рис. 11).



Рис. 11. Формирование среды Октябрьского проспекта

Представленная концептуальная модель по модернизации сложившегося функционального наполнения фрагмента Октябрьского проспекта как линейного центра столицы Республики Коми представляет собой совокупность решений по созданию качественной и визуально разнообразной городской среды в рамках Федерального проекта «Формирование комфортной городской среды», основываясь на базовых принципах контекстуальности и идентичности региона с сохранением исторических особенностей места и направленные на популяризацию туристического потенциала Коми культуры и местных традиций.

Литература

1. Жеребцов И. Л. Где ты живешь: Населенные пункты Республики Коми. Историко-демографический справочник. – Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1994. – 272 с.
2. Обедков А. П. Градостроительство, архитектура и зодчие Сыктывкара / А. П. Обедков, Л. С. Федосов. – Сыктывкар, 1999. 53 с.
3. Федосов Л. С. Управление градостроительным развитием региона: Монография. Изд-во Сыктывкарского университета. Сыктывкар, 2002. – 144 с.
4. Комплексный анализ для разработки дизайн-проекта благоустройства ключевых общественных пространств. Калуга [Электронный ресурс] Сайт: [architime.ru](https://architime.ru/competition/2017/competition130317strelka.htm). – URL: <https://architime.ru/competition/2017/competition130317strelka.htm> (дата обращения: 01.11.2024).
5. Руководство по созданию быстровозводимой велосипедной инфраструктуры. – Москва, 2020. – 53 с.
6. Древний Коми промысловый календарь [Электронный ресурс] Сайт: [oldrusuvenir.ru](https://oldrusuvenir.ru/statji/drevnij-komi-promislovij-kalendar.htm). – URL: <https://oldrusuvenir.ru/statji/drevnij-komi-promislovij-kalendar.htm> (дата обращения: 01.11.2024).

УДК 726.54

Евгения Борисовна Остроушенко,
независимый исследователь
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: zhe_88@mail.ru

Evgenia Borisovna Ostroushenko,
independent researcher
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: zhe_88@mail.ru

**АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХРАМОВ
ТРАНССИБИРСКОЙ МАГИСТРАЛИ К. XIX – Н. XX В.**

**ARCHITECTURAL AND ARTISTIC FEATURES OF THE CHURCHES
OF THE TRANS-SIBERIAN RAILWAY AT THE END OF 19TH –
BEGINNING OF 20TH CENTURIES**

Массовое культовое строительство вдоль Транссибирской магистрали на рубеже XIX–XX веков является малоизученным культурным явлением в жизни нашей страны. Храмы на станциях железной дороги обладают рядом архитектурно-художественных особенностей, требующих специального изучения. На строительных участках Транссибирской магистрали эти особенности усиливались влиянием региональных факторов, определяющих своеобразие культовой архитектуры всего Сибирского пути. Церковные здания строились преимущественно по типовым проектам из дерева, входили в иерархию сооружений пристанционного комплекса построек, но композиционные приёмы объёмно-планировочного и стилистического решений зависели от участка строительства.

Ключевые слова: культовое строительство, Великий Сибирский путь, Транссибирская магистраль, православный храм, железнодорожный комплекс.

The mass church construction along the Trans-Siberian Railroad at the end of the 19th – the beginning of the 20th centuries is a little-studied cultural phenomenon in the life of our country. Temples at railway stations have some architectural and artistic features that require special study. At the construction sections of the Trans-Siberian Railroad, these features were enhanced by the influence of regional factors that determined the uniqueness of the church architecture of the entire Siberian route. The temples were built primarily according to standard designs from wood, were part of the hierarchy of structures of the station complex of buildings, but their compositional techniques of volumetric planning and stylistic solutions depended on the construction site.

Keywords: church construction, Great Siberian Railway, Trans-Siberian Railroad, orthodox temple, railroad complex.

Введение

Православные храмы при станциях Великого Сибирского пути (современной Транссибирской магистрали) – памятники массового культового строительства в Сибири и на Дальнем Востоке, оказавшие серьёзное влияние на культурное развитие этих регионов на рубеже XIX–XX столетий [1]. Церковное и школьное строительство на станциях магистрали должно было обеспечить духовные и образовательные нужды переселенцев и работников железной дороги (ж/д), а также закрепить православие в отдалённых малоосвоенных регионах страны [2].

Строительство магистрали, протяжённостью 9,3 тыс. км велось поэтапно. Железная дорога была поделена на 6 строительных участков: Западно-Сибирский, Средне-

Сибирский, Забайкальский (в т. ч. Кругобайкальский), Амурский, Уссурийский и Китайско-Восточный [3]. Возведение церквей на станциях производилось параллельно со строительством ж/д комплексов под надзором ответственных инженеров путей сообщения (ПС), участия архитекторов и местных общин. Основные средства на это предприятие поступали из специально созданного благотворительного фонда имени императора Александра III, пополняемого пожертвованиями со всей страны [4]. Итогом стало открытие более сотни приходов на ж/д станциях вдоль всей Транссибирской магистрали от Челябинска до Владивостока [5].

Методы исследования

Комплексное исследование и анализ архивных, научных, проектно-графических и фотографических материалов, а также натурное обследование ряда сохранившихся памятников культового зодчества Великого Сибирского пути позволило автору статьи выделить ряд специфических черт в проектировании, расположении, методах композиционного построения, объёмно-планировочном и стилистическом решении изучаемых объектов.

Обсуждение

Проектирование и строительство церквей на станциях велось по аналогии со всеми постройками Транссибирской магистрали. Поиск национальной идентичности в период строительства магистрали способствовал развитию неорусского стиля в архитектуре [6]. На рядовых станциях применялись типовые решения, эталоном для которых были утверждены образцовые проекты К.Тона, а крупные и особо значимые станции отмечались уникальными храмами по индивидуальным проектам [7]. В проектировании церквей можно выделить три группы авторов: 1 – типовые проекты из альбома К. Тона (или по аналогии с ними), 2 – индивидуальные проекты архитекторов, 3 – образцовые проекты инженеров ПС для конкретного строительного участка. При этом стоит отметить, что участие инженеров ПС не ограничивалось адаптацией типовых проектов, а включало еще и индивидуальное проектирование храмов [8, 9].

Традиционно в русских городах, расположенных вдоль судоходных рек – основных транспортных артерий страны – церкви располагались на самом высоком открытом месте, с видовым раскрытием на водные магистрали и систему градостроительных доминант. Церковь служила своеобразным маяком для кораблей, одновременно являясь важным городским ориентиром, обозначающим его общественный и культурный центр [10]. Схожая логика прослеживается в размещении храмов на ж/д станциях, с тем только отличием, что место водной магистрали занимает железная дорога. Культовые здания строились в единой видовой или ансамблевой взаимосвязи с вокзалом и линией ж/д [11]. Наличие водных путей вблизи станции отнюдь не гарантировало их включение в систему видовых связей храма: чаще всего они игнорировались. Лучшее видовое раскрытие от церкви было обращено в сторону ж/д, для восприятия из окна движущегося поезда [12]. В строгой иерархии построек ж/д комплекса здание церкви являлось композиционным центром, связывающим воедино все важные объекты инфраструктурного наполнения станции [13]. В большинстве случаев

оно ориентировалось согласно направлению планировочных осей станции, но при наличии рельефа церковь выносилась на периферию пристанционного посёлка на возвышенность, что позволяло расположить здание храма традиционно по сторонам света. На церковном участке разбивался сквер и строились относящиеся к храму здания школы и домов для причта (рис. 1).

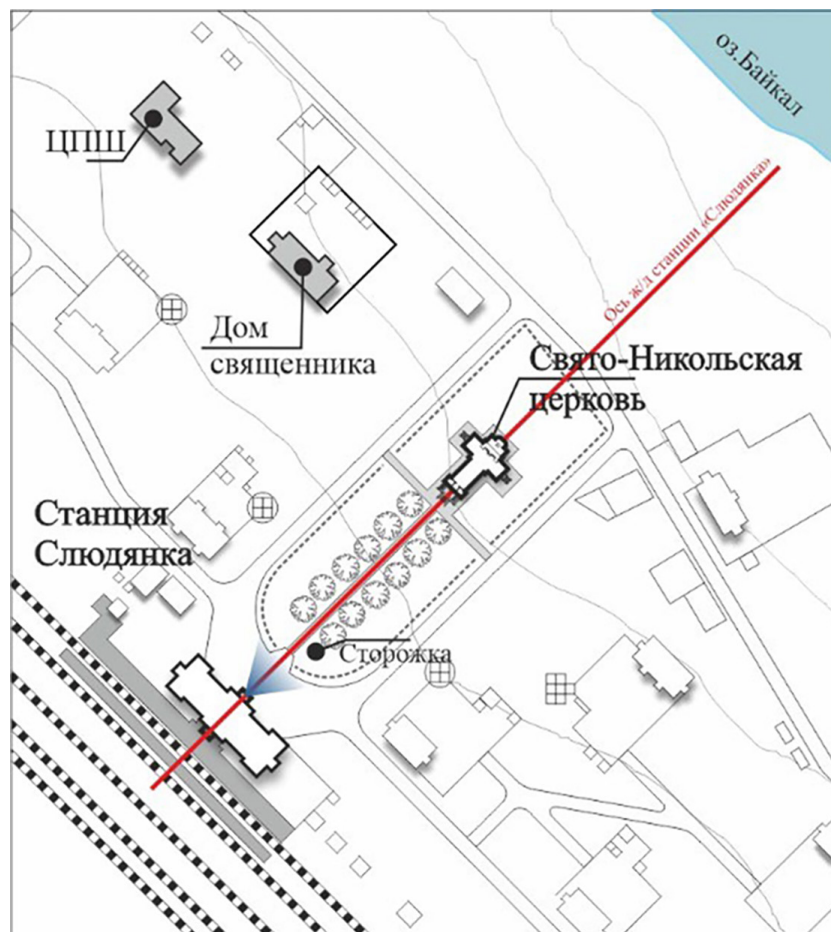


Рис. 1. План размещения церкви на ст. Слюдянка*

С конструктивной точки зрения, здания храмов на станциях мало чем отличались от других построек ж/д комплекса, так как строились из доступных материалов силами тех же рабочих [14]. Типовые церкви рубились из круглого леса на каменном фундаменте и покрывались металлической кровлей. Стены обшивались тёсом и окрашивались масляной краской в манере станционных построек. Храмы по индивидуальным проектам возводились, преимущественно, из кирпича.

Композиционное решение культовых сооружений построено на взаимосвязи двух высотных объёмов: многоярусной храмовой части и шатровой башни колокольни. Храмы имели ясную трёхчастную структуру, положенную на симметричный продольно-осевой, центричный или крещатый план. Доминирование центральной части было выявлено в объёме высотной ярусной композиции сруба типа «четверик на четверике» или «восьмерик на четверике», которую венчало шатровое или пятиглавое завершение. Алтарная

* РГИА Ф.350. Оп.82. Д.20. Л.1.

апсида и развитый притвор примыкали к центральному объёму в виде более низких прирубов. Колокольня в большинстве случаев располагалась над притвором и представляла собой многоярусный объём под высокой шатровой кровлей [15]. Этажность храмов не превышала одного этажа. Подклёты в церквях устраивались крайне редко – только с целью размещения в них отопительного оборудования [16].

Архитектура культовых зданий Транссибирской магистрали отличается выраженным регионализмом. В зависимости от участка строительства, менялись факторы, оказывающие влияние на архитектурно-художественный облик храмов. Несмотря на преимущественно типовой подход в проектировании как храмов, так и построек ж/д комплексов, каждая станция имела свой, как бы сейчас выразились, «дизайн-код», проявляющийся не только в колористическом, но и в декоративном своеобразии построек [17]. Наличники, подзоры, люкарны, коньки крыш, свесы, полотенца – всё многообразие резных декоративных элементов выполнялось местными мастерами в стилистике региональных ремесленных школ. Для примера можно сравнить детали однотипных храмов Средне-Сибирской и Забайкальской линий, отражающих мотивы сибирской и бурятской традиций (рис. 2).

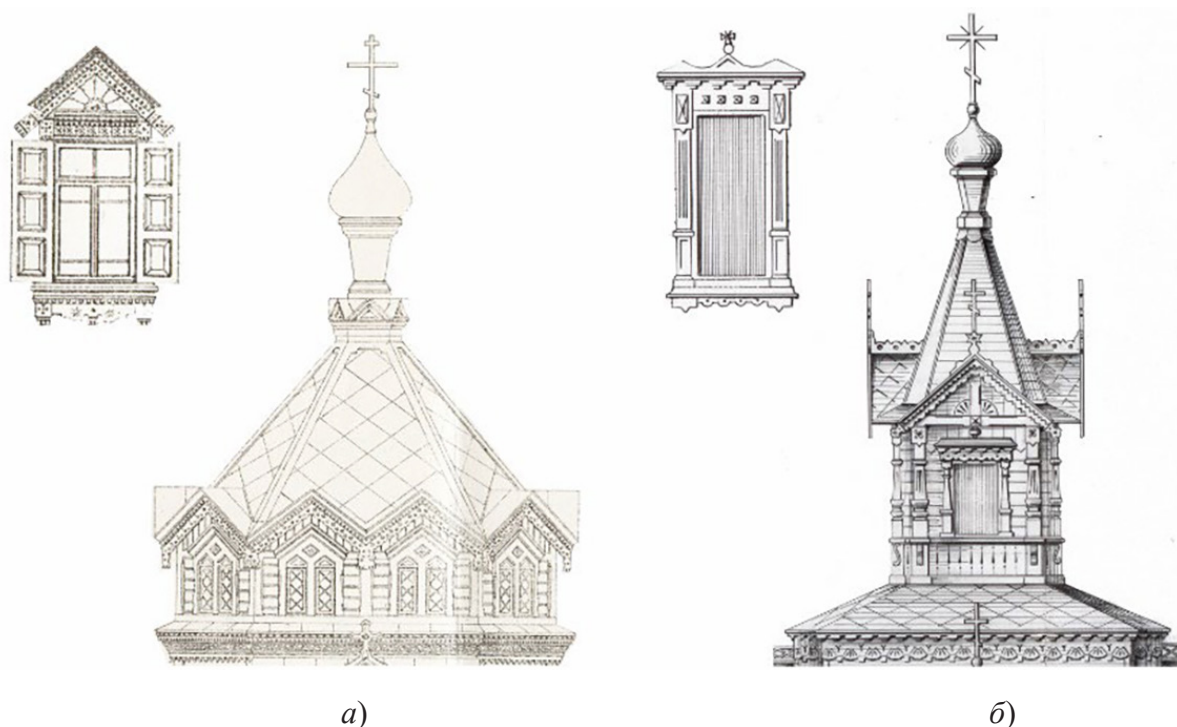


Рис. 2. Детали храмов: а – Средне-Сибирской ж/д; б – Забайкальской ж/д**

Обилие ажурной резьбы храма Средне-Сибирской линии контрастирует с лаконичной сдержанностью декоративного оформления церкви Забайкальского участка.

При адаптации типовых проектов к условиям конкретной станции, в зависимости от местоположения храма, наличия рельефа, численности прихожан и пр., коррективы вносились в том числе и в габаритные параметры зданий: увеличивалась высота, устраивались дополнительные приделы, расширялись молитвенные помещения. Ярким примером служат образцовые храмы Средне-Сибирской ж/д (рис. 3).

** РГИА Ф.1273 Оп.1 Д.456, РГИА Ф.1273 Оп.1 Д.458 Л.65 Б.

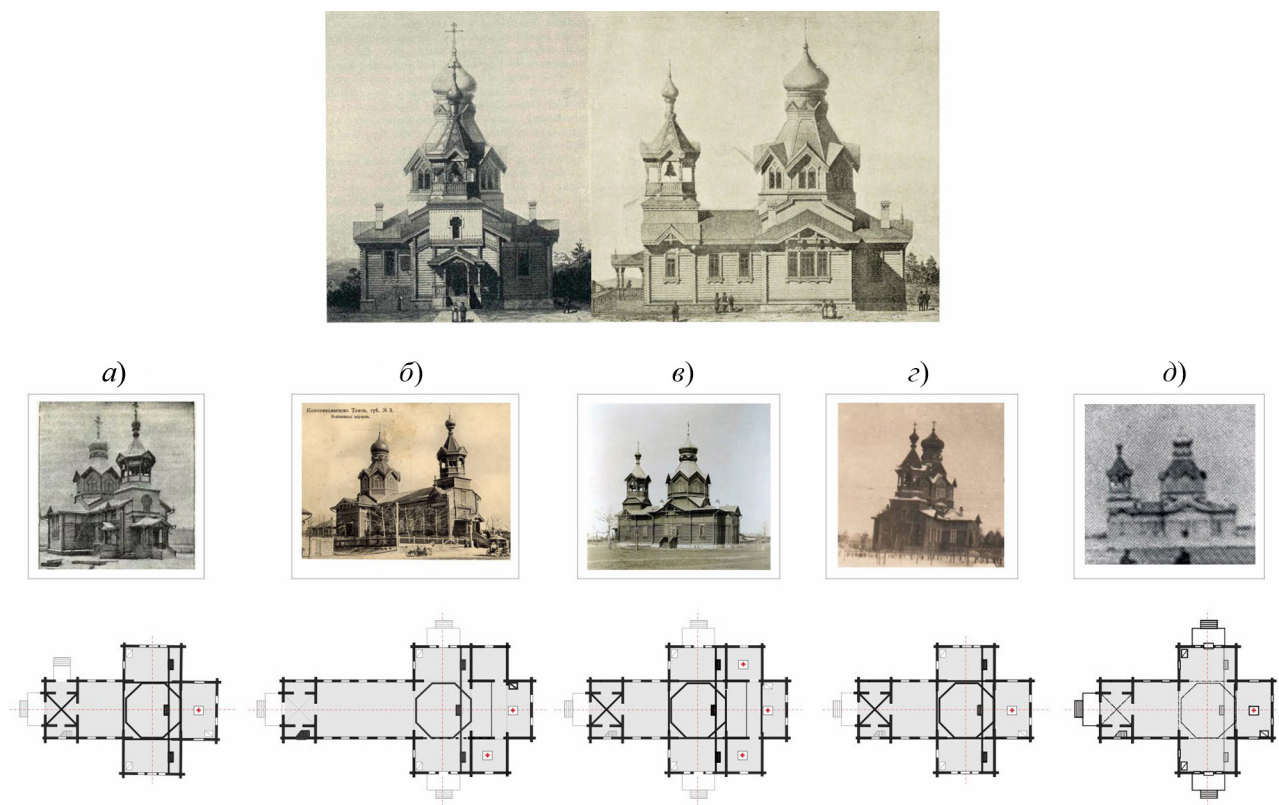


Рис. 3. Проект церкви для Сибирской ж/д: а – церковь Св. равноап. княгини Ольги на ст. Уяр; б – церковь Св. пророка Даниила на ст. Обь; в – церковь Свт. Николая Чудотворца на ст. Боготол; г – церковь Свтт. Московских Петра, Алексия, Ионы и Филиппа на ст. Петрушково; д – церковь Св. муч. Фёдора Тирона на ст. Зима*

Если считать проект дошедшей до наших дней Ольгинской церкви на ст. Уяр образцовым, то в храмах Св. пророка Даниила на станции Обь и Свт. Николая Чудотворца на ст. Боготол были устроены дополнительные приделы в прирубках к алтарной части, в тех же церквях и храме на ст. Зима имелись боковые выходы из центрального помещения, в Свято-Данииловской церкви расширен притвор, а в церкви на ст. Петрушково отсутствовал выход на улицу из вспомогательного помещения входной группы.

Более серьёзные корректировки эталонных проектов в конструктивном и объёмно-планировочном решениях можно наблюдать в храмах Забайкальской, Амурской и Китайско-Восточной линий (рис. 4).

На Забайкальском участке, за неимением квалифицированных кадров архитекторов в штате, проектирование церквей для станций легло на плечи инженеров ПС. Исходя из принципов оптимального использования пространства и сохранения тепла в зданиях (в условиях вечной мерзлоты и холодного климата), авторы проектов отказались от световых глав, заменив их ложными, а также применяли преимущественно компактные по объёму и планировке решения. Кроме того, в объёмно-пространственном решении

* Книга «Путеводитель по Великой Сибирской железной дороге», СПб. 1900; Дипломный проект студента СФУ С. Юдина; открытки начала XX в.

храмов этого участка прослеживаются композиционные приёмы культовых сооружений бурят – буддистских дацанов (рис. 4, а).

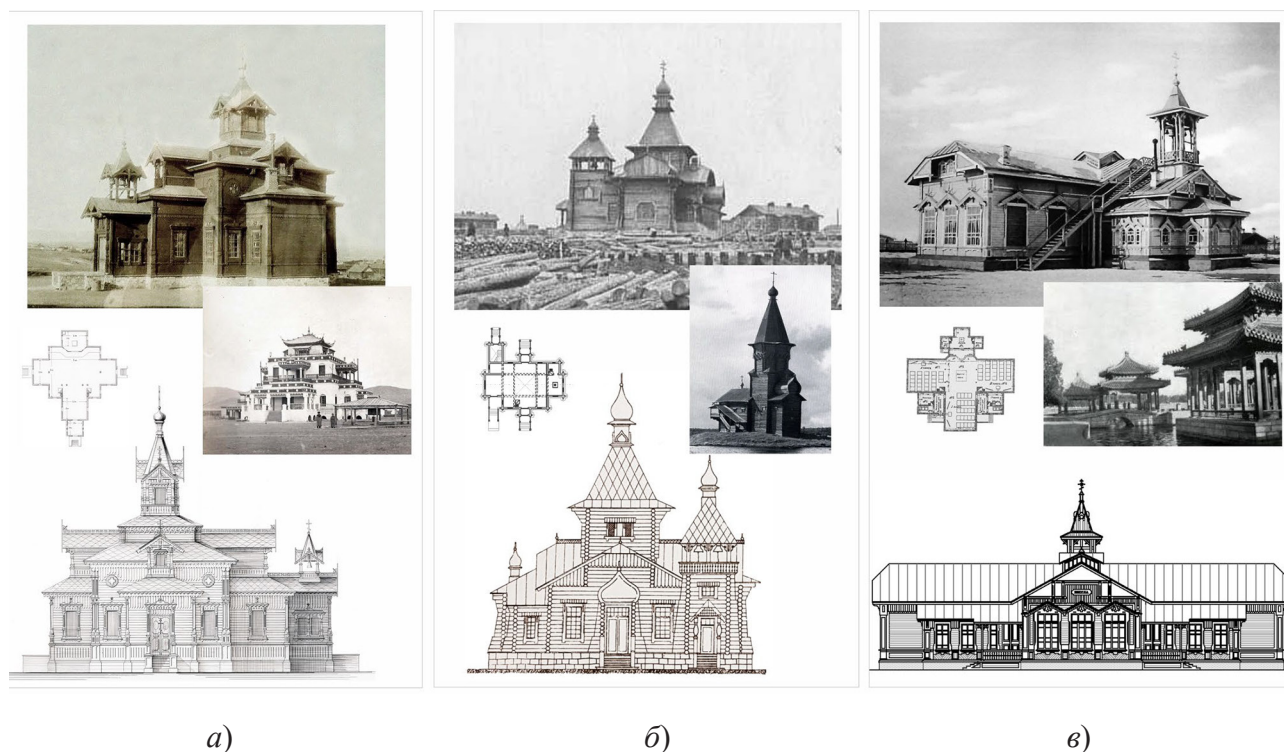


Рис. 4. Стилизаторство в культовой архитектуре: а – Забайкальской ж/д; б – Амурской ж/д; в – Китайско-Восточной ж/д**

На Амурской ж/д применялся совершенно нетипичный с первого взгляда образцовый проект церкви, выполненный в манере шатровых церквей Русского Севера. Авторы проекта стремились найти прототип, максимально отвечающий географическим и природно-климатическим требованиям местности: холодный климат, рельеф и отсутствие других высотных ориентиров [18]. В существующих параметрах требовался яркий запоминающийся образ с выразительным силуэтом и широким радиусом видимости (рис. 4, б).

Асимметричное в плане здание в объёме представляет собой композицию с доминирующим многоярусным центральным шатровым объёмом и примыкающим к нему с угла небольшой башне колокольни. Диагональное расположение вертикалей здания, перекликающееся с принципом «тройника», применявшегося в ансамблях погостов Русского Севера, помогло расширить диапазон видовых точек восприятия церкви на станциях Амурской ж/д. В художественном оформлении здания применялись такие узнаваемые элементы, как крещатая бочка, полицы на кровле, имитация повалов, кровельного рисунка, расширения брёвен нижней части стен. Стилизация в данном случае оказалось удачным решением для культового здания в однотипной застройке станций Амурской линии.

** РГИА Ф.1273 ОП.1 Д.458 Л.65 Б; Альбом типовых исполнительных чертежей Западной части Амурской ж. д. СПб., 1915; Альбом сооружений и типовых чертежей Китайско-Восточной железной дороги. 1897–1903 гг. СПб., 1903

Церкви-школы Китайско-Восточной ж/д отражают попытку интегрировать русские традиции в китайскую культуру [19]. Внешний силуэт и пространственные характеристики зданий напоминают традиционную для того времени китайскую архитектуру: небольшие по высоте каркасные здания, покрытые приземистой кровлей (рис. 4, в).

Конструктивно же церкви-школы мало чем отличались от других построек станции: это был всё тот же деревянный сруб под металлической кровлей. Для сохранения стилового единства с местной архитектурой, фасады здания облицовывались в манере, напоминающей каркасные дома. Некоторые традиционные китайские конструктивные приёмы всё же проникли в архитектуру культовых зданий. Совмещение функций церкви и школы в одном этаже требовало свободной планировки центрального объёма, что стало возможным благодаря применению колонн, поддерживающих балки перекрытия центральной части здания. Помимо этого, для освещения храма в кровле был устроен световой фонарь [20].

Выводы

Подводя итог, можно сказать, что храмы Транссибирской магистрали, несмотря на преимущественно типовой подход в проектировании и строительстве, обладают чертами архитектурно-художественного своеобразия. Принципиально храмы строились в ансамблевой или видовой взаимосвязи с вокзалом и ж/д; обладали общностью конструктивных, композиционных и стилистических приёмов с постройками пристанционного комплекса; сопровождалась зданиями школы и причтовых домов. Типовые проекты адаптировались под местные условия с изменением габаритных параметров здания. Регионализм в архитектуре храмов Транссибирской магистрали выражался приёмами стилизации.

На сегодняшний день, культовое наследие Транссибирской магистрали находится на грани исчезновения. Из 100 выявленных объектов храмового зодчества только 20 сохранилось с разной степенью утрат. Обозначенные в статье архитектурно-художественные особенности храмов говорят о высокой историческо-культурной ценности этих объектов, составлявших единое целое с постройками ж/д комплексов станций и являющихся носителями культурной идентичности нашей страны.

Литература

1. Харченко Л. Н. Фонд имени императора Александра III и церковно-школьное строительство вдоль линии Транссибирской железнодорожной магистрали / Л. Н. Харченко // Культура. Наука. Образование. – 2013. – № 2(27). С. 69–78.
2. Журин Н. П. Школы и церкви на Великом сибирском железнодорожном пути (о деятельности фонда императора Александра III) / Н. П. Журин // Баландинские чтения. – 2014. – Т. 9, № 1. С. 239–247.
3. Хобта А. В., Гордиенко Т. Н. Инженеры – создатели Транссиба. Тверь : Тверская фабрика печати, 2017. С. 11.
4. Батуринов С. П., Батурина Т. В. Роль благотворительного фонда имени императора Александра III в церковном строительстве в Сибири в период массовых крестьянских переселений в конце XIX – начале XX века // Социогуманитарный вестник. – 2012. № 2(9). С. 59–61.
5. Сибирские церкви и школы. К 10-летию Фонда имени императора Александра III (1894–1904). СПб., 1904. С. 25–28.

6. *Кириченко Е. И.* Русский стиль. М. : БуксМАрт, 2020. С. 183–185, 483.
7. РГИА Ф. 216. Оп. 2. Д. 175.
8. *Магазинер Н. А.* Железнодорожные храмы Транссибирской магистрали. СПб. : Реноме, 2016. С. 74–96.
9. Альбом типовых исполнительных чертежей по постройке Забайкальской железной дороги, Иркутск-Байкальской ветви, ветви к Китайской границе и пристаней для парома-ледокола на озере Байкале. 1895–1901 гг. Л. 1, 3.
10. *Ушаков Ю. С.* Деревянное зодчество русского Севера: (Народные традиции и современные проблемы). – Л. : Знание, 1974. С. 8–27.
11. *Смирнова Е. А.* Историография изучения архитектуры Великой Сибирской железной дороги в период строительства и первые годы ее эксплуатации // Исторический опыт изучения и освоения Сибири. – Вып. 1: Сборник тезисов докладов Всесоюзной научной конференции / Институт истории, филологии и философии СО АН СССР. – Новосибирск, 1986. С. 156–158.
12. *Петухова Н. М.* Архитектурный комплекс железной дороги Вологда-Архангельск // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2007. № 3. С. 138–144.
13. *Масленникова Д. С.* Церкви-школы на станциях Китайско-Восточной железной дороги // Вестник ТГАСУ. 2008. № 1. С. 21–29.
14. *Хобта А. В.* Церковное строительство на Транссибе. Конец XIX – 1917 г. / А. В. Хобта. – Тверь : Тверская фабрика печати, 2017. С. 3–10.
15. *Остроушенко Е. Б.* Типовое церковное строительство при станциях Сибирского железнодорожного пути конца XIX – начала XX века. // Современные проблемы истории и теории архитектуры : Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – СПб. : СПбГАСУ, 2022. С. 145–150.
16. *Остроушенко Е. Б.* Региональные особенности храмов при станциях Великого Сибирского пути конца XIX– начала XX века. – Системные технологии. – 2023. – № 2(47). С. 205–213.
17. *Принцева Г. А.* Сибирский путь Павла Пясецкого / Г. А. Принцева; Государственный Эрмитаж. – СПб. : Изд-во Гос. Эрмитажа. 2011. С. 102–103, 122, 149–150, 216–219.
18. *Ополовников А. В.* Русское деревянное зодчество : памятники шатрового типа; памятники клетского типа и малые архитектурные формы; памятники ярусного, кубоватого и многоглавого типа / А. В. Ополовников. – М. : Искусство, 1986. С. 6–10.
19. *Глатоленкова Е. В.* Архитектурные и градостроительные особенности поселений вдоль Китайско-Восточной железной дороги / Е. В. Глатоленкова // Актуальные проблемы теории и истории региональной архитектуры : Материалы международной конференции, Хабаровск, 10–12 ноября 2020 года / Редколлегия: М. Е. Базилевич (отв. ред.) [и др.]. – Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2020. С. 245–248.
20. Альбом сооружений и типовых чертежей Китайско-Восточной железной дороги. 1897–1903 гг. – СПб., 1903. Л. 283.

УДК 725

Варвара Александровна Семенова,
ст. преподаватель,
генеральный директор (ООО «ЛОО»)
Ирина Николаевна Мальцева,
канд. техн. наук, доцент
(Уральский федеральный университет имени
первого президента России Б. Н. Ельцина)
E-mail: vareiiika@mail.ru,
i.n.maltceva@urfu.ru

Varvara Aleksandrovna Semenova,
senior lecturer
Managing Director (LLC LAW)
Irina Nikolaevna Maltseva,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Ural Federal University named after the first
President of Russia B. N. Yeltsin)
E-mail: vareiiika@mail.ru,
i.n.maltceva@urfu.ru

**СОХРАНЕНИЕ, АДАПТАЦИЯ И ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЕ НАСЛЕДИЯ
ПРОМЫШЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ**

**PRESERVATION, ADAPTATION AND REINTERPRETATION
OF INDUSTRIAL ARCHITECTURAL MONUMENTS**

Со времен промышленной революции XIX века и индустриализации 30-х гг. XX века, последующего стремительного индустриального строительства и прошло не мало времени. Разные периоды подъема промышленности и увеличения производства оставили городам и поселениям свое наследие. Оно дошло до нас в разной степени сохранности, имеет различный исторический и архитектурный контекст и множество вариантов дальнейшего использования. Комплексные действия по сохранению, адаптации и переосмыслению промышленной архитектуры позволят сохранить индустриальный слой и интегрировать его в жизнь современного города. Производственные здания легко поддаются замене или смене функции.

Ключевые слова: индустриальное наследие, реконструкция, временная адаптация, временная функция производственного здания, реновация промышленных зон.

Since the Industrial Revolution of the 19th century and the industrialization of the 1930s and rapid industrial development has been a long time. Different parts of industrial growth and expansion of production have left their legacy to cities and towns. It was came down to us in various preservation with a different historical and architectural context and many developments for further use. A set of actions to preserve, adapt and rethink industrial architecture will give an opportunity to preserve the industrial layer and integrate it into the modern city life. Industrial buildings are easy to replace or change functions due to their design and space-planning features, have several options for reuse or preservation of functioning.

Keywords: industrial heritage, reconstruction, temporary adaptation, temporary function of industrial building, renovation of industrial zones.

Введение

Активное промышленное строительство началось в XIX в период развития идей и производственных направлений после формирования промышленной отрасли в целом [1].

В XX веке продолжилось повсеместное становление и развитие промышленности. На территории СССР, после гражданской войны, в период с 1917 по 1932 годы велось активное строительство объектов энергетики, что дало начало появлению индустриальных центров для разных отраслей промышленности. С 1933 по 1941 годы росли объемы

и темпы промышленного строительства, начался процесс стандартизации, типизации строительных изделий и проектов. В это время шла работа над поквартальным развитием промышленных зон городов страны. В 1941–1954 г. шло строительство на отдаленных территориях, на восток страны были эвакуированы многие предприятия южной и центральной части. С 1955 по 1970 годы наблюдается очередной подъем промышленного строительства за счет механизации производства, появления новых технологий строительства, автоматизации процессов. В этот период возникает новый тип производственных зданий – крупные, сблокированные объекты с обширным свободным внутренним пространством для быстрой перепланировки и смены оборудования [2].

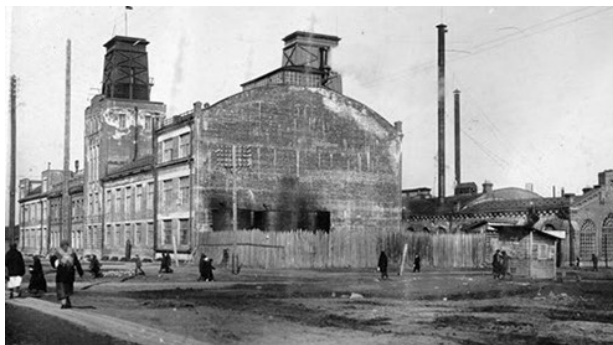
На сегодняшний день территории индустриальной застройки, так называемый серый пояс городов, может занимать 20–50 % площади [3]. В ходе урбанизации и расширения городской территории многие производственные объекты стали частью густонаселенных районов [4].

Работа с индустриальным наследием поможет создать в городах устойчивую культурную среду для объектов – представителей различных архитектурных стилей и функционального назначения. Комплексный подход позволит рассмотреть различные варианты – сохранение промышленного назначения, смена типа промышленности или новая функция, работа не только непосредственно со зданием, но и с благоустройством, малыми архитектурными формами, поиском новых функций и форм взаимодействия с зданиями и прилегающей территорией.

Рассмотрим долгосрочные варианты действия с построенным ранее промышленным объектом в городской черте. В целях более широкого охвата объектов исследования мы не будем отдельно затрагивать тему охраняемых государством памятников.

Долгосрочные варианты

Снос устаревшего здания. Отказ от устаревших объектов, их снос и возведение новых, современных комплексов – неизбежная часть развития. В центральной части городов часто присутствует дефицит земельных участков. В таких случаях просторные территории, обычно занимаемые предприятиями, вызывают интерес. Преимуществом этого варианта является свободный земельный участок, без обременения. Из минусов можно отметить утрату индустриального объекта, отсутствие повторного использования конструкций и материалов, большой объем строительного мусора. Среди примеров редевелоппмента промышленных зон, без сохранения старых промзданий можно упомянуть здание Новосибирского жирового комбината XIX века (до 1953 года Мыловаренный завод) (рис. 1, а). Местная общественность выступала за сохранение здания с перепрофилированием под общественную функцию. Несмотря на это, в настоящий момент на данном участке возведен жилой квартал «Огни Сибири» (рис. 1, б) [5].



а)



б)

Рис. 1. Редевелопмент промзоны, без сохранения старых промзданий: а – Новосибирский жировой комбинат. *Источник:* https://info.sibnet.ru/ni/561/561253_61_1580984092_ltopfkwpkao.jpg; б – жилой комплекс «Огни Сибири». *Источник:* https://nscan.ru/im/J/7/O/J7OZOF_6252.jpeg

Реновация со сменой функции

В последние два десятилетия появилось множество примеров реновации промышленных объектов XIX, начала XX. Здания получили разнообразные новые функции – офисные, административные, жилые, общественные: фудкорты, торговые центры, различные зрелищные пространства – универсальные залы, кинотеатры и тому подобное [6, 7, 8].

В качестве примера рассмотрим Дом культуры «ГЭС-2» по проекту Ренцо Пьяно (RPBW) [9]. Здание электростанции, ранее снабжавшей районы Москвы электричеством, было переосмыслено в «систему художественного производства и производства знаний средствами современного искусства» [1]. Таким образом, в центре Москвы появилась новая точка притяжения – культурно-просветительское пространство, сохранившее историческую архитектуру. Была проведена обширная работа с прилегающей территорией – присутствуют сады, амфитеатр, малые и крупные архитектурные формы (рис. 2).

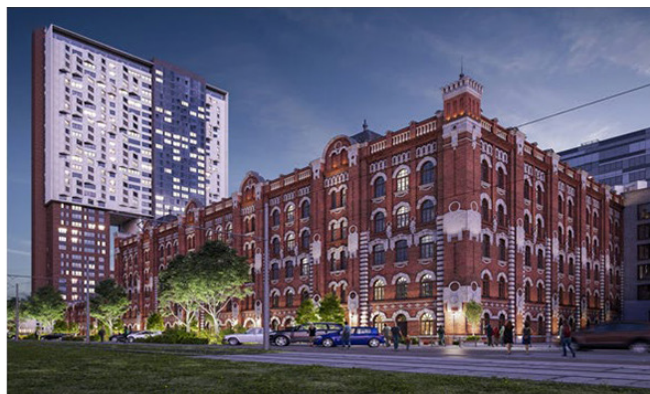


Рис. 2. Дом культуры «ГЭС-2»
Источник: https://ic.pics.livejournal.com/vladimirdar/64625554/3239770/3239770_1000.jpg

Изменение функции может быть не только на общественное или культурное пространство, но и на современный многофункциональный комплекс с жилыми помещениями. Примером может служить многофункциональный комплекс «Мельница» в Екатеринбурге, который возведен с сохранением трёх зданий и одного фасада мельницы Бочарникова-Первушина 1907 года постройки (рис. 3, а). Новый проект преобразил депрессивный район (рис. 3, б).



а)



б)

Рис. 3. Изменение функции здания на общественное и культурное пространство:

а – Мельница Бочарникова-Первушина.

Источник: https://melnitsa.su/wp-content/uploads/history_8_1600x1200.jpg;

б – ЖК «Мельница». Источник: [gallery_index_night_04_1600x1200.jpg](#)

Реконструкция, капитальный ремонт, техническое перевооружение с сохранением функции

Рассмотрим возможные подходы к проблеме:

Собственник производственного объекта не рассматривает смену места нахождения производства, но готов провести реконструкцию.

Собственник готов рассмотреть возможность открытия для посетителей часть территории – показать дружелюбность индустриальной зоны. Сейчас по ряду причин производственные комплексы окружены заборами и имеют строгую пропускную систему, речь идет об интеграции части территории в общественную зону.

В качестве примера реконструкции и интеграции можем рассмотреть музейный комплекс «Северская Домна». На территории 8000 квадратных метров расположены экспозиция под открытым небом, здание доменного цеха с домной середины XIX века, музей в здании бывшего кирпичного завода.

Таким образом, предприятие имеет мультифункциональное пространство, в котором хранится история завода и производства, а также проводятся культурно-массовые и деловые мероприятия (рис. 4). На обширной территории по соседству продолжается производственный процесс предприятия группы компаний «ТМК». Музейный комплекс открыт для посетителей в выходные и праздничные дни.

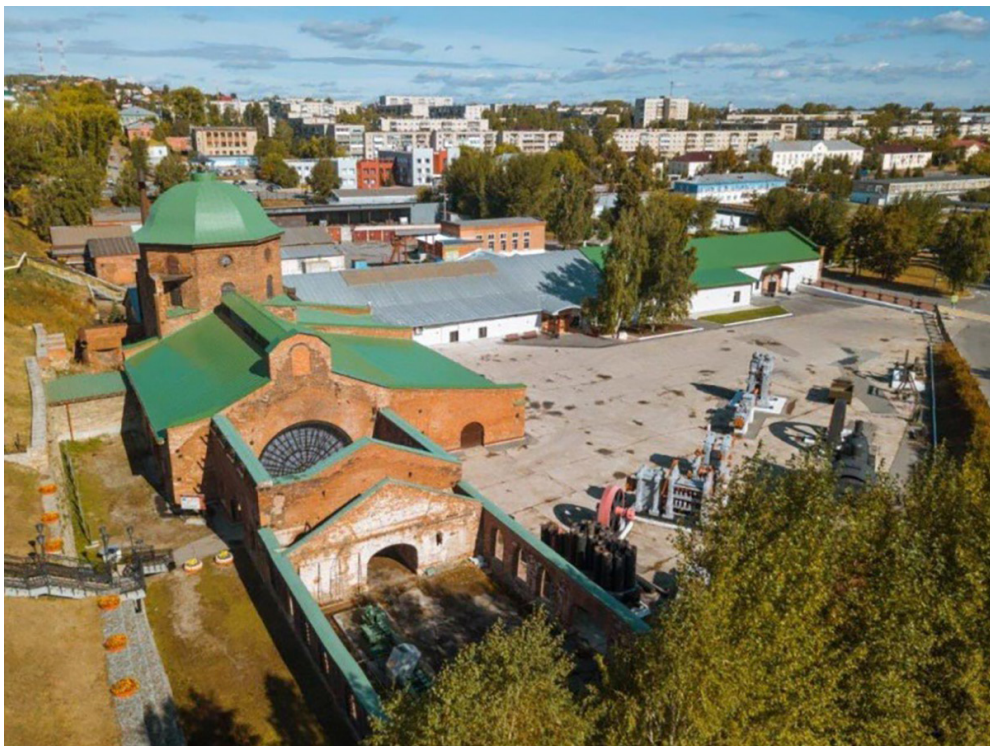
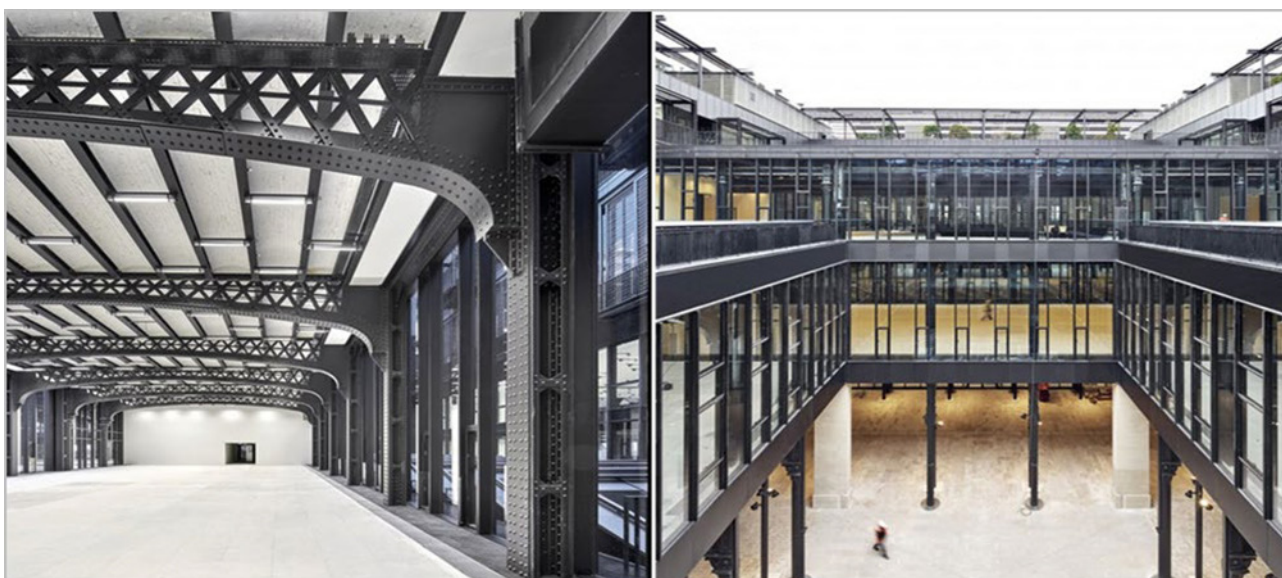


Рис. 4. Музейный комплекс «Северская Домна». Г. Полевской, Свердловская область.
Источник: <https://corporate-museum.ru/wp-content/uploads/2019/09/6e78447ee0.jpg>

Другим примером реконструкции с частичным сохранением функции может служить здание Луврского почтамта Перро. После реконструкции в здании по-прежнему находится почтовое отделение, но появились кафе, магазины, офисы и отель. Исторический каркас здания открыт в интерьер, что делает образ здания уникальным (рис. 5, а, б).



а)

б)

Рис. 5. Луврский почтамт Перро: а – интерьер; б – внутренний двор.

Источник: <https://files.mediiia.ru/postimages/3768/9acdd33c9fc74eeda138e40b62b82681/490720801adc4bec803ac0e0d2674b5c1152x626.jpg>

Краткосрочные варианты

Адаптация и переосмысления существующего индустриального слоя городской территории могут быть запущены посредством минимального вмешательства. Для этого подходят краткосрочные варианты действий.

Временная смена функции

Проводить арт-фестивали, выставки, биеннале, концерты и другие мероприятия возможно осуществить, если производство уже остановлено, с минимальным вмешательством в существующее здание для безопасности посетителей. На Урале был организован фестиваль «Лето на заводе» и креативный кластер «На заводе». Так в 2020 году переродилась территория завода Турчаниновых-Соломирских (город Сысерть, Свердловская область). Прежде в течение тридцати лет завод был заброшен [10]. Сейчас здесь проходят стратегические сессии, форумы, презентации проектов, учатся взрослые и дети (рис. 6). Во время фестиваля организованы концерты, экскурсии, театральные постановки и многое другое. Благодаря этому повысилась деловая активность территории, а о самом заводе Турчаниновых-Соломирских узнало большое количество людей, что может сформировать общественный запрос на восстановление объектов завода.



Рис. 6. «Лето на заводе», г. Сысерть, Свердловская область.

Источник: https://uralcult.ru/files/2022y/07m/21d/novyiy_proekt_3140548.jpg

Переосмысление и переопределение зданий и сооружений промпредприятий в арт-объекты

Промышленные предприятия устраивают конкурсы граффити, делают роспись своих действующих объектов (рис. 7). Таким способом можно повысить лояльность горожан к промышленной площадке, раскрыть новые смыслы и символы, добиться узнаваемости продукции, бренда, территории.



а)



б)

Рис. 7. Граффити на промпредприятиях: а – роспись завода Akkermann; б – арт-объект для компании «Ростелеком». *Источник: GraffitiRussia*

Критерии для принятия решения

Рассмотрим критерии, которые можно использовать для принятия решения о дальнейшей судьбе выведенного из эксплуатации промышленного объекта, его долговременном сохранении, адаптации или сносе:

Анализ результатов историко-культурной экспертизы, если она нужна для объекта [11].

Градостроительный анализ земельного участка, который позволит определить потребность конкретного района в объекте того или иного функционального назначения [11, 15].

Оценка результатов технического обследования зданий и сооружений. Анализ полученной информации о состоянии строительных конструкций, их прочности и устойчивости. Нередко конструкции промышленных зданий рассчитаны на значительные нагрузки и воздействия, что позволит выполнить надстройку, пристройку или встройку дополнительных этажей.

Анализ потенциала пространства для смены функции или смены производственного процесса. Часто производственные здания дают простор для воображения архитектора, так как имеют большую высоту и широкие пролеты, либо регулярную сетку колонн, хорошее освещение в разных уровнях, в том числе верхнее освещение [2, 12].

Качественная оценка объекта недвижимости для размещения в нем той или иной функции. В зависимости от предполагаемого назначения оценке могут подлежать различные факторы: плотность населения поблизости, доступность на личном и общественном транспорте, наличие нового строительства и другое [13].

Заключение

Авторами были проанализированы проекты современных архитекторов, затрагивающие темы потенциала редевелопмента промышленных территорий, предпосылки и целесообразность использования бывших производственных зданий, способность промышленного наследия соответствовать критериям современного использования зданий, территорий и пространств, примеры сохранения архитектурно-промышленного наследия.

В одних источниках промышленную архитектуру называют серой [3], в других – лишней [14]. Зачем нужна работа по сохранению, адаптации и переосмыслению промышленного наследия? Многие индустриальные здания находятся на городских территориях, являются частью окружающей жилой застройки, значимое число людей находятся в постоянном контакте с промышленной архитектурой. Любой объект, не зависимо от того, как на сегодняшнем этапе общество оценивает его значимость, ценность, архитектурную выразительность, является представителем своего времени, периода в истории, этапа развития города или района, чем-то новым и уникальным в своей отрасли промышленности. Перемена отношения к наследию разных эпох, осознание их ценности, может произойти в любой момент. Используя различные варианты сохранения, адаптации и переосмысления наследия можно избежать утраты индустриального городского слоя.

Производственные здания легко поддаются замене или смене функции за счет своих конструктивных и объемно-планировочных особенностей, имеют несколько вариантов возможных действий для повторного использования или продолжения функционирования.

Литература

1. Егоров М. В. Этапы развития промышленной архитектуры. Кризис типологии промышленной архитектуры / М.В. Егоров. – Текст : непосредственный // Международный научный журнал «Инновационная наука». – 2022. – № 5. – С. 133–134.
2. Всеобщая история архитектуры в 12 томах. Архитектура СССР / под редакцией Н. В. Баранова. – Москва : Стройиздат, 1975. – 756 с.
3. Промо прома: новая жизнь производственных зданий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://archsovet.msk.ru/news/promo-proma-novaya-zhizn-proizvodstvennyh-zdaniy> (дата обращения: 20.11.2024).
4. Концепция формирования общественных пространств крупного города на базе территориальных образований объектов индустриального наследия / Г. Н. Черкасов, О. Ю. Суслова, Д. Д. Попова, О. В. Лапина. – Текст : непосредственный // Наука, образование и экспериментальное проектирование. – 2020. – № 1. – С. 387–391.
5. Турыгина С. А. Сохранение и адаптация архитектурно-промышленного наследия в российских городах / С. А. Турыгина. – Текст : непосредственный // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 3. – С. 321–326.

6. *Трибельская Е. Г., Московцева А. М.* Особенности реновации агропромышленных комплексов (на примере элеваторов) / Е. Г. Трибельская, А. М. Московцева. – Текст : непосредственный // Системные технологии. – 2019. – № 32. – С. 84–95.

7. *Жиленко О. Б., Ниметуллаева, У. М.* Адаптация существующих зданий к новой функции / О. Б. Жиленко, У. М. Ниметуллаева // Строительство и техногенная безопасность. 2021. № 21(73). С. 17–26.

8. *Толпинская Т. П., Альземенова Е. В., Мамаева Ю. В.* Основные направления реновационного процесса в преобразовании промышленных территорий под общественные пространства / Т. П. Толпинская, Е. В. Альземенова, Ю. В. Мамаева – Текст : непосредственный // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2019 г. – № 3 (29). – С. 52–63.

9. *Божко О.* Дом культуры «ГЭС-2»: создавая культуру будущего / О. Божко. – Текст : электронный // Электронный журнал INTERIOR+DESIGN. – URL: <https://www.interior.ru/art/13017-dom-kulituri-ges-2-sozdavaya-kulituru-buduschego.html>. – Дата публикации 4 декабря 2021.

10. *Адрианова С. А.* Методики промышленного редевелопмента чугунолитейного завода в городе Сысерть / С. А. Адрианова. Текст : непосредственный // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. – 2023. – № 1. – С. 27–32.

11. *Елькина О. В.* Историческая застройка в современной городской среде (на примере г. Кирова) комплексное развитие территории / О. В. Елькина. Текст : непосредственный // Строительство и техногенная безопасность. – 2018. – № 13(65). – С. 21–27.

12. *Проклушина Ю. А.* Интеграция промышленного объекта в городскую среду на примере фабрики «Тамбовский трикотаж» / Ю. А. Проклушина. Текст : непосредственный // European science. – 2024. – № 4(53). – С. 67–73.

13. *Барашев М. Н., Дворникова М. И.* Выбор варианта наилучшего использования промышленного объекта культурного наследия / М. Н. Барашев, М. И. Дворникова. Текст : непосредственный // Экономика строительства и природопользования. – 2022. – №1–2(82–83). – С. 78–88.

14. Лишняя архитектура, или пром в эпоху деиндустриализации // Проект Россия [Электронный ресурс]. – URL: <https://prorus.ru/interviews/lishnyaya-arhitektura-ili-prom-v-ehpohu-deindustrializacii/> (дата обращения: 20.11.2024).

15. *Рагино Г. Я., Явкина Ю. А.* Адаптация объектов индустриального наследия (на примере предприятий товарищества «Сибирский мукомол») / Г. Я. Рагино, Ю. А. Явкина. Текст : непосредственный // Баландинские чтения. – Новосибирск: Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств», 2018. – С. 589–593.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 711-1+379.85

Дмитрий Валерьевич Бобрышев,
канд. архит., доцент

Валерия Вадимовна Усачева,
магистрант

Диана Сергеевна Корниенко,
магистрант

Алёна Дмитриевна Коваленко,
студент

Екатерина Андреевна Куманина,
студент

Аида Игоревна Понкратенко,
студент

Анна Эдуардовна Ланг,
студент

(Иркутский национальный исследовательский
технический университет)

E-mail: d.v.bobryshev@yandex.ru,

lera.gabitova.00@bk.ru,

ckd.rr@yandex.ru,

k.a.d.19082002@gmail.com,

katenizm@gmail.com,

ponkratenko.aiza@mail.ru,

annalang03@mail.ru

Dmitriy Valerievich Bobryshev,
PhD in Arch., Associate Professor

Valeria Vadimovna Usacheva,
Master's degree student

Diana Sergeevna Kornienko,
Master's degree student

Alena Dmitrievna Kovalenko,
student

Ekaterina Andreevna Kumanina,
student

Aiza Igorevna Ponkratenko,
student

Anna Eduardovna Lang,
student

(Irkutsk National Research
Technical University)

E-mail: d.v.bobryshev@yandex.ru,

lera.gabitova.00@bk.ru,

ckd.rr@yandex.ru,

k.a.d.19082002@gmail.com,

katenizm@gmail.com,

ponkratenko.aiza@mail.ru,

annalang03@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

PROSPECTS FOR THE SPATIAL DEVELOPMENT OF TOURIST AND RECREATIONAL SYSTEMS IN THE CENTRAL ECOLOGICAL ZONE OF THE LAKE BAIKAL

В статье рассматриваются градостроительные факторы развития туристско-рекреационной деятельности в Центральной экологической зоне Байкальской природной территории. Цель работы – выявить основные перспективы развития туризма и отдыха в условиях уникальной природной системы озера Байкал. Основные задачи исследования: определить значение сложившейся системы расселения и структуры ландшафта как основы формирования рекреационных функций территории; выявить градостроительные предпосылки в развитии рекреационных систем муниципальных образований и населенных пунктов. Результаты работы содержат обзор некоторых методических подходов к исследованию туристско-рекреационных систем озера Байкал в дипломном проектировании по направлению подготовки «Градостроительство» ИРНИТУ.

Ключевые слова: озеро Байкал, туристско-рекреационные системы, расселение, ландшафт, рекреационные ресурсы, пространственный контекст развития, градостроительные тенденции.

The article considers urban planning factors in the development of the tourist and recreational activities in the Central ecological zone of the Baikal natural territory. The study aims to identify the main prospects for the development of tourism and recreation under conditions of the unique natural system of Lake Baikal. The main objectives of the study: to determine the importance of the existing settlement system and landscape structure as the basis for the development of recreational functions of the territory; to identify urban planning prerequisites in the development of recreational systems of municipal formation and settlements. The results of the paper contain an overview of some methodical approaches to the study and planning of tourist and recreational systems of Lake Baikal in graduate works in the field of training “Urban Planning” of INRTU.

Keywords: lake Baikal, tourist and recreational systems, settlement, landscape, recreational resources, spatial context of development, urban planning trends.

Введение

Озеро Байкал – уникальный природный объект, сохранение которого является одной из главных задач регионального развития в экологической и социально-экономической сферах. Понятие развития Прибайкальских территорий неразрывно связано с оптимизацией существующей системы расселения, организацией туристско-рекреационной и природоохранной деятельности, выявлением и систематизацией ресурсов доступных для рекреационного использования в условиях уникальных ландшафтов.

Основной целью данного исследования является выявление градостроительных предпосылок и перспектив устойчивого развития туристско-рекреационной деятельности в Центральной экологической зоне Байкальской природной территории (ЦЭЗ БПТ).

Задачи исследования: выявление и систематизация факторов пространственного развития туризма и отдыха; определение ресурсного потенциала ландшафтных и градостроительных комплексов в прибрежной зоне озера Байкал; определение перспектив пространственного развития туристско-рекреационных систем в ЦЭЗ БПТ

Методы

В основу данной работы положены методы исследования территориально-планировочной организации градостроительных систем в приложении к туристско-рекреационной деятельности, которая, в свою очередь, рассматривается как пространственно-планировочная подсистема сложившегося расселения, использующая в своем развитии общие и специализированные ресурсы [1].

В качестве методологической основы в работе исследуются следующие понятия:

Пространственный контекст развития – современная форма хозяйственной деятельности, сложившаяся на основе ландшафтно-географических условий и социально-исторического процесса расселения [2, 3, 4];

Туристско-рекреационный потенциал территории – совокупность природных и антропогенных объектов и условий, формирующих привлекательность среды для туризма и отдыха [5, 6].

В качестве исследовательских моделей в работе использованы методы территориально-системного и топологического анализа, а также типологическое классифицирование различных признаков пространственной организации территориальных систем [7, 8].

В рамках социально-экономического подраздела в работе рассматриваются исследования в области формирования рекреационных кластеров, на основе которых изучается существующее распределение рекреационных объектов и предпосылки пространственной дифференциации видов туристско-рекреационной деятельности [9].

Природоохранный контекст изучается в рамках ландшафтного планирования, определяющего принципы размещения различных компонентов природно-антропогенной среды на основе оценки ценности ландшафтных комплексов для различных видов освоения [10, 11].

Результаты и обсуждение

Обобщение теоретического опыта исследования градостроительных факторов организации и развития различных территориальных образований позволяет сформировать систему признаков, на основе которой можно судить о сложившейся территориально-системной организации, ресурсном потенциале и перспективах развития туристско-рекреационных систем различного масштаба (табл. 1) [12].

Таблица 1

Признаки территориально-системной организации туристско-рекреационной деятельности

№	Наименование признака	Описание
1	Территориально-системные, формирующие пространственный каркас развития	
1.1	Компоновочные	Основные объекты и элементы, определяющие целостность территориальных систем
1.2	Связевые	Главные и второстепенные элементы транспортной инфраструктуры, обеспечивающие доступность территории
1.3	Иерархические	Система градостроительных объектов в зависимости от их уровня влияния на территорию
2	Функционально-типологические, определяющие ресурсный потенциал развития	
2.1	Ресурсные	Насыщенность территории природными и культурно-историческими достопримечательностями, их взаимосочетание и положение по отношению к основным зонам и центрам туризма. Разделение районов по принципу преобладающих рекреационных функций
2.2	Инфраструктурные	Оснащенность территории средствами размещения, средствами связи, предприятиями питания, торговли и т.д., оценка их состояния и качества. Оборудованность объектов необходимыми элементами организации среды
2.3	Аттрактивные и ландшафтно-визуальные	Уникальность ландшафтно-визуальных и архитектурно-художественных качеств рекреационной среды, формирующая наиболее привлекательные условия для туризма и отдыха

№	Наименование признака	Описание
2.4	Природно-географические	Основные компоненты: рельеф, климат, воды, почвы, растительность и животный мир, характеризующие уровень комфортности, богатства, разнообразия и удобства их использования, а также эстетические качества места
2.5	Социально-экономические	Рекреационные кластеры: спрос на туристский продукт, взаимодействие с местным населением, сохранение культуры и традиций, уровень общеэкономического развития

В рамках исследования рекреационного потенциала в условиях уникальных природных территорий определяющее значение приобретает подход, на основе которого выявляются категории социальной ценности ландшафтно-рекреационных комплексов [13]. В данном исследовании выделены критерии значимости и чувствительности ландшафтов для туристско-рекреационного развития (табл. 2) [14].

Таблица 2

Критерии оценки социальной ценности ландшафтов для туристско-рекреационных целей

Категории социальной ценности	Критерий оценки значимости	Чувствительность к антропогенной нагрузке	Потенциал развития туристско-рекреационных функций
Природоохранная значимость	Уникальность, Уязвимость	Очень высокая	Очень низкий – высокий в зависимости от типа ОПТ
Эстетическая значимость	Контрастность, Живописность	Высокая	Низкий – высокий в зависимости от цели рекреационной деятельности
Историко-культурная значимость	Доступность, Артефактность, Оборудованность	Средняя	Низкий – высокий в зависимости от типа и презентабельности культурного наследия
Культурно-познавательная значимость	Доступность, Событийность, Оборудованность	Низкая	Высокий – очень высокий
Рекреационная значимость	Доступность, Оборудованность	Очень низкая	Очень высокий

Предпосылки развития туристско-рекреационной деятельности на оз. Байкал рассматриваются на трех территориальных уровнях организации: на общесистемном уровне – озеро Байкал в целом, на уровне муниципальных образований и на локальном уровне – населенные пункты и рекреационные места.

Обобщение информации на уровне озера Байкал позволяет выявить тенденций пространственной организации рекреации и туризма в контексте социально-исторического процесса развития территории (рис. 1).



Рис. 1. Структура сложившегося контекста развития туристско-рекреационной деятельности в Центральной экологической зоне оз. Байкал

Начиная с первой половины и до завершения XX в. в прибрежной зоне Байкала сформировались две противоположные тенденции в организации территории. Первая тенденция связана с индустриализацией побережья и послужила началом интенсивного развития уже сложившихся поселений (Култук, Слюдянка и др.), а также новых промышленных городов (Байкальск – 1961 г, Северобайкальск – 1974 г.). Развитие расселения активизировало формирование инфраструктуры, включая все виды транспорта, а также организованных и стихийных рекреационных мест, которые стали более доступны для посещения.

Вторая тенденция – природоохранная – отразилась в организации целого ряда особо охраняемых природных территорий (ООПТ), начиная с Баргузинского государственного биосферного заповедника – 1916 г. и заканчивая Прибайкальским и Забайкальским национальными парками – 1986 г., а также целым рядом заказников государственного и местного значения [15]. В 1996 г. Озеро Байкал признано Объектом всемирного наследия ЮНЕСКО. Итогом природоохранной тенденции XX в. можно считать Федеральный закон «Об охране озера Байкал» – 1999 г., определивший основные принципы правового регулирования в области охраны озера и экологического зонирования Байкальской природной территории*.

Период индустриализации оказал чувствительное влияние на экологию озера, и вместе с тем на данный этап приходится период максимального развития пространственного каркаса расселения. В пределах ЦЭЗ БПТ сформировалась транспортная инфраструктура,

* Федеральный закон от 01.05.1999 № 94-ФЗ. Об охране озера Байкал // <http://www.kremlin.ru/acts/bank/13787> (дата обращения: 22.11.2024).

послужившая основой для развития большинства населенных пунктов и рекреационных местностей.

В последнем десятилетии XX в. начали формироваться тенденции постиндустриального развития территории, являющиеся следствием природоохранной стратегии развития байкальского побережья.

Эта тенденция нашла отражение в депопуляции расселения, главным образом за счет оттока трудоспособного населения [16]. Исследования показывают сокращение людности населенных пунктов Байкала (1980–2020-е годы) почти в 2 раза.

В настоящее время на территории ЦЭЗ БПТ преобладают две основные тенденции развития: природоохранная и рекреационная.

Природоохранная тенденция обусловлена повышением роли экологических факторов в организации Байкальской природной территории. Она раскрывается во введении целого ряда природоохранных ограничений на хозяйственную деятельность, формируемых федеральным и местным законодательством, а также популяризации экологоориентированных видов освоения.

Тенденция туристско-рекреационного развития связана с интенсификацией рекреационной деятельности в наиболее доступных зонах. Основным следствием этого процесса является повышение антропогенной нагрузки на рекреационные местности. Данный аспект характеризуется целым рядом негативных явлений, плохо сказывающихся на экологическом и эстетическом состоянии прибрежных ландшафтов.

В целом повышение нагрузки вызвано хаотичным развитием рекреационной застройки в прибрежных зонах населенных пунктов, слаборегулируемым рекреационным освоением межселенных территорий, увеличением автомобильных потоков в рекреационные местности. Современная тенденция повышения автомобилизации населения позволяет полагать, что данный фактор будет усиливаться, в то время как многие существующие рекреационные зоны не способны принимать большие потоки автотранспорта по причинам экологических ограничений, отсутствия территориальных резервов для формирования паркингов и практически отсутствующей инфраструктуры обслуживания автотуризма.

В настоящий момент внутри рекреационной тенденции можно выделить несколько форм туризма.

Самоорганизованные места массового отдыха населения – «дикий отдых». Примером могут служить территории Малого моря, когда в период летних отпусков некоторые заливы материковой части приобретают вид палаточных городов. Исследования показывают, что более 70 % посетителей предпочитают именно такой вид отдыха. В летний период превышение рекреационной нагрузки на ландшафт в таких местностях может превосходить норму в 4 раза [17].

Слабоорганизованные рекреационные зоны в виде турбаз, гостиничных комплексов, дачных поселков, размещение которых в структуре территорий имеет фрагментарный и хаотичный характер. Основной особенностью данных объектов является закрытость территории.

Организованные рекреационные зоны формируются в условиях ООПТ, в рамках которых регулируется рекреационная деятельность, проводятся мероприятия по сохране-

нию рекреационных ландшафтов. Другой тип организованного туризма представляет собой проекты Особых экономических зон (ОЭЗ), предназначенных для формирования центров международного туризма на оз. Байкал [18]. При всех возможных преимуществах социально-экономического развития территории таких зон существуют сомнения в целесообразности интенсификации процессов урбанизации на побережье Байкала в ущерб приоритетам экологии, устойчивого развития и общественной полезности туристского освоения Байкальского побережья [19].

На данный момент к основным перспективам туристско-рекреационного развития территории Байкала следует отнести совершенствование рекреационной инфраструктуры в уже сложившихся рекреационных местах, а также повышение привлекательности населенных пунктов. К основным задачам следует также отнести развитие сети ООПТ регионального значения для формирования ядер организованного туризма и поддержания природы, а также совершенствование функциональной организации и режимов охраны ООПТ.

На уровне муниципальных образований основное внимание привлекают особенности территории, формирующие специфику ландшафтной и градостроительной топонимии и морфологии. В рамках муниципальных образований возникают следующие задачи развития:

Выявление степени рекреационной привлекательности территорий для туристско-рекреационных функций, в сочетании с доступностью территории, а также возможность формирования новых территориальных и функциональных направлений в развитии туризма и отдыха (рис. 2);

Определение уникальности природных и историко-культурных ландшафтов, зон сохранения природы и зон регулирования рекреационных нагрузок;

Выявление нарушенных ландшафтов и форм интеграции промышленного наследия в структуру туристско-рекреационного развития территории [20–22].

К основным перспективам развития туризма в рамках муниципальных образований относятся: формирование местной сети ООПТ, в рамках которых возможно сохранение достопримечательных мест; формирование рекреационных объектов, продвигающих местные культурно-исторические, ремесленные и другие особенности территории.

Отдельное место в структуре ЦЭЗ БПТ занимают населенные пункты, в развитии которых первостепенное значение имеют такие аспекты как доступность и обустройство целевых рекреационных ландшафтов и формирование архитектурно-художественных качеств рекреационной среды. Большое значение также имеет социально-экономический аспект развития, который выражен в формировании рекреационных кластеров [23, 24].

В рамках работы проведен сравнительный анализ населенных пунктов озера Байкал с целью выявления основных факторов их туристической привлекательности (рис. 3).

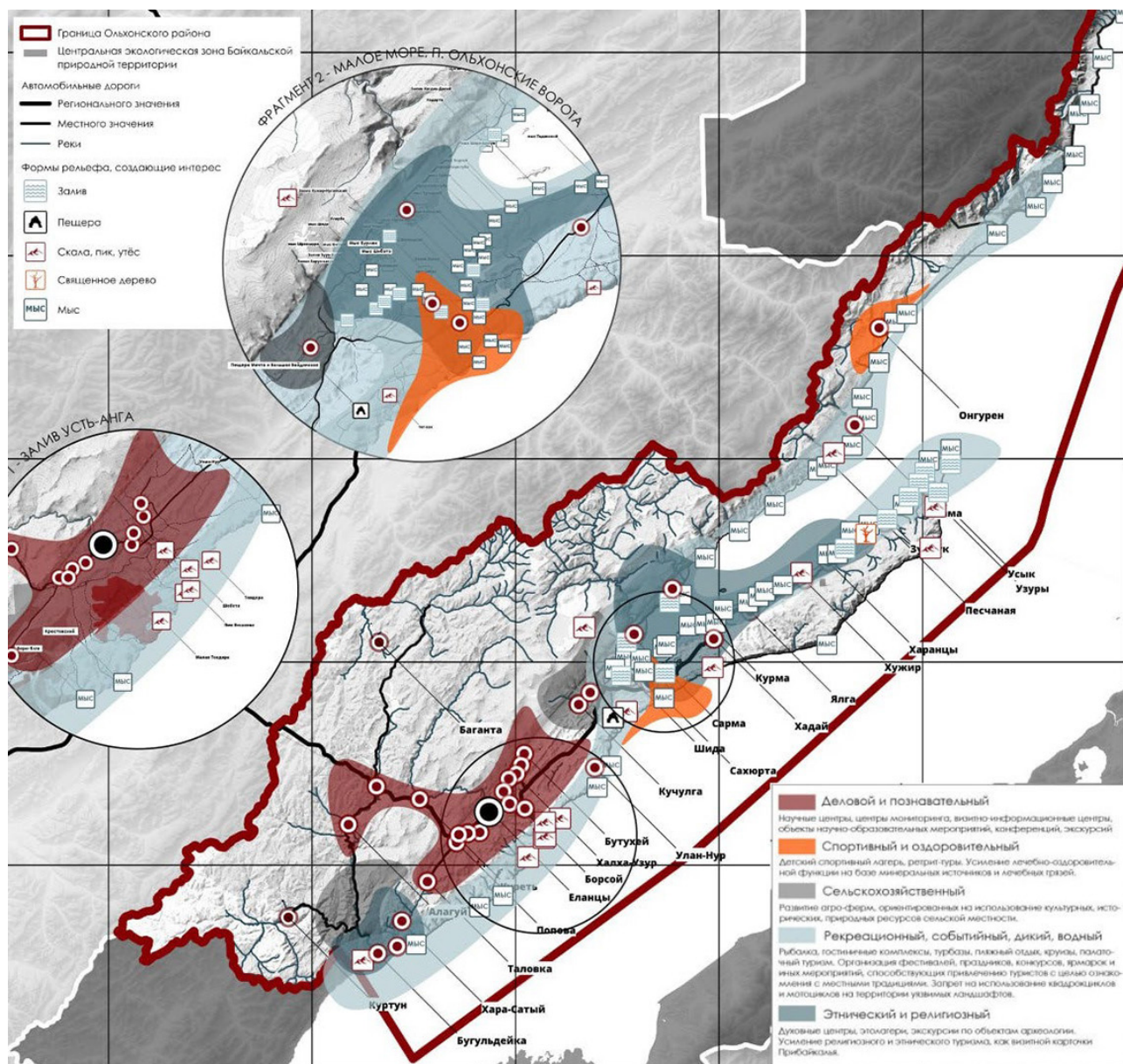


Рис. 2. Комплексный анализ сложившейся туристско-рекреационной специализации территории Ольхонского района Иркутской области (автор: Коваленко А. Д.)

В исследовании выделено две группы факторов: общие и ключевые.

Общие факторы определяют в целом доступность и климатические условия территории. В этой связи из анализа были исключены заведомо слабодоступные места (отсутствие дорог с асфальтовым покрытием) и зоны с проявлением суровых микроклиматических явлений (штормовые ветра в летний период).

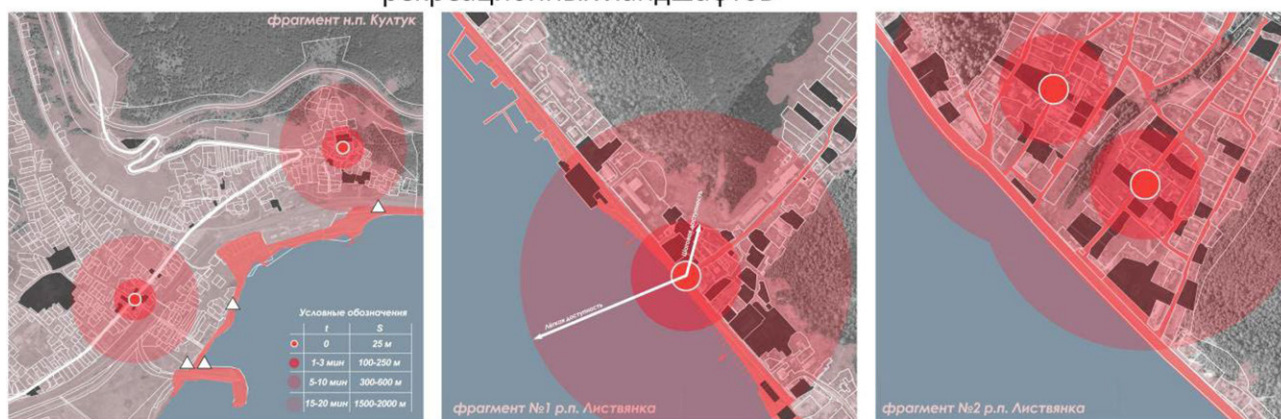
В качестве ключевых факторов привлекательности были определены:

- событийность, т. е. наличие постоянных или периодических мероприятий с массовым посещением (фестивали, форумы, выставки и др.) и рекреационных занятий (прогулки, экскурсии и др);
- наличие и доступность ландшафтов целевого рекреационного использования для созерцания, пляжного отдыха, прогулок;

- наличие на территории рекреационного кластера, формируемого целевыми и вспомогательными функциями в структуре населенного пункта.

Итоговая оценка проведена отдельно по ключевым факторам и по сумме всех факторов, где первая категория показывает степень развития рекреационного кластера, а вторая – общий рекреационный потенциал территории (табл. 3) [24, 25].

Анализ формирования туристско-рекреационных узлов и доступности целевых рекреационных ландшафтов



Анализ общих ландшафтно-визуальных характеристик целевых рекреационных ландшафтов



Рис. 3. Сравнительный анализ населенных пунктов по факторам развитости туристско-рекреационного кластера, доступности и визуального восприятия ключевых ландшафтов на примере р. п. Култук и р. п. Листвянка (автор: Коваленко А. Д.) [24]

Критерии привлекательности населенных пунктов на побережье озера Байкал для посещения

Объекты/факторы	Общие		Ключевые			Результат
Населенный пункт (место)	Климатические условия (солнечные дни, осадки, штормовые ветры)	Доступность населенного пункта, места в транспорт	Событийность и разнообразие рекреационных занятий (экскурсии, походы и др.)	Наличие и доступность целевых (рекреационных) ландшафтов (береговая линия, пляжи, набережные)	Формирование рекреационного кластера	Реализация рекреационного потенциала (низкая – очень высокая) ключ – всего
р.п. Култук	4	5	1	3	1	5–14
р.п. Листвянка	5	5	5	4	5	14–24
с. Бол. Голоустное	4	5	4	5	4	13–22
п. Хужир	5	3	5	5	5	15–23
г. Слюдянка	4	5	2	1	1	4–13
г. Бабушкин	4	5	0	1	0	1–10 о.

Промышленное наследие, транспортные транзиты и значительное количество нарушенных ландшафтов, являющихся следствием индустриального освоения побережья, стали одним из главных сдерживающих факторов в развитии туризма на оз. Байкал. Некоторые из этих объектов задействованы как элементы туристско-рекреационного развития, например отрезок Кругобайкальской железной дороги от п. Байкал до р. п. Култук или бывшая портово-складская зона в п. Танхой. Однако здесь формируется проблема идентичности архитектурного облика новых объектов по отношению к исторически сложившейся застройке, когда в структуру памятных мест не редко вносятся современные приемы городского строительства (сплошные бетонные поверхности, вентилируемые фасады и др.), нарушающие исторический контекст территории.

Проблема рекультивации бывших промышленных и портово-складских площадок стоит довольно остро на значительных территориях. В большинстве случаев это брошенные земли с разрушающимися зданиями и сооружениями, отвалами и свалками, находящиеся вблизи Байкала. В перспективе они несут в себе значительный территориальный потенциал для развития туристических кластеров населенных пунктов, поскольку во многом уже имеют инфраструктурные элементы: проезды, причалы, спланированные площадки. На данном этапе этот процесс развит слабо в силу ряда экономических причин и удаленности многих территорий от центров социально-экономической активности.

Выводы

Таким образом, были рассмотрены предпосылки и перспективы градостроительного развития туристско-рекреационной деятельности на озере Байкал. Анализ тенденций показывает, что основной задачей современного развития побережья является поиск баланса между природоохранной деятельностью и туристско-рекреационным развитием территории. В данном случае видятся предпосылки к более интенсивному использованию уже трансформированных прибрежных зон населенных пунктов, в рамках которых необходимо решать задачи повышения доступности и привлекательности территории архитектурно-планировочными средствами формирования рекреационной среды. В рамках социально-экономического развития населенных пунктов необходимо формирование и регулирование рекреационных кластеров.

Вместе с тем важнейшей задачей является сохранение природного наследия озера, где к основным перспективам можно отнести развитие региональной и местной сети ООПТ, в рамках которых необходимо формирование рекреационных и научно-образовательных ядер экологических исследований, туризма и просвещения. Помимо этого, необходимо привлечение местных жителей к природоохранной деятельности как главному драйверу устойчивого развития побережья озера Байкал.

Литература

1. Новикова В. И. Составляющие территориальной рекреационной системы: определение, классификация / В. И. Новикова // Псковский регионологический журнал. – 2013. – № 16. – С. 133–150.
2. Крашенинников А. В. Пространственный каркас градостроительного развития / А. В. Крашенинников, Е. И. Петровская // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ : Тезисы докладов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов, Москва, 04–08 апреля 2016 года. Том 2. – Москва : Московский архитектурный институт (государственная академия), 2016. – С. 313–315. – EDN YMAVKX.
3. Флерко Т. Г. Ландшафтные условия размещения системы расселения Гомельской области / Т. Г. Флерко // Природопользование. – 2008. – № 14. – С. 38–44. – EDN OWKHCP.
4. Габдрахманов Н. К. Территориальная организация туристско-рекреационных систем с учетом тенденций расселения сельского населения в регионе (на примере республики Татарстан) / Н. К. Габдрахманов, В. А. Рубцов, Н. М. Биктимиров // Казанский экономический вестник. – 2017. – № 2(28). – С. 5–9. – EDN ZWTD CD.
5. Евстропьева О. В. Территориальное развитие туризма на побережье озера Байкал: перспективы и противоречия / О. В. Евстропьева. – 2021. – Т. 7, № 2. – С. 59–70. – EDN WXDZID.
6. Юванен Е. И. Оценка рекреационно-туристской привлекательности территории / Е. И. Юванен, Ю. Д. Шмидт // Практический маркетинг. – 2006. – № 10(116). – С. 23–27. – EDN JXDXAV.
7. Крашенинников А. В. Топология и структура городской среды / А. В. Крашенинников // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Труды МАРХИ : Материалы международной научно-практической конференции. Сборник статей, Москва, 04–08 апреля 2016 года. – Москва: Московский архитектурный институт (государственная академия), 2016. – С. 300–303. – EDN YALMZF.
8. Шубенков М. В. Особенности развития градостроительных систем в современных условиях / М. В. Шубенков, М. Ю. Шубенкова // Наука, образование и экспериментальное проектирование.

Труды МАРХИ : Материалы международной научно-практической конференции. Сборник статей, Москва, 03–07 апреля 2017 года. – Москва: Московский архитектурный институт (государственная академия), 2017. – С. 64–66. – EDN YALKJV.

9. Козлов М. А. Туристско-рекреационный кластер: понятие и основные теоретико-методологические характеристики / М. А. Козлов // Стратегия устойчивого развития регионов России. – 2016. – № 32. – С. 150–159. – EDN WAPTSF.

10. Большаков А. Г. Ландшафтно-градостроительный подход к проблемам туристического освоения Байкала / А. Г. Большаков // Архитектура и строительство России. – 2017. – № 1(221). – С. 45–52. – EDN YMVHMX.

11. Черкашин А. К. Геоинформационный мониторинг территории муниципальных районов на ландшафтной основе / А. К. Черкашин, С. И. Лесных // Известия Русского географического общества. – 2021. – Т. 153, № 4. – С. 32–46. – DOI 10.31857/S0869607121040029. – EDN UWRLBL.

12. Бобрышев Д. В. Градостроительные предпосылки развития туристско-рекреационного потенциала Иркутской области / Д. В. Бобрышев, В. В. Усачева // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2024. – Т. 14, № 4(51). – С. 797–809. – DOI 10.21285/2227-2917-2024-4-797-809. – EDN BLNKXN.

13. Рогозина А. Е. Методика оценки качества рекреационных территорий на примере р. п. Листвянка Иркутского района Иркутской области / А. Е. Рогозина, Д. В. Бобрышев // Градостроительство: теория, практика, образование : Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции, Иркутск, 23 апреля 2021 года. – Иркутск : Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2021. – С. 66–73. – EDN QHDYYC.

14. Вантеева Ю. В. Определение значимости и чувствительности ландшафтов на ключевых участках Южного Прибайкалья для организации устойчивого природопользования / Ю. В. Вантеева, С. В. Солодянкина // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. – 2014. – Т. 7. – С. 46–64.

15. Вологжина С. Ж. Особо охраняемые природные территории побережья озера Байкал / С. Ж. Вологжина // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. – 2010. – Т. 3, № 2. – С. 50–60. – EDN NEIKBN.

16. Воробьев Н. В. Демографическое развитие в условиях центральной экологической зоны Байкальской природной территории / Н. В. Воробьев, А. Н. Воробьев // Вестник евразийской науки. – 2018. – Т. 10, № 6. – С. 76. – EDN VUYUOG.

17. Пономаренко Е. А. Рекреационная деятельность в Приольхонье и на острове Ольхон: монография / Е. А. Пономаренко, С. В. Солодянкина. – Иркутск : Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского, 2015. – 112 с. – EDN TDFITH.

18. Чистякова О. В. Особые экономические зоны туристско-рекреационного типа на Байкале: направления развития, специализации / О. В. Чистякова // Известия Иркутской государственной экономической академии. – 2012. – № 3. – С. 108–112. – EDN OZAGMR.

19. Козлов В. В. Байкальская рекреационная система и ее роль в экономическом развитии региона / В. В. Козлов, В. М. Хромешкин, Н. М. Пожитной // Экономика и управление. – 2010. – № 4(54). – С. 25–28. – EDN MTAQTD.

20. Бузуртанова Л. В. Экономико-пространственные особенности развития муниципальных районов / Л. В. Бузуртанова // Управленческий учет. – 2022. – № 5–2. – С. 483–488. – DOI 10.25806/uu5-22022483-488. – EDN JQGAPO.

21. Бобрышев Д. В. Градостроительные факторы устойчивого развития территориальной рекреационной системы Нижнеудинского района Иркутской области / Д. В. Бобрышев, В. В. Усачева // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2024. – Т. 14, № 1(48). – С. 161–171. – DOI 10.21285/2227-2917-2024-1-161-171. – EDN BSCRBX.

22. *Шеина С. Г.* Регенерация уникальной промышленной среды в мировой и российской практике / С. Г. Шеина, К. В. Луговая // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 2(74). – С. 211–221. – EDN UHPXEC.

23. *Козлов В. В.* Планировочный аспект концепции экокорта межрегионального значения «Байкальская Ривьера» в стратегии развития отдыха на Байкале / В. В. Козлов, В. М. Хромешкин // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2013. – № 2(5). – С. 159–170. – EDN RVEGQZ.

24. *Коваленко А. Д.* Топологические особенности территории как фактор формирования рекреационного кластера оз. Байкал / А. Д. Коваленко, Д. В. Бобрышев // Градостроительство. Теория, практика, образование : Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Иркутск, 16–17 апреля 2024 года. – Иркутск : Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2024. – С. 83–91. – EDN OLECMP.

25. *Куманина Е. А.* Факторы оценки рекреационной привлекательности населенных пунктов территориальной рекреационной системы (ТРС) Южное Прибайкалье / Е. А. Куманина, Д. В. Бобрышев // Градостроительство. Теория, практика, образование : Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Иркутск, 16–17 апреля 2024 года. – Иркутск : Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2024. – С. 347–352. – EDN MDRXPI.

УДК 711.1

Владимир Анатольевич Дёмин,
первый заместитель генерального директора
(Санкт-Петербургское государственное
унитарное предприятие дачного обслуживания
«Пригородное»)
E-mail: 9426091@gmail.com

Vladimir Anatolyevich Dyomin,
First Deputy General Director
(Saint Petersburg
State Enterprise of Suburban Service
“Prigorodnoye”)
E-mail: 9426091@gmail.com

ПРИНЕВСКИЙ РЕГИОН: АГЛОМЕРАЦИЯ БУДУЩЕГО

PRINYEVSKY REGION: AGGLOMERATION OF THE FUTURE

В статье рассматриваются вопросы градостроительного регулирования развития Санкт-Петербургской агломерации. Отмечается четыре направления решения градостроительных проблем в пространственно-планировочном срезе их рассмотрения: необходимость создания единой зеленой зоны (лесопаркового зеленого пояса), образование крупных массивов сплошной застройки, увязка главных планировочных направлений развития города и городской агломерации, оптимизация развития центра города. Главным инструментом решения этих проблем предлагается природно-пространственный каркас, формируемый на основе бассейнового подхода и объединяющий территории разнородной природоохранной специализации в единое, непрерывное в пространстве, целое. Основная функция этого каркаса заключается в регулировании водного стока, что является одним из ключевых условий обеспечения устойчивости экосистемы в целом.

Ключевые слова: агломерация, природный каркас, бассейновый подход, лесопарковый зеленый пояс, линейный общественный центр.

The issues of urban planning regulation of the development of the St. Petersburg agglomeration are considered. There are four directions for solving urban planning problems in the spatial planning section of their consideration: the need to create a single green zone (forest park green belt), the formation of large arrays of continuous development, linking the main planning directions of the city and urban agglomeration, optimizing the development of the city center. The main tool for solving these problems is proposed to be a natural-spatial framework, formed on the basis of a basin approach and uniting territories of heterogeneous nature conservation specialization into a single, spatially continuous whole. The main function of this framework is to regulate water flow, which is one of the key conditions for ensuring the sustainability of the ecosystem as a whole.

Keywords: agglomeration, natural framework, basin approach, forest park green belt, linear community center.

В 1968 году К. Доксиадис ввел термин «Экуменополис» для обозначения глобальной агломерации, образующей сплошную сеть на поверхности Земли. Эта идея возникла в связи с прогнозами о сверхэкспоненциальном росте численности населения мира, когда скорость изменения численности населения растет по экспоненте. В 1970-х годах эта идея развивалась и в СССР такими градостроителями как А. Э. Гутнов, И. Г. Лежава – идеологами группы НЭР (Новый элемент расселения). «Увеличение численности населения и территориальный рост неизбежно ведут к существенному усложнению всей функционально-пространственной организации города», и непонимание этого «приводит к серьезным диспропорциям в развитии городов» – считал А. Э. Гутнов [1, с. 54].

В 2003 г. под руководством И. Г. Лежавы был создан проект гигантского линейного города «Сибстрим» от Санкт-Петербурга до Владивостока, который «должен быть не просто транспортный коридор, а главный город России – деловая столица страны. Новая Москва» [2, с. 69].

Но не случился ни сверхэкспоненциальный, ни даже экспоненциальный рост населения, хотя крупные города пространственно растут даже при достижении предельной численности населения на «заключительной стадии демографического перехода» в конце XX века, когда «при грядущей стабилизации населения мира наступит новая эпоха истории» [3, с. 65].

Сегодня агломерации рассматриваются как комплексная междисциплинарная проблема, включающая, в том числе, институциональные, социально-экономические, этно-демографические и природно-экологические составляющие или срезы. Среди них пространственно-планировочный занимает особое место, так как базируется на конструктивно-деятельностном подходе к реальным градостроительным ситуациям с переходом от описательно-объяснительной методологии к конструктивно-преобразовательной. Еще в 1973 году академиком И. П. Герасимовым была поставлена задача: «создание общей теории целенаправленного преобразования природы и региональных конструктивно-преобразовательных моделей оптимизации среды» [4, с. 17].

Развитие агломераций потребовало новых идей и направлений градостроительного регулирования. Появился и широко распространился «каркасный подход», который «перекочевал» из идеи города-машины 1960–1970-х годов в модель города-сада образца конца XX – начала XXI века. Ещё 43 года назад В. В. Владимиров предложил модель «пространственной структуры экологического каркаса расселения» [5, с. 149]. С тех пор экологический каркас самых разнообразных видов был положен в основу градостроительных документов разных регионов и пространственных уровней.

На современном этапе, как считает С. Д. Митягин, «одной из важных задач территориального планирования становится проектное моделирование и обеспечение сбалансированного сочетания застраиваемых территорий, лесных массивов, сельскохозяйственных угодий и акваторий» [6, с. 20], а «распределение урбанизированных территорий между системами антропогенного и природно-экологического каркасов составляет основную задачу генерального плана любого поселения [там же, с.227].

Следует выделить четыре главные пространственно-планировочные проблемы, характерные для современных агломераций, в том числе и для Санкт-Петербургской: необходимость создания единой зеленой зоны, образование крупных массивов сплошной застройки, увязка главных планировочных направлений развития города и городской агломерации, оптимизация развития центра города.

В последние годы для целей территориального планирования приобретает особую значимость бассейновый подход. Специфические инструменты градостроительного регулирования, такие как установление функциональных зон и формирование планировочной структуры, позволяют не только решать задачи социально-экономической направленности, но и создавать условия для оптимизации вещественно-энергетического обмена в границах водосборных бассейнов. А. Ю. Ретеюм считает, что «операционной единицей, наиболее соответствующей целям территориального ландшафтного планирования, выступают

геосистемы речных бассейнов» [7, с. 275]. В научно-практической градостроительной деятельности изучаются и внедряются в проектное моделирование различные аспекты и приёмы бассейнового подхода. Митягин С. Д. предложил модели экологически допустимого социально-экономического развития территорий речных бассейнов рек, текущих в меридиональном и широтном направлении [6, с. 22]. Жуйков В. Н. разработал методические основы экологической оптимизации планировочной структуры расселения в бассейне, включающие определение ресурсных и экологических характеристик, опорного экологического каркаса и межкаркасных пространств [8]. Бобрышев Д. В. раскрыл метод формирования непрерывной сети экологически активных элементов ландшафта, формирующих целостную триангуляционную экологическую сеть экологической компенсации города [9]; Григорьев В. А. подготовил модель планировочной структуры современного крупного города в виде многоуровневой ветвящейся морфоструктуры [10]; Самуленкова Н. А., определила принципы территориального проектирования при взаимодействии планировочных структур расселения с компонентом биосферного комплекса [11]; Козинская О. В., сформировала концепцию градостроительного освоения бассейновых территорий курортного города [12]; Оселко Н. Э. структурировала приречную территорию крупнейшего столичного города делением на зоны и полосы [13]; Яковлев И. Н. обосновал формирование постагломерационных форм расселения на основе ландшафтно-бассейнового подхода [14].

Сегодня ставший уже традиционным подход, основанный на формировании экологического каркаса, расширяется и дополняется новым содержанием. Осознана роль природного и историко-культурного наследия как единого целого в закономерном развитии не только городов, но и агломераций. К фундаментальной закономерности планировочной структуры агломераций отнесено «формирование зон урбанизации и культурных ландшафтов на основе главных коммуникационных коридоров, имеющих стратегическое значение континентальных и региональных связей» [6, с. 24]. При подготовке «Концепции совместного градостроительного развития Санкт-Петербурга и территорий Ленинградской области (агломерации)» (далее – Концепция) автором данной статьи было предложено новое понятие – «природно-пространственный каркас». «Природно-пространственный каркас» позволяет ввести в «экологический каркас» смысловой хребет, скелет, объединяющий территории разнородной природоохранной специализации в единое, пространственно непрерывное целое.

Природно-пространственный каркас (или водно-бассейновый каркас) – это пространственная сетчатая структура, совпадающая с водотоками и водоразделами водосборного бассейна, уступами и перепадами рельефа, областями питания и разгрузки подземного стока. Основная, структуроформирующая функция этого каркаса заключается в регулировании водного стока бассейна реки.

При участии автора статьи Комитетом по архитектуре и градостроительству Ленинградской области были подготовлены материалы, отражающие базовые принципы формирования лесопаркового зеленого пояса Санкт-Петербурга (далее – ЛЗП). С учетом приоритета задачи охраны окружающей природной среды, был выделен пространственный каркас ЛЗП на основе водотоков и водоемов и границ их водосборных бассейнов. Водный сток объединяет отдельные лесные кварталы, участки зеленого фонда в грани-

цах бассейнов, создавая необходимые условия для сохранения природных ландшафтов как единой экологической системы. Лесопарковый зеленый пояс Санкт-Петербурга планируется образовать из лесов на территории Ленинградской области и городских лесов Санкт-Петербурга в составе трёх зон: северной, восточной и юго-западной, каждая из которых обеспечивает те или функции в рамках бассейнового подхода.

Основные функции северной зоны – развитие природоохранных, экологических, рекреационных функций северного побережья Финского залива. Восточная зона обеспечивает естественную защиту реки Невы как основного источника водоснабжения Санкт-Петербурга и прилегающих территорий Ленинградской области. Юго-западная зона способствует сохранению водного стока и качества воды поверхностных водотоков и подземных вод Ижорского плато, являющихся основным источником питания водных систем фонтанов уникального паркового ансамбля Петергофа и дворцового комплекса Стрельны, сохранности стратегических запасов чистой питьевой воды ордовикского подземного горизонта.

Проблема образования больших массивов сплошной застройки на территории Санкт-Петербурга и в зоне его влияния может быть решена путем формирования междурбанизированных территорий (коридоров) с ограниченным градостроительным вмешательством на основе природно-пространственного каркаса. В пределах коридоров градостроительное развитие предлагается осуществлять с пониженными плотностными показателями и параметрами застройки, с повышенной долей зеленых насаждений, максимально возможным сохранением естественного рельефа, открытых незастроенных пространств сельскохозяйственных угодий и природных ландшафтов. С учетом каркаса подготовлены предложения по укрупненному функциональному зонированию, определена преимущественная хозяйственная специализация зон для территории Санкт-Петербургской агломерации.

Главное пространственное направление развития агломерации Санкт-Петербурга рассматривалось в составе материалов Концепции а также при внесении изменений в Генеральный план Санкт-Петербурга на расчетный срок – 2040 год с перспективой до 2050 года. В соответствии с Концепцией, основное градостроительное развитие территории Ленинградской области, примыкающей к Санкт-Петербургу, планируется в юго-восточном, южном и юго-западном направлениях. Внесенными изменениями в Генеральный план Санкт-Петербурга в декабре 2023 года были приняты те же основные направления. Юго-восточный тренд обеспечивает связность двух важнейших в градостроительном отношении территорий – невиско-ладожского и волжского бассейнов – и между собой, и с другими территориями крупных водосборных бассейнов России, имеющими значительные территориальные и ресурсные резервы. По мнению автора статьи, в западной части России сформированы предпосылки образования восточноевропейской меридиональной полосы расселения площадью около 14 % территории Российской Федерации, в пределах которой в городских агломерациях проживает до 75 % населения всех агломераций России (по расчетам автора с учетом данных Антонова Е. В. и Махровой А. Г. [15, с. 37, табл. 3]). Полоса замыкает Европейскую часть материка Евразия, образуя основание европейского полуострова, вытянутого клином к западу. Полоса обеспечивает связность не только между двумя парами внутриматериковых морей: южная (Черное –

Каспийское море) и северная (Балтийское – Белое море), но и является основанием для широтной планировочной связи евразийского уровня в восточном направлении между Атлантическим и Тихим океаном. Сбывается прогноз, изложенный ещё в 1887 году выдающимся русским мыслителем Л. И. Мечниковым в книге «Цивилизация и великие исторические реки», о возрастании роли крупнейших океанических акваторий в развитии цивилизации Земли [16].

Как считает А. Г. Дружинин, формирование единой национальной системы морской активности должно найти отражение не только в дальнейшем развитии «опорных баз», но и в сопряженности между ними как в пределах отдельных морских бассейнов, так и в федеральном масштабе, усиливая взаимодополняемость функций, когда товарно-сырьевые потоки можно переориентировать с одних «опорных баз» на другие [17 с. 111–112]. Он подчеркивает важность «мультимодальных трансконтинентальных транспортных коридоров меридиональной и широтной направленности «как неотъемлемый компонент» всей морехозяйственной деятельности страны в целом» [там же с. 112–113].

Универсальный тренд на «мореориентированность» трансформируется в «аква-территориальную» организацию регионов, с повышением значимости внутриконтинентальных связей, в том числе и водных [там же с. 114].

Дальнейшее развитие Санкт-Петербурга и его агломерации ставит проблему сбалансированного пространственного положения общественного центра. В последние годы ось равновесия города и агломерации постепенно смещается к востоку – юго-востоку. Автором данной статьи предлагается рассматривать тему нового линейного общественного центра Санкт-Петербурга как восточного дублёра линейного центра вдоль Московского проспекта, сложившегося в 30-е – 50-е годы прошлого столетия. Формирование нового центра, расположенного параллельно Неве с выходом и к северной, и к южной границе города, учитывая проектируемые новые транспортные переходы через Неву, позволит не только снизить нагрузку на исторический центр, но и даст новый импульс развитию примыкающих к нему городских территорий и урбанизированной части агломерации. Будут созданы планировочные предпосылки для развития выходов к акватории Невы, в развитие уникальных градостроительных традиций Санкт-Петербурга.

Литература

1. Гутнов А. Эволюция градостроительства / предисловие А. Новикова. – 2-е издание. – Екатеринбург : TATLIN, 2024 – 352 с.
2. Лежава И. Г. Выбор XXI века – линейная структура городских систем / Известия КазГАСУ, 2009, № 2 (12). – С. 66–69. <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-xxi-veka-lineynaya-struktura-gorodskih-sistem/viewer/>
3. Капица С. П. Очерк теории роста человечества: демографическая революция и информационное общество / Проект «Новые тенденции и явления в мировой политике» предисл. А. А. Кокошина. – М. : ЛЕНАНД, 2008 – 128 с.
4. Герасимов И. П. Советская конструктивная география. – М. : Наука, 1976. – 208 с.
5. Владимиров В. В. Расселение и окружающая среда. – М. : Стройиздат, 1982. – 228 с.
6. Митягин С. Д. Градостроительство. Эпоха перемен. – Санкт-Петербург : Зодчий, 2016. – 280 с.
7. Ретеюм А. Ю. Ландшафтное планирование в речных геосистемах // Экология речных бассейнов: Труды 7-й Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. проф. Т. А. Трифионовой. – Владимир : Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, 2013. – С. 275–278.

8. Жуйков В. Н. Экологическая оптимизация планировочной структуры расселения в бассейне реки Волга: автореф. дис. ... канд. архит.: 18.00.04 / Жуйков Владимир Николаевич. – Ленинград, 1987. – 19 с.
9. Бобрышев Д. В. Природный каркас агломерации и ландшафтный потенциал развития её центрального города (на примере Иркутской области): автореф. дис. ... канд. архит.: 18.00.04 / Бобрышев Дмитрий Валерьевич. – Москва, 2011. – 27 с.
10. Григорьев В. А. Модель планировочной структуры крупного города в условиях долинно-речного ландшафта Сибири: эколого-градостроительный аспект: автореф. дис. ... канд. архит.: 18.00.04 / Григорьев Владимир Алексеевич. – Москва, 2004. – 27 с.
11. Самуленкова Н. А. Принципы территориального развития экологически обоснованной структуры расселения в зоне влияния Волго-Ахтубинской поймы: автореф. дис. ... канд. архит.: 18.00.04 / Самуленкова Наталья Александровна. – Санкт-Петербург, 2000. – 24 с.
12. Козинская О. В. Бассейновый принцип в градо-экологическом регулировании развития курорта Сочи: на примере комплексной зоны особого регулирования «Ривьера»: автореф. дис. ... канд. архит.: 18.00.04 / Козинская Ольга Викторовна. – Москва, 2001. – 26 с.
13. Оселко Н. Э. Планировочное развитие приречной территории крупнейшего столичного города: автореф. дис. ... канд. архит.: 18.00.04 / Оселко Нинель Эдуардовна. – Москва, 2000. – 26 с.
14. Яковлев И. Н. Закономерности формирования, тенденции эволюции и механизмы устойчивого развития градостроительных структур высокоурбанизированных субъектов Российской Федерации (на примере Самарской области): автореф. дис. ... докт. архит.: 05.23.22 / Яковлев Илья Николаевич. – Санкт-Петербург, 2010. – 46 с.
15. Антонов Е. В., Махрова А. Г. Крупнейшие городские агломерации и формы расселения на агломерационном уровне в России / Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2019, (4). – С. 31–45. <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019431-45/>
16. Мечников Л. И. Цивилизация и великие исторические реки / Лев Мечников; [предисл., коммент., подбор ил. В. И. Евдокимов]. – Москва : Айрис-пресс, 2013. – 320 с.
17. Дружинин А. Г. Идеи классического евразийства и современность: общественно-географический анализ: монография / А. Г. Дружинин; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2021. – 268 с.

УДК 72:719

Татьяна Владимировна Вавилонская,
д-р архит., профессор
Григорий Игоревич Светник,
аспирант
(Самарский государственный технический
университет)
E-mail: baranova1968@mail.ru,
grigorii.svetnik@yandex.ru

Tat'yana Vladimirovna Vavilonskaya,
Dr. Arch., Professor
Grigorij Igorevich Svetnik,
postgraduate student
(Samara State
Technical University)
E-mail: baranova1968@mail.ru,
grigorii.svetnik@yandex.ru

МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ

MECHANISMS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF HISTORICAL SETTLEMENTS

В данной статье рассматриваются механизмы устойчивого развития исторических поселений. Не смотря на наличие статичных инструментов по сохранению исторических территорий как историческое поселение, охрannое зонирование и градостроительные регламенты, исторические поселения нуждаются в динамичных механизмах, определяющих возможные вектора их развития. В связи с разработкой концепций устойчивого развития исторических поселений формируются новые инструменты сохранения исторических поселений, основанные на осознании исторического наследия как невозобновляемого ресурса. Дается оценка распространенным инструментам и мероприятиям взаимосвязанным с вопросами развития историческими территориями. На примере концепции устойчивого развития исторического поселения регионального значения города Самары Самарской области рассматриваются механизмы устойчивого развития исторических поселений.

Ключевые слова: концепция устойчивого развития исторических поселений, механизмы устойчивого развития, управление историческими территориями, исторические поселения, устойчивое развитие.

In this article, the mechanisms of sustainable development of historical settlements are considered. Despite the presence of static instruments for preserving historical territories such as historical settlement, protective zoning and town-building regulations, historical settlements need dynamic mechanisms that determine possible vectors of their development. In connection with the development of the concept of sustainable development of historical settlements, new instruments for the preservation of historical settlements are formed, based on the recognition of historical heritage as a non-renewable resource. An assessment is given to the widespread instruments and events related to the development of historical territories. On the example of the concept of sustainable development of historical settlement of the regional value of the city district of Samara, the mechanisms of sustainable development of historical settlements are considered.

Keywords: concept of sustainable development of historical settlements, mechanisms of stable development, management of historical territories, historical settlements, sustainable development.

Введение

В настоящее время, сохранение исторического наследия невозможно себе представить в парадигме сохранения отдельных памятников истории, поскольку уже давно

практикуются такие подходы, как сохранение объектов культурного наследия в их исторической среде [1]. В развитие данного подхода используются такие инструменты, как охрannое зонирование территории за границами объектов культурного наследия [2, 3], в виде зон охраны отдельных памятников и ансамблей или объединенных зон охраны, зона действия которых может включать в себя обширные городские территории, а требования таких зон включают в себя запрет или ограничение градостроительной деятельности (строительство, реконструкция и т. д.) [4].

Продолжением данного подхода стало введение инструмента сохранения историко-культурной среды в границах исторических поселений, с целью выделения не только ценной застройки, представленной в виде памятников, имеющих соответствующий статус, но и фоновой рядовой застройки, улично-дорожной сети, общественных пространств с целью сохранения целостного облика исторического поселения [2, 5].

Актуальными практиками по развитию исторических территорий являются программа Формирования комфортной городской среды (в том числе всероссийский конкурс лучших проектов создания комфортной городской среды в номинации Малые города и исторические поселения) [6], создание комплексных дизайн-кодов и брендинг исторических территорий, регулирование архитектурно-градостроительного облика объектов капитального строительства [4], однако указанные практики являются скорее отдельными мероприятиями, проявлением механизмов устойчивого развития исторических поселений и, как правило, не являются работами непосредственно связанными с сохранением объектов культурного наследия, а также не являются определяющими стратегию развития исторического поселения в основе которой находится комплексное сохранение исторических территорий.

Создание концепций сохранения исторических территорий (Выборг), мастер-планирование исторических территорий (Дербент, Елец), создание региональных операторов развития исторических территорий, а также формирование концепций устойчивого развития исторических поселений (г. Казань, г. Чистополь, г. Елабуга, г. Самара) являются теми инструментами – механизмами, которые основаны на стратегии, в центре которой наследие. Последняя, в частности, имеет ключевое значение в данной статье, поскольку представляет собой комплексное видение всех актуальных проблем исторической территории, проблем её устойчивого развития.

Принимая во внимание тот факт, что об устойчивом развитии исторических поселений сказано в законодательстве по сохранению культурного наследия [2], можно сделать вывод о том, что эти мероприятия сопряжены с вопросами сохранения исторического поселения, его предметов охраны и его элементов. Подтверждение данному тезису может являться отсутствие в жилищном законодательстве или в законодательстве об органах местного самоуправления вопросов устойчивого развития.

В данной статье устойчивое развитие исторического поселения понимается как система управления процессами развития исторического поселения, основанная на представлении об историческом поселении, как о невозобновляемом культурном ресурсе и предполагающая скоординированные и взаимосвязанные между собой действия, направленные на достижение сохранности архитектурно-исторической среды исторического поселения и такое его развитие, при котором усилия всех участников градостроительной

и хозяйственной деятельности консолидируются, а результатом является повышение качества жизни населения.

Каждое историческое поселение уникально, создавалось и развивалось на протяжении нескольких столетий, является результатом многочисленных изменений, связанных как с внутренними причинами развития городов и населенных мест, так и в виду влияния политических решений, будучи субъектами управления. Тот облик исторических поселений, который дошел до наших дней, формировался под влиянием множества факторов [7]. Эти «слои» мы находим в любом городе, как, например, влияние советского периода градостроительства, затронувшего как существующие объекты, так и создав новые застроенные территории.

Особое регулирование градостроительной деятельности в историческом поселении осуществляется органами местного самоуправления [2]. Такое регулирование включает в себя определение перечня мероприятий по устойчивому развитию территории исторического поселения. В тоже время, перечень таких мероприятий устойчивого развития исторических поселений законодательно не закреплён, отсутствует методическая база по данному вопросу, отсутствует специальный механизм управления историческим поселением, что сказывается на не согласованных между собой процессах, происходящих на территории исторических поселений, в результате которых не только облик исторического поселения, но и другие составляющие жизни города, подвергаются порой необратимым изменениям.

В этой связи, необходимо разработать такой механизм устойчивого развития исторического поселения, который может быть представлен в виде системы управления процессами устойчивого развития исторического поселения при сохранении исторического наследия.

На сегодняшний день, именно концепции устойчивого развития исторических поселений, а также практики операторов развития исторических территорий имеют предпосылки к созданию и развитию механизмов устойчивого развития исторических поселений. Такие концепции были разработаны для исторических поселений г. Казань, г. Чистополь, г. Самара.

Методы

Путем анализа концепций устойчивого развития исторических поселений были выделены основные инструменты устойчивого развития исторических территорий, основанные на активных мероприятиях, позволяющих сохранять исторические поселения через развитие.

Результаты

Мастер-план исторического поселения.

Мастер-планирование является одним из комплексных инструментов по выработке стратегии развития территорий, механизмом стратегического планирования, определяющим концепцию развития той или иной территории, включающий в себя различные формы визуализации перспективного развития. Такой документ включает в себя анализ социальных, экономических и экологических аспектов территории. Мастер-план позво-

ляет определить баланс между всеми интересами участников городской жизни: жителей, бизнеса, власти, инвесторов. Помимо общей стратегии, мастер-план определяет ключевые шаги по развитию, содержащие дорожную карту, по достижению поставленных ключевых целей на основе приоритетности, сроков на реализацию проектов и промежуточного анализа эффективности по достижению ожидаемых результатов, с возможностью их корректировки [8].

Применительно к историческим территориям мастер-план разрабатывается на основе историко-культурного, градостроительного, туристско-рекреационного и смыслового потенциалов. Стратегия развития основывается на особенностях историко-культурного и градостроительного ландшафта, на принципах сохранения объектов культурного наследия.

Такие мастер-планы были разработаны для таких городов как Дербент, Елец, на территории которых определены границы исторического поселения, однако наиболее часто разрабатываются мастер-планы локальных исторических территорий, таких как улицы, набережные, кварталы, районы. Благодаря концентрации на локально определенных территориях, логичным продолжением мастер-плана территорий являются планы управления такими территориями, представляющие собой кластеры развития которых обеспечивается наличием операторов развития историческими территориями.

Оператор исторической территории.

Автономная некоммерческая организация «Агентство по сохранению и развитию объектов исторической среды Нижегородской области» (АНО АСИРИС) области является координирующим центром по работе над ревитализацией объектов культурного наследия и кластеров используя инструменты популяризации наследия, вовлечения исторических объектов в экономический и культурный оборот, организации ремонтно-реставрационных работ и управления территориями до развития культурно-исторического туризма и волонтерских проектов в сфере наследия. Одним из направлений деятельности АСИРИСа является сохранение и развитие исторической среды через управляющую компанию, в рамках проекта реновации деревянной застройки на исторических территориях путем пересмотра экономики наследия, базирующейся на работе с такими ресурсами как культура, на основе модели управления историческими территориями. Такая модель управления основана на представлении об историческом наследии как о невосполнимом ресурсе и вовлечении наследия в экономический оборот без ущерба для самих объектов культурного наследия.

Стандарты проектирования исторических территорий.

Сегодня все чаще применяются современные стандарты развития территорий, однако развитие исторических территорий пока не было всецело изучено, ограничиваясь «застроенными» территориями [9]. Таким образом, рассматривая комплексное и устойчивое развитие исторического поселения, целесообразно подойти к вопросу стандартов проектирования исторических территорий, учитывающих особенности конкретных территорий при реализации мероприятий по созданию и модернизации инфраструктуры, а также застройки исторических территорий при размещении объектов капитального строительства различного назначения.

Муниципальная программа по сохранению исторического поселения.

Муниципальная программа по сохранению исторических территорий представляет собой, как правило, взаимосвязанные инструменты по сохранению объектов культурного наследия, которые могут предусматривать такие практики как «аренда за рубль», льготная арендная плата объектов, находящихся в неудовлетворительном состоянии, компенсация затрат на работы по сохранению объектов культурного наследия [8]. Подобная программа сохранения утверждена историческом поселении регионального значения г. Самара, которая включает в себя комплекс мероприятий по сохранению объектов культурного наследия находящихся в муниципальной собственности и созданию условий сохранения культурного наследия и исторической застройки на территории исторических поселений, мероприятия по совершенствованию нормативно-правовой базы для развития инвестиционной привлекательности, развитию инфраструктуры, а также управления процессами развития.

План управления историческим поселением.

В основу практики управления историческими территориями положены принципы управления объектами культурного наследия ЮНЕСКО. План управления стал неотъемлемым атрибутом каждого объекта Всемирного культурного наследия по решению ЮНЕСКО. Такие планы управления включают в себя не только общую характеристику объекта, но и предусматривают разработку системы управления объектом, с целью обеспечения его устойчивого развития, а также общий план мероприятий [10, 11].

Инвестиционный паспорт квартала.

В настоящее время муниципальные образования имеют возможность оказывать влияние на инвестиционный климат исторических территорий путем повышения ее «инвестиционного облика» для возможных инвесторов и девелоперов. Инвестиционный паспорт муниципального образования – это такой комплексный документ, содержащий исчерпывающую актуальную информацию, подготавливаемый для определенной целевой группы – потенциальных инвесторов, который также имеет возможность играть роль составного элемента долгосрочной стратегии инвестиционного развития. Рассматривая исторические поселения, анализируя состояние исторической застройки, степень сохранности градостроительных единиц, инвестиционный паспорт квартала позволяет рассматривать такие территории комплексно. Задачей инвестиционного паспорта квартала в исторической застройке является выявление инвестиционных возможностей при обеспечении сохранения целостной историко-культурной среды. [8] Частным случаем инвестиционного паспорта может являться паспорт объекта капитального строительства, являющегося объектом культурного наследия или исторически ценным градоформирующим элементом. Подготовка такого паспорта требует тщательного анализа текущего состояния объекта, градостроительной и иной охранной документации, определения векторов развития объекта, суммируя все имеющиеся возможности для улучшения его инвестиционной привлекательности. Итого, паспорт квартала несет в себе информацию о том, какие возможности имеет квартал, при обеспечении сохранения его историко-культурных характеристик, при сохранении предметов охраны исторического поселения. Маленькая площадь объекта, как правило окупается аутентичностью ар-

хитектурно-художественного решения, которое по сути является репрезентативным инструментом привлечения и т. д.

Информационная платформа исторического поселения.

На ряду с существующими федеральными и региональными геоинформационными системами обеспечения градостроительной деятельности для исторических территорий могут быть разработаны специальные платформы направленные на предоставление исчерпывающей информации об историческом поселении, включающие в себя сведения об охранных документах исторического поселения, о градостроительных регламентах, о муниципальной программе сохранения объектов культурного наследия, о проектах реализуемых на территории исторического поселения, методические рекомендации для владельцев исторической недвижимости, сведения о дизайн-коде, событиях связанных с популяризацией исторического наследия, о волонтерских практиках, об операторе развития историческими территориями. Такие платформы являются инструментами по аккумулярованию информации об историческом поселении для горожан, инвесторов, власти, органов охраны объектов культурного наследия, позволяющие увидеть общие правила игры на такой территории, включающие не только ограничения, связанные с историческим наследием, но и возможности, а также потенциал использования объектов исторической недвижимости.

Концепция устойчивого развития исторического поселения Самары.

Стратегические цели устойчивого развития исторических поселений в соответствии с Культурной политикой России определяются интегральным подходом, имеющим собственнo культурные, социальные и инфраструктурные ориентиры, предполагающим развитие через созидание и представлены в виде модели триединого итога [12].

Концепция устойчивого развития исторического поселения Самара принята как итеративный, циклический процесс, имеющий несколько этапов включающий планирование, осуществление, проверку – действие [13]. Указанный метод дает возможность представить историческое поселение как целостную устойчивую систему [14].

В общепринятой практике и теории устойчивого развития учитывается баланс основанный на сохранении, развитии и управлении. Каждое из указанных мероприятий нацелено на устойчивое развитие той или иной возможности исторического поселения.

Приоритетами развития исторического поселения Самара являются следующие меры:

- популяризация и культивация историко-культурного потенциала исторического поселения (сохранение историко-культурного наследия и исторических территорий);
- совершенствование градостроительного потенциала исторического поселения (совершенствование социально-бытового обслуживания, благоустройства и инженерного обеспечения);
- управление и формирование инвестиционного потенциала и инвестиционного климата исторического поселения (вовлечение общественности, развитие города как бренда, управление, правовое регулирование, определение капитализации и продвижение наследия).

Итоговыми результатами концепции являются:

- градостроительные регламенты за пределами объединенной зоны охраны, на территории исторического поселения;

- стандарты по проектированию для исторических поселений для внесения изменений в региональные нормативы градостроительного проектирования;
- мастер-план исторического поселения, выполненный при соучастующем проектировании, выводы которого будут интегрированы в документы территориального планирования и градостроительного зонирования;
- разработанный план по сохранению и развитию исторического поселения;
- в качестве нового механизма управления развитием – план управления историческим поселением;
- в целях комплексного развития территорий, формируемых в форме лотов – инвестиционные паспорта элементов планировочной структуры (кварталов), которые формируют условия государственно-частного партнерства.

Обсуждение

Таким образом, на основании вышеизложенного, обеспечения сохранности исторического поселения возможно через управление процессами, которые реализуются на территории исторического поселения, поскольку они неминуемо затрагивают интересы наследия. В основе данной деятельности целесообразно зафиксировать основные вопросы: чем управлять, с какой позиции и как управлять. Анализ концепций устойчивого развития исторических поселений дает следующие ответы на поставленные вопросы. Чем управлять? – Процессами устойчивого развития. С какой позиции? – С позиции невозобновляемости историко-культурного наследия. Как управлять? – использовать механизмы устойчивого развития исторических поселений.

Выводы

Механизмы устойчивого развития исторических поселений должны включать в себя не только пассивные обязательные мероприятия, такие как плановый анализ состояния территории, согласование документов территориального планирования и градостроительного зонирования, разработку градостроительных регламентов, но и активные мероприятия, направленные на популяризацию территорий обладающих историко-культурным потенциалом, объектов культурного наследия, ценных градоформирующих объектов, историко-архитектурную среду. Помимо популяризации, требуются также и активное участие в выработке концепции устойчивого развития совместно с профессиональным сообществом и населением исторического поселения, определение векторов развития, а также администрирование историческими территориями в парадигме представления об историческом наследии, как о невозобновляемом ресурсе.

Таким образом, устойчивое развитие исторических поселений может быть представлено в виде следующих механизмов: креативная платформа, инвестиционные паспорта кварталов, региональный или муниципальный оператор исторической территории, стандарт проектирования, мастер-планирование исторических территорий, план управления историческим поселением, создание реставрационного кластера, утверждение муниципальной программы сохранения исторического поселения. В тоже время необходимо отметить, что исторические поселения имеют различный статус (региональ-

ный и федеральный), различный масштаб по площади территории, количеству объектов культурного наследия, различное техническое состояние таких объектов и ценной градоформирующей застройки, различные бюджеты. Указанные обстоятельства требуют индивидуального подхода к выбору и применению механизмов устойчивого развития исторических поселений.

Литература

1. Карасельникова И. В., Стадников В. Э. От объекта к среде: поиск новых подходов к устойчивому развитию исторических территорий // Городские исследования и практики. 2018. Т. 3. № 4(13). С. 108–132.
2. Федеральный закон «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 № 73-ФЗ // СПС КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/ (дата обращения: 01.12.2024).
3. Постановление Правительства РФ от 12.09.2015 № 972 «Об утверждении Положения о зонах охраны объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации и о признании утратившими силу отдельных положений нормативных правовых актов Правительства Российской Федерации» // СПС КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_186038/ (дата обращения: 01.12.2024).
4. «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 190-ФЗ // СПС КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 01.12.2024).
5. Приказ Министерства культуры Российской Федерации, Министерства регионального развития Российской Федерации от 29 июля 2010 № 418/339 «Об утверждении перечня исторических поселений» // СПС КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_105069/ (дата обращения: 01.12.2024).
6. Паспорт национального проекта «Жилье и городская среда» (утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. № 16)). URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/221887/> (дата обращения: 01.12.2024).
7. Крогиус В. Р. Исторические города России как феномен её культурного наследия // В. Р. Крогиус. – М. : Прогресс-Традиция, 2009. – 312 с.
8. Ахмедова Е. А., Вавилонская Т. В. Архитектурно-градостроительная среда исторического поселения Самара: базис исследования и концепция устойчивого развития // Архитектура и строительство России. № 3(247). 2023. С. 12–23.
9. Стандарт комплексного развития территорий // АО «ДОМ.РФ», ООО «КБ Стрелка» при поддержке Министерства строительства Российской Федерации по поручению Председателя Правительства Российской Федерации Д. А. Медведева от 19.09.2016 № ДМ-П16-5574. URL: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/?ysclid=mb21kyig2r913327909> (дата обращения: 01.12.2024).
10. Персова С. Г. Планы управления объектами всемирного наследия: вопросы правоприменения в российском законодательстве // Журнал Института наследия. № 2(29). 2022. С. 1–5.
11. Михайлов А. В. Устойчивое развитие исторической среды: возможные формы и их правовое регулирование / А. В. Михайлов // Ребус 2023: Экономика строительства в историческом центре: [форум, доклад]. – Казань, 2023. – URL: <https://rebusfomm.ru/stream5#i/tab/611946931-2/> (дата обращения: 01.12.2024).
12. Концепция по развитию исторических поселений, поддержке и популяризации культурных и туристских возможностей, развитию экономики культурного наследия на период

до 2030 года // СПС КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_282149/ (дата обращения: 01.12.2024).

13. ГОСТ Р ИСО 37101-2018. Национальный стандарт Российской Федерации. Устойчивое развитие в сообществах. Система менеджмента. Общие принципы и требования. // СПС КонсультантПлюс. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=OTN&n=33975#DAE2CWU234hl7qK1/> (дата обращения: 01.12.2024).

14. *Верховский А. Д.* Устойчивое развитие исторических поселений / А. Д. Верховский // Ребус 2023: Экономика строительства в историческом центре: [форум, доклад]. – Казань, 2023. – URL: <https://rebusforum.ru/stream5#!/tab/611946931-2/> (дата обращения: 01.12.2024).

Раздел 2. СТРОИТЕЛЬСТВО

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 331.453

Виталий Владимирович Кудинов,

канд. техн. наук, доцент

Екатерина Николаевна Ксенофонтова,

магистрант

(Санкт-Петербургский политехнический

университет Петра Великого)

E-mail: witka2017@yandex.ru,

Ekaterina.Ksen16@mail.ru

Vitaly Vladimirovich Kudinov,

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

Ekaterina Nikolaevna Ksenofontova,

Master's degree student

(Peter the Great St. Petersburg

Polytechnic University)

E-mail: witka2017@yandex.ru,

Ekaterina.Ksen16@mail.ru

О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ

ABOUT SOME PROBLEMS OF PRACTICAL APPLICATION PROFESSIONAL RISK ASSESSMENTS

На современном предприятии существует множество потенциальных опасностей, которые могут угрожать как здоровью работников, так и общей безопасности производственного процесса. Необходимость создания безопасной атмосферы в работе сотрудников на предприятии является важным фактором. В условиях динамично меняющейся производственной среды и растущих требований к охране труда, адекватная оценка профессиональных рисков становится неотъемлемой частью управления безопасностью на предприятии. Существует широкий спектр методов оценки профессиональных рисков. Комплексная оценка включает в себя не только идентификацию и анализ рисков, но и их приоритизацию, а также разработку эффективных мер по минимизации негативных последствий. При рассмотрении динамики рисков выявлено, что может потребоваться разработка мер по повышению уровня безопасности труда в отдельных структурных подразделениях Предприятия, так как скорость снижения риска в конкретном структурном подразделении может быть существенно ниже, чем в общем для всего Предприятия.

Ключевые слова: охрана труда, безопасность в работе, риски на рабочем месте, опасность, профессиональные риски, управление безопасностью на предприятии, риск-ориентированный подход, производственный травматизм.

In a modern enterprise, there are many potential hazards that can threaten both the health of employees and the overall safety of the production process. In a dynamically changing production environment and growing occupational safety requirements, an adequate assessment of occupational risks is becoming an integral part of safety management at the enterprise. There is a wide range of methods for assessing occupational risks. A comprehensive assessment includes not only the identification and analysis of risks, but also their prioritization, as well as the development of effective measures to minimize negative consequences. When considering the dynamics of risks, it was revealed that it may be necessary to develop measures to improve the level of occupational safety in individual structural divisions of the Enterprise, since the rate of risk reduction in a particular structural division may be significantly lower than in general for the entire Enterprise.

Keywords: occupational safety, work safety, workplace risks, danger, occupational risks, enterprise security management, risk-based approach, occupational injuries.

Введение

Развитие направления по охране труда набирает все большие обороты не только в нашей стране, но и на международном уровне. Правильно организованное обучение охране труда совершенствует систему управления охраной труда на производстве [1]. С этой целью проводятся различные предупредительные мероприятия, главной целью которых является снижение количества профессиональных рисков.

В данной статье для более детального изучения информации и подбора более точной и актуальной информации использовались такие методы исследования, как: наблюдение, а именно сбор информации и анализ документов.

Внедрение мероприятий по оценке профессиональных рисков стали проводиться на практике одновременно с внедрением системы управления охраной труда (далее СУОТ). Вначале это носило добровольный характер. Однако после внесения изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации с 01 января 2014 года это стало обязанностью работодателей. Изменения законодательства Российской Федерации в области системы управления охраной труда от 01 марта 2022 года выделили в отдельные статьи Трудового кодекса Систему управления охраной труда – статья 217 и оценку профессиональных рисков – статья 218.

Кроме того, в обязанности работодателя (статья 214 ТК РФ) помимо создания и функционирования СУОТ добавили систематическое выявление опасностей и профессиональных рисков, их регулярный анализ и оценка [2]. Также с 01 марта 2022 года вступил в действие приказ Минтруда и социальной защиты РФ № 926 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков».

Методы

Данный приказ дает право работодателю какой из методов оценки он может использовать исходя из приемлемости для его предприятия, а также возможность использовать один или несколько методов [3]. Обратимся к таблице, в которой рассмотрены различные методы оценки профессиональных рисков.

Методы оценки профессиональных рисков [3]

№	Название метода	Достоинства	Недостатки
	Контрольные листы	Структурирован; может быть адаптирован под различные отрасли и специфические работы; простота формата использования; может использоваться как часть документации по охране труда и безопасности [4]	Может не охватывать все возможные риски; недостаточное углубление в анализ; слишком строгий подход к шаблонам; персонал должен быть обучен правильному использованию контрольных листов

№	Название метода	Достоинства	Недостатки
	Матричный метод	Предоставляет визуальное представление рисков; может быть применен в различных отраслях и для разных видов деятельности; доступен для специалистов с разным уровнем подготовки; позволяет быстро сравнивать различные риски и определять приоритетные направления для их минимизации [5]	Может не учитывать все возможные факторы, влияющие на риск; риски могут изменяться со временем и нужен периодический пересмотр и актуализация; не учитывает взаимосвязь между различными рисками, что может привести к недооценке общего уровня риска [6]
	Анализ «Галстук-бабочка»	Обеспечивает наглядное, простое и ясное графическое представление проблемы; может быть применен в отношении благоприятных последствий; не требует привлечения высококвалифицированных экспертов [7]	Не рассматриваются все возможные варианты исхода событий. Для анализа берется только одно событие, для которого определяются источники риска и анализируются все возможные последствия. Нет сравнения с другими факторами [7]
	Анализ причинно-следственных связей	Способен предоставить глубокое понимание проблемы, помочь в определении наиболее важных факторов и связей, а также предоставить визуальную и структурированную модель для коммуникации и совместной работе в команде	Часто наблюдаются условия, которые влияют друг на друга, и есть опасность принять причину за следствие; множественные причины одного следствия; множественные следствия одной причины
	Сценарный анализ	Применяется для анализа возможных последствий и их вероятности для каждого сценария; не требует значительных временных и финансовых затрат	Потребуется краткосрочное повышение квалификации исполнителей
	Метод «Анализ дерева событий»	Последовательное представление событий; легкость схематичного изображения предполагаемых развитий событий	Нужно сверять с другими начальными событиями. В данном методе можно наблюдать в основном положительную оценку риска. Не очень эффективен [8]
	Метод анализа уровней защиты	Возможность определения самых критичных уровней защиты с дальнейшим обеспечением ресурсами; способность выявлять процессы, системы, операции, у которых уровень защитных мер слишком мал	Для проведения данного метода нужна особая подготовка, так как данный метод очень сложен в расчетах, требует особых знаний и навыков. Также в данном методе не рассматривается взаимодействие между рисками [9]

№	Название метода	Достоинства	Недостатки
	Метод технического обслуживания направленный на обеспечение надежности	Эффективен, используется при создании и разработке новых процессов на предприятии [10]	Очень сложен, требуются особые навыки и знания для проведения данного метода [10]
	Анализ опасности и критических контрольных точек [11]	Позволяет построить структуру идентификации опасностей и проверки средств управления во всех частях процесса, направлен на защиту от опасностей и обеспечение высокой надежности и безопасности продукции; представляет собой структурированный процесс, который обеспечивает документированные свидетельства качества идентификации опасности, управления и снижения риска [11]	Расход внутренних ресурсов и времени компании на составление и внедрение; дополнительные расходы в случае привлечение подрядчиков
	Исследование HAZOP	Помогает выявить причины возникновения рисков, детально рассматриваются все ситуации, которые привели к нему [11]	Данный метод является энергозатратным и требует определенную подготовку специалиста для его проведения
	Структурированный метод «Что, если?»	Прост в использовании, подходит для проведения в любом предприятии, не требует особых навыков и знаний. Помогает детально разобраться во всех возможных последствиях риска	Рекомендации часто носят общий характер; применение метода на высоком уровне может не обнаружить сложные, детализированные или коррелированные причины; если команда метода не имеет достаточного опыта или если система подсказок не является всеобъемлющей, некоторые риски или опасности могут быть не идентифицированы [12]
	Анализ влияния на надежность человеческого фактора	Используется для получения количественных данных об отказах, связанных с ошибками оператора, а также в качестве исходных данных для применения других методов; используется для решения операционных или тактических задач	Подразумевает значительные временные и финансовые затраты, а также повышение квалификации использующих его специалистов

№	Название метода	Достоинства	Недостатки
	Оценка риска получения профессионального заболевания	Выявляет риски получения профессиональных заболеваний работников; используется для оптимизации условий труда; проводится на основе СОУТ	Метод и его результаты не применяются для решения вопросов занятости конкретного работника или иных целей, влияющих на уровень его социальной защиты, а также в целях отбора персонала для выполнения отдельных работ или иных действий, противоречащих требованиям Трудового кодекса Российской Федерации, в том числе способствующих возникновению или усилению социального неравенства работников
	Анализ эффективности затрат	Используется для подбора мер по управлению профессиональными рисками на предприятии. Также позволяет выявить затраты, выгоды	Сложный метод, требующий большое количество трудовых ресурсов
	Метод Файна-Кинни	Позволяет структурировать процесс оценки рисков, что делает его организованным и понятным, позволяет получить более полное представление о рисках, может быть освоен специалистами с различным уровнем подготовки, облегченное восприятие и анализ в виде графиков и таблиц	Требует периодического пересмотра и актуализации, может не учитывать взаимосвязи между различными рисками, для точной оценки необходимо иметь доступ к полным и актуальным данным; субъективен при проведении оценки [13]

Рассмотрев достоинства и недостатки методов оценки профессиональных рисков можно сделать следующие выводы:

Оценка профессиональных рисков позволяет выявить опасные факторы, снизить вероятность несчастных случаев [14].

Некоторые методы оценки профессиональных рисков могут быть трудоёмкими и требовать значительных финансовых вложений [15].

Есть такие методы оценки профессиональных рисков, которые требуют регулярного пересмотра и обновления [16].

Некоторые методы оценки профессиональных рисков являются более общими и не в процессе проведения не затрагивают все возможные факторы, которые повлияли на риск [17].

Некоторые методы являются больше дополнительными, а не основными. Так как не позволяют проводить количественную оценку риска. Также такие методы в данном

случае тогда используются для малого и среднего бизнеса, а не для крупных предприятий [18].

По другим методам рекомендации часто носят общий характер, применение метода на высоком уровне может не обнаружить сложные, детализированные или коррелированные причины; если команда метода не имеет достаточного опыта или если система подсказок не является всеобъемлющей, некоторые риски или опасности могут быть не идентифицированы [19].

Для повышения общей безопасности труда на производстве необходима комплексная оценка профессионального риска, которая бы учитывала воздействие вредных и опасных производственных факторов [19].

Приказ Минтруда РФ 776н является основным для проведения специальной оценки условий труда и оценки профессиональных рисков. СОУТ очень хорошо прописана на законодательном уровне и это понятно по какой причине, так как по результатам ее проведения выявляются классы, льготы, компенсации, СИЗ, медосмотр и т. п.

Результаты и обсуждение

В оценке профессиональных рисков информации мало, в основном на усмотрение работодателя и отсюда возникает естественное желание на основе Приказа Минтруда РФ 776н сказать, что оценку профессиональных рисков на рабочем месте следует проводить практически также как СОУТ. Специалисты не утверждают, что это одно и то же, но мероприятия для ОНР берут и используются по аналогии с СОУТ.

Возьмем основные моменты проведения оценки профессиональных рисков для сотрудников: выбирается объект (работники), создается команда по ОНР и разрабатывается график проведения ОНР. Единственный нюанс – это то, что на практике мешает аналогия со специальной оценкой условий труда.

Итак, первое. Начнем с графика проведения ОНР. По логике построения СУОТ оценка рисков и в МС и в российском законодательстве входит в раздел планирование, а планирование в рамках СУОТ производится в следующем порядке – оценка рисков, планирование и разработка целей в области СУОТ. Таким образом, мероприятия по оценке рисков не могут быть растянуты в течении года, они должны быть выполнены в начале года, а после идет планирование, цели и т. п.

Далее рассмотрим объект, вернее, как рассчитывается риск для работников Предприятия. Наиболее распространенный метод матричный: определяем вероятность, степень последствий и по матрице смотрим риск.

Теперь рассмотрим практическую методику оценки профессиональных рисков. Оценка рисков проводится во всех структурных подразделениях предприятия для всех работников. Далее нужно определиться с оценочной командой. Многие рекомендуют по аналогии с СОУТ написать приказ, но для упрощения ситуации можно определить состав комиссии по ОНР в самой процедуре и без использования приказов, а потом как следствие изменений в приказы и т.п.

Можно заметить весь состав комиссии по ОНР на образце, а дальше можно обратить внимание, что в эту форму заложен вопрос о приемлемости риска, однако продолжим по методике. Члены оценочной комиссии раздают такие ведомости работникам

предприятия, которые и заполняют обычными значками «+» имеющиеся виды опасностей. Таким образом осуществляется принцип вовлеченности работников в функционирование СУОТ. Это очень напоминает метод контрольных листов, по сути это он и есть.

Далее с помощью метода «Что, если?» рассматриваются всевозможные сценарии развития событий, просматриваются отчеты о функционировании СУОТ на предприятии и другие документы. Определяется вероятность и степень последствий и с помощью матрицы (матричный метод оценки рисков) определяется степень риска.

Система оценки состояния охраны труда должна быть комплексной и неразрывной системой. У каждого оборудования и процесса должны быть требования нормативных документов, безопасной эксплуатации, соблюдаться периодичность технических осмотров. Должны вовремя проводиться сроки обучения сотрудников, соблюдаться выдача средств индивидуальной защиты и другие требования безопасности на рабочем месте.

Далее разрабатываются мероприятия по снижению риска. Определяется степень риска после внедрения мероприятий, и сразу после этого проводится классификация рисков на предмет приемлемости.

Далее в ЛНА предприятия, а конкретно в процедуре оценки рисков указываем классификацию рисков, делим их на три группы – низкие, средние и высокие, а после этого происходит отнесение рисков: низкие и средние к приемлемым, а высокие к неприемлемым рискам. Далее формируется ведомость оценки профессиональных рисков, а риски требующие особого внимания выносятся в план управления рисками.

Выводы

Таким образом, на основании сказанного можно сделать вывод о наличии некоторых проблем в проведении некоторых методов оценки профессиональных рисков и необходимости проведения комплексной оценки профессиональных рисков на предприятии.

После проведения ОПР во всех структурных подразделениях предприятия производится их обобщение, определяются опасности требующие наибольшего внимания.

При рассмотрении динамики рисков выявлено, что может потребоваться разработка мер по повышению уровня безопасности труда в отдельных структурных подразделениях Предприятия, так как скорость снижения риска в конкретном структурном подразделении может быть существенно ниже, чем в общем для всего Предприятия. Таким образом, мы делаем вывод, что только комплексная оценка, где достоинства одного метода перекрывают недостатки другого метода оценки профессиональных рисков может использоваться как входная информация для разработки целей Предприятия в области охраны труда. При внедрении данной системы в менеджмент предприятие можно добиться нулевого травматизма, снизить количество происшествий и повысить уровень безопасности работников. Также будет упрощена работа по охране труда, а риски будут снижены до минимума [20].

Литература

1. *Хайруллина Л. И.* Обучение охране труда как неотъемлемый элемент в системе управления охраной труда и профессионального образования / Л. И. Хайруллина, О. А. Тучкова, М. А. Чинова // Вестник НЦБЖД. – 2020. – № 1(43). – С. 142–148. – EDN NGWY GK.
2. *Измеров Н. Ф.* Проблемы здоровья работающего населения в России / Н. Ф. Измеров, Г. И. Тихонова // Проблемы прогнозирования. – 2011. – № 3(126). – С. 56–70. – EDN OCPMRT.
3. Базовые элементы оценки профессионального риска с использованием материалов проверки субъектов хозяйствования по чек-листам / Г. Е. Косяченко, Г. И. Тишкевич, А. В. Гиндюк, З. М. Осос // Здоровье и окружающая среда. – 2015. – № 25–2. – С. 30–32. – EDN ZAUHQ L.
4. *Сунгатуллина Е. Р.* Применение матричного метода оценки профессионального риска / Е. Р. Сунгатуллина // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности : Материалы X Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, Волгоград, 24–29 апреля 2023 года / Под общей редакцией Н. Ю. Ермиловой, И. Е. Степановой. – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2023. – С. 274–276. – EDN FKIQGI.
5. Об оценке тождественности использования матричных методов при оценке профессиональных рисков / Д. С. Алешков, М. В. Суковин, Е. В. Куцепалова, Р. Н. Профатилов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 2(63). – С. 16–21. – EDN VJYNGZ.
6. *Давыдов А. Ф.* Оценка рисков по методу Файна-Кинни (нефтегазовая отрасль) / А. Ф. Давыдов, Н. В. Шампарова // Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 110-летию со дня рождения проф. Ф. Х. Садыковой : Сборник научных трудов конференции, Москва, 12 октября 2023 года. – Москва: Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), 2023. – С. 51–53. – EDN OEGCRW.
7. *Брусенцова Т. А.* К комплексной оценке профессиональных рисков / Т. А. Брусенцова, Д. Р. Оленникова, Р. А. Федоров // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях : Материалы X Международной научно-практической конференции, Саратов, 16–17 мая 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, 2023. – С. 307–311. – EDN XMCIQO.
8. *Онопенко С. В.* Сравнение методов проверочного листа и анализа дерева событий, используемых при оценки опасностей и техногенных рисков / С. В. Онопенко // Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации» : Материалы XII Инновационного конвента, Кемерово, 08 февраля 2024 года. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2024. – С. 98–99. – EDN GRZZZK.
9. *Громов Д. А.* Оценка профессионального риска на рабочем месте маляра по результатам специальной оценки условий труда / Д. А. Громов, А. Д. Харьковский, А. В. Нихаева // Актуальные проблемы науки и техники. 2024 : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 19–21 марта 2024 года. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2024. – С. 824–825. – EDN RKJZNS.
10. *Бекиров Ш. Н.* Усовершенствованная система Элмери для оценки уровня безопасности рабочих мест / Ш. Н. Бекиров, Д. У. Абдулгасис // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2018. – № 3(61). – С. 196–202. – EDN YVPOAH.
11. *Розенфельд Е. А.* Специальная оценка условий труда как элемент оценки уровня профессионального риска / Е. А. Розенфельд // Безопасность и охрана труда. – 2020. – № 1(82). – С. 29–32. – EDN LIBIRJ.

12. Повышение эффективности оценки травматизма при анализе и оценке профессиональных рисков / В. А. Аксенов, П. Н. Потапов, А. М. Завьялов, Ю. В. Завьялова // Наука и техника транспорта. – 2013. – № 3. – С. 96–99. – EDN RAQEOX.
13. Бызова А. А. Оценка профессиональных рисков на предприятии и роль работников в процедуре оценки рисков / А. А. Бызова, Э. О. Ван-Жу-ю, О. И. Никитина // Безопасность – 2023 : Материалы XXVIII Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 19–21 апреля 2023 года. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2023. – С. 25–27. – EDN EJSQOJ.
14. Об оценке возможности использования метода дерево отказов и метода Файна-Кинни при оценке профессиональных рисков / Д. С. Алешков, М. В. Суковин, Е. В. Куцепалова, О. Г. Бачина // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 2(67). – С. 12–18. – EDN AQKIMR.
15. Комаров А. В. Использование методологии комплексной оценки научно-технологических проектов для оценки рисков их невыполнения / А. В. Комаров, К. А. Комаров, К. В. Шуртаков // Экономика науки. – 2021. – Т. 7, № 1. – С. 19–38. – DOI 10.22394/2410-132X-2021-7-1-19-38. – EDN CKVDSV.
16. Игнатьев Л. В. Комплексная оценка рисков при эксплуатации технологического оборудования на нефтеперерабатывающем заводе / Л. В. Игнатьев // Энигма. – 2022. – № 45. – С. 182–185. – EDN IJNRXL.
17. Малышев Д. В. Метод комплексной оценки профессионального риска / Д. В. Малышев // Проблемы анализа риска. – 2008. – Т. 5, № 3. – С. 40–59. – EDN NUFHVD.
18. Кузнецова А. Р. Состояние охраны труда и травматизм на производстве на предприятиях Республики Башкортостан / А. Р. Кузнецова, С. А. Косолапов // Российский электронный научный журнал. – 2013. – № 5(5). – С. 41–54. – EDN RZUECV.
19. Роик В. Д. Профессиональный риск: оценка и управление / В. Д. Роик, В. Д. Роик; В. Д. Роик. – Москва : Анкил, 2004. – С. 65–77. – ISBN 5-86476-215-6. – EDN QQCTGF.
20. Каск И. А. Оценка и управление психофизиологическим состоянием работников как метод оценки и управления профессиональными рисками / И. А. Каск // Северный регион: наука, образование, культура. – 2012. – № 1-2(25-26). – С. 248–258. – EDN VCUZOH.

УДК 331.45

Александр Юрьевич Комарцов,
аспирант
(Российский государственный социальный
университет)
Алексей Юрьевич Сорокин,
преподаватель
(Академия гражданской
защиты МЧС России)
Анатолий Валерьевич Рыбаков,
д-р техн. наук, профессор
(Российский государственный социальный
университет)
E-mail: aleksaander1999@gmail.com

Aleksandr Yurievich Komartsov,
postgraduate student
(Russian State
Social University)
Alexey Yurievich Sorokin,
lecturer
(Civil defence academy
emercom of Russia)
Anatoly Valerievich Rybakov,
Dr. Sci. Tech., Professor
(Russian State
Social University)
E-mail: aleksaander1999@gmail.com

**К ВОПРОСУ ОБ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
БАШЕННЫХ КРАНОВ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДКАХ**

**ON THE ISSUE OF ENSURING THE SAFE OPERATION
OF TOWER CRANES ON CONSTRUCTION SITES**

В статье рассматриваются факторы, способствующие авариям башенных кранов, в частности, потере устойчивости и опрокидыванию. Анализ статистики техногенных аварий показывает отсутствие динамики снижения их числа, несмотря на применяемые меры соответствующего контроля. Основной причиной аварий выделяются внешние ветровые нагрузки, что подтверждается рядом случаев, проанализированных в контексте различных научных исследований. Статья акцентирует на недостатках современных требований к проектированию кранов, приводящих к занижению реальных значений устойчивости. В заключение делается вывод о необходимости уточнения моделей воздействия внешней среды для повышения эффективности мероприятий по обеспечению безопасности башенных кранов на строительных объектах.

Ключевые слова: потеря устойчивости, башенные краны, аварии, ветровые нагрузки, подъемные сооружения, воздействие внешней среды.

The article discusses the factors contributing to tower crane accidents, specifically loss of stability and overturning. An analysis of industrial accident statistics over eight years shows a lack of downward trend in their numbers, despite the implemented control measures. External wind loads are identified as the primary cause of accidents, as confirmed by several cases analyzed in the context of various scientific studies. The article emphasizes the shortcomings of current design requirements for cranes, which lead to an underestimation of actual stability values. In conclusion, it is stated that there is a need to refine the models of environmental impact to enhance the effectiveness of safety measures for tower cranes at construction sites.

Keywords: loss of stability, tower cranes, accidents, wind loads, lifting structures, environmental impact.

Введение

Одним из наиболее опасных видов техногенных ЧС с использованием подъемных сооружений является падение башенного крана на строительных объектах. Вместе с тем

потеря устойчивости подъемных сооружений при воздействии внешних нагрузок остается предметом исследования. Аварии башенных кранов подразумевают собой потерю устойчивости и опрокидывание подъемного сооружения. Фиксация таких инцидентов происходит регулярно и показывает, что не всегда причиной этому служит нарушение правил эксплуатации и требований безопасности [1].

При реализации таких событий, осуществляются расследования, по результатам которых Ростехнадзор проводит информационно-методическую работу, направленную на осведомление территориальных ведомств, организаций, эксплуатирующих башенные краны, об выявленных недостатках в проектировании, изготовлении и сертификации подъемных сооружений [2].

Факты, выявленные в ходе расследований причин аварий, связанных с потерей устойчивости башенных кранов, также учитываются при осуществлении контрольно-надзорных мероприятий [2]. Вместе с этим правовое поле безопасности в ЧС в настоящее время совершенствуется, также совершенствуются и научно обоснованные методы обеспечения безопасности.

Рассмотрим статистику аварий и техногенных ЧС с использованием подъемных сооружений, представленную на рисунке. На протяжении восьми лет аварии на опасных производственных объектах, эксплуатирующих подъемные сооружения, случались, а их ежегодное количество оставалась примерно в одном и том же диапазоне и не имело четкой динамики снижения.



Динамика аварийности при эксплуатации подъемных сооружений [3]

Анализируя представленные значения, напрашивается вывод, что динамика аварий и техногенных ЧС не имеет устойчивой тенденции к снижению. Этот вывод на фоне применяемых мер, методов и инструментов по снижению количества таких аварий и техногенных ЧС, говорит о недостаточной эффективности реализуемого комплекса мероприятий [3].

Как было сказано ранее под аварией башенных кранов подразумевается их потеря устойчивости, исходя из этого можно сделать вывод, что в настоящее время динамика аварий, связанных с потерей устойчивости и опрокидыванием подъемных сооружений не имеет устойчивой тенденции к снижению, а проблема падения башенных кранов актуальна.

Таким образом, настоящая статья посвящена определению и обоснованию возможных причин потери устойчивости и опрокидывания башенных кранов.

Методы

Для достижения целей работы предлагается провести системный и сравнительный анализ примеров падения башенных кранов.

Системный анализ реальных случаев потери устойчивости башенных кранов позволит рассмотреть существующую проблему, как комплекс взаимосвязанных элементов, их свойств и процессов. Представление падения башенного крана, как структурно сложную систему и последующий анализ этой системы в дальнейшем позволит определить проблемы, относящиеся к закономерностям функционирования системного объекта в целом. Такой метод позволит определить причины потери устойчивости подъемного сооружения, связанные не только с конструктивом башенного крана или влиянием внешних факторов, но и с взаимосвязью этих элементов сложной системы.

Сравнительный анализ примеров потери устойчивости башенного крана позволит выявить определенные характеристики объекта в каждом из рассмотренных случаев и сравнить их по этим параметрам между собой. В результате этого, можно будет понять и увидеть что-то общее в этих явлениях, а также выявить какие-либо схожести и закономерности.

Применение такого метода позволит определить основную причину падения башенных кранов, что в дальнейшем позволит сузить область научных исследований, направленных на решения найденной причины.

Исходя из полученных результатов предлагается использовать метод анализа научных источников для определения глубины исследований по данной проблеме. Применение такого метода позволит выявить недостатки в действующих применяемых мерах по обеспечению устойчивости башенных кранов при внешних воздействиях и проанализировать способы решения существующей проблемы, предлагаемые другими исследователями в этой области.

На базе полученных результатов можно обосновать причину падения башенных кранов с учетом всех недостатков существующих нормативных документов и предложенных способов решения данной проблемы в рассмотренных научных работах.

Все дальнейшие работы, проводимые по определению и обоснованию возможных причин падения башенных кранов, основывались на вышеописанных методах. В результате чего были получены следующие результаты.

Результаты

Для выявления сущности проблемы, предлагается сперва рассмотреть несколько случаев падения башенного крана, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Примеры падения башенных кранов и их причины

№ аварии	Дата и место	Описание произошедшего	Причина
№ 1 [4]	23.06.2018 г. Барнаул	Из-за шквалистого порыва ветра кран съехал с рельсового пути	Причиной аварии стала эксплуатация при скорости ветра, превышающей предельно допустимую
№ 2 [5]	29.05.2017 г. Люберцы	В результате ураганного ветра произошло падение башенного крана, в нерабочем состоянии	Причиной аварии было установлено разрушение элемента поворотной платформы вследствие ветровой нагрузки на кран
№ 3 [6]	12.07.2014 на р. Обь	В результате ураганного ветра произошло падение крана. Кран был технически исправен и располагал полным набором исправных средств защиты от угона ветром	Причиной аварии стал ураганный ветер, превышающий расчетное ограничение по установке крана
№ 4 [7]	26.05.2013 г. Киров	На объекте строительства многоэтажного здания в г. Кирове, в условиях сильного порывистого ветра башенный кран начал заваливаться по ходу движения в нерабочем состоянии [8]	Причиной аварии стала ветровая нагрузка, превышающая допустимую для нерабочего состояния крана [8]

Анализ приведенных примеров показывает, что главной причиной аварий, связанных с потерей устойчивости башенного крана и его опрокидыванием, являются внешние ветровые нагрузки. Стоит отметить, что башенный кран обладает высокой чувствительностью к условиям эксплуатации, основной внешней причиной падения подъемного сооружения являются неблагоприятные метеорологические условия [9].

Исследованиям в этой области посвящены множество научных работ. В табл. 2 приведены основные научные исследования и их выводы.

Таблица 2

Научные исследования, направленные на повышение устойчивости башенного крана при внешних ветровых нагрузках

Авторы	Результаты
Булатов Б. В., Синельщиков А. В.	Нормативный метод расчета устойчивости крана, представленный в РД 22-168-86, дает завышенные результаты коэффициента устойчивости в сравнении с действительностью [9]
Обыденов В. А.	Прогнозирование увеличения скорости ветра, регулирование устойчивости при превышении нормативной скорости ветра для башенных кранов в рабочем состоянии [10]

Авторы	Результаты
Редькин А. В., Сорокин П. А.	Использование системы управления положением стрелы, позволяющей обеспечить устойчивость башенного крана в условиях ветровых нагрузок [11]
Редькин А. В., Сорокин П. А., Чан Дык Хиеу	Система корректировки и поддержания положения стрелы башенного крана относительно направления ветра для обеспечения устойчивости стационарного башенного крана [11, 12]
Булатов Б. В., Синельщиков А. В.	Отсутствие расчета устойчивости башенного крана в различных эксплуатационных состояниях, либо во время совмещения рабочих операций при ветровых нагрузках в РД 22-166-86 [13]

Анализ научных работ, направленных на решение существующей проблемы, показывает, что усилия многих исследователей направлены на совершенствование моделей внешнего нестационарного нагружения, принятии инженерных и конструктивных решений по снижению возникающих напряжений в элементах башенного крана, а также разработку систем управления подъемным сооружением для снижения влияния возникающих нагрузок [14].

Также в ряде работ говорится о недостатках в современных требованиях к проектированию кранов. Нормативный метод расчета устойчивости башенного крана дает завышенные результаты, а также в нем не учтен расчет устойчивости башенного крана в различных эксплуатационных состояниях. Такие операции имеют ключевое значение при восприятии ветровой нагрузки под разными углами, что вне всяких сомнений имеет прямую связь с напряжениями, возникающими в различных конструктивных элементах крана, а в следствии и с причиной падения башенных кранов.

Обсуждение

Исходя из вышеописанного, можно выдвинуть предположение о том, что повысить эффективность мероприятий по обеспечению безопасности башенного крана можно за счет уточнения модели воздействия факторов окружающей среды на кран и обоснованием комплексного показателя безопасности крана. При этом на основе данной модели и обоснованного комплексного показателя, можно будет сформулировать постановку задачи обоснования мероприятий по обеспечению безопасности крана на строительных объектах.

Для того чтобы сформулировать постановку задачи, необходимо уточнить модель. Как известно башенный кран состоит из множества конструктивных элементов.

Пусть q_i – показатель безопасности i -го элемента. Показатель безопасности складывается из функции, состоящей из множества параметров крана и множества факторов внешней среды (1).

$$q_i = f(\{P_i\}, \{F_i\}), \quad (1)$$

где P_i – параметры башенного крана; F_i – факторы внешней среды.

Башенный кран является системой, набором взаимосвязанных элементов. С точки зрения безопасности можно сказать, что если один из элементов нас подводит, то нас подведут потенциально все остальные элементы.

Пусть q_k – комплексный показатель безопасности башенного крана. Показатель безопасности башенного крана можно определить как минимальный показатель безопасности элемента башенного крана (2).

$$q_k = \min(q_i) \quad (2)$$

Исходя из этого комплексный показатель безопасности башенного крана будет зависеть от параметров башенного крана, имеющих минимальные показатели безопасности элементов и в дальнейшем минимизироваться (3).

$$q_k(P_i) = \min(f(P_i, F_i)) \rightarrow \min \quad (3)$$

Выраженная функция имеет систему ограничений, где значение i -го параметра башенного крана должно быть больше нуля и меньше максимального значения i -го параметра, а значение i -го фактора внешней среды должно быть больше минимального значения i -го фактора внешней среды и меньше максимального значения i -го фактора (4).

$$\begin{cases} 0 < P_i < P_{i \max}, \\ F_{i \min} < F_i < F_{i \max}. \end{cases} \quad (4)$$

где $P_{i \max}$ – максимальное значение i -го параметра башенного крана; $F_{i \min}$ – минимальное значение i -го фактора внешней среды; $F_{i \max}$ – максимальное значение i -го фактора внешней среды.

Таким образом понятна структура дальнейшего исследования, исходя из этого следующий этап работы сводится к представлению функций частных показателей в аналитическом виде и построением динамической модели нагружения с учетом всех особенностей, описанных выше.

Выводы

Таким образом существующие недостатки в современных требованиях проектирования подъемных сооружений, дающие завышенные результаты расчета коэффициента устойчивости в сравнении с действительностью, а также не учитывающие различные эксплуатационные состояния башенных кранов имеют ключевое значение при восприятии ветровой нагрузки под разными углами, что вне всяких сомнений имеет прямую связь с причиной падения кранов.

Литература

1. Синельщиков А. В., Джалмухамбетов А. И. Развитие методов расчета устойчивости башенных кранов // Вестник МГСУ. 2017. № 12(111). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitiye-metodov-rascheta-ustoychivosti-bashennykh-kranov> (дата обращения: 20.05.2024).

2. Мишин А. В. Метод обеспечения устойчивости башенных кранов при действии случайных ветровых нагрузок: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2014. 21 с.

3. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2020 году. – URL: https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/Годовой%20отчет%20за%202020%20год.pdf (дата обращения: 15.06.2024).

4. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 году. – URL: https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/Годовой%20отчет%20за%202018%20год.pdf (дата обращения: 15.06.2024).

5. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2017 году. – URL: [https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/Годовой%20отчет%20Ростехнадзора%20за%20%202017%20г.%20\(окончат\).pdf](https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/Годовой%20отчет%20Ростехнадзора%20за%20%202017%20г.%20(окончат).pdf) (дата обращения: 15.06.2024).

6. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2014 году. – URL: https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/ГД%202014.pdf (дата обращения: 15.06.2024).

7. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2013 году. – URL: https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/Отчет%202013.pdf (дата обращения: 15.06.2024).

8. Давудов Г. Р. Возможно ли снизить аварийность башенных кранов? / Г. Р. Давудов, Ю. Г. Ежов // Промышленные и строительные технологии. – 2015. – № 2(2). – С. 5. – EDN OVCMVJ.

9. Булатов Б. Л. Расчетный метод обоснования устойчивости башенных кранов // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2012. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/raschetnyy-metod-obosnovaniya-ustoychivosti-bashennyh-kranov> (дата обращения: 20.05.2024).

10. Обыденов В. А. Устойчивость стационарных башенных кранов в условиях ветрового нагружения: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Тула, 2010. 20 с.

11. Редькин А. В., Сорокин П. А. Модернизация системы управления приводами башенного крана с учётом ветрового нагружения // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. № 12-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-sistemy-upravleniya-privodami-bashennogo-krana-s-uchyotom-vetrovogo-nagruzheniya> (дата обращения: 10.03.2025).

12. Чан Дык Хиеу. Устойчивость стационарных башенных кранов при действии резких порывов ветра в условиях Вьетнама: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2013. 20 с.

13. Булатов Б. Л., Синельщиков А. В. Расчет устойчивости башенных кранов на основе определения реакции в опорах // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2011. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-ustoychivosti-bashennyh-kranov-na-osnove-opredeleniya-reaktsii-v-oporah> (дата обращения: 20.05.2024).

14. Булатов Ж. Л., Синельщиков А. В. Состояние вопроса динамики башенных кранов с учетом больших перемещений // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2014. № 1(57). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-voprosa-dinamiki-bashennyh-kranov-s-uchetom-bolshih-peremescheniy> (дата обращения: 10.03.2025).

УДК 331.45

Роман Игоревич Варламов,
аспирант
Анатолий Валерьевич Рыбаков,
д-р техн. наук, профессор
(Российский государственный
социальный университет)
Алексей Юрьевич Сорокин,
преподаватель
(Академия гражданской
защиты МЧС России)
E-mail: roma.varlamov.99@inbox.ru,
a.rybakov@agz.50.mhs.gov.ru,
sora230726@gmail.com

Roman Igorevich Varlamov,
postgraduate student
Anatoly Valerievich Rybakov,
Dr. Sci. Tech., Professor
(Russian State
Social University)
Alexey Yurievich Sorokin,
lecturer
(Civil defence academy
emercom of Russia)
E-mail: roma.varlamov.99@inbox.ru,
a.rybakov@agz.50.mhs.gov.ru,
sora230726@gmail.com

**О РОЛИ ФЕНОМЕНА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПЕРЕГРУЗКИ
В БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА НА ОБЪЕКТАХ
ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ**

**ON THE ROLE OF THE PHENOMENON OF INFORMATION OVERLOAD
IN OCCUPATIONAL SAFETY AT HIGH-RISK FACILITIES**

Статья посвящена анализу имеющихся исследований процессов восприятия информации человеком и попытке первичного осмысления переизбытка информации как причины травматизма. Рассмотрены процессы восприятия информации и дальнейшего принятия решения в рамках повышения уровня травматизма. Сформулирована роль информационной перегрузки в безопасности труда, показаны возможные причины ее возникновения и приводится симптоматика информационной перегрузки, приводящая к травме. Проведен анализ, показывающий необходимость разработки мероприятий и стратегии по управлению информационной перегрузкой на опасных производственных объектах. Поставлены задачи для дальнейшей работы в рамках рассматриваемой темы.

Ключевые слова: безопасность труда, информация, восприятие, реакция, человек, информационная перегрузка, травматизм.

The article is devoted to the analysis of available research on the processes of human perception of information and an attempt to make primary sense of an overabundance of information as a cause of injury. The processes of information perception and further decision-making within the framework of increasing the level of injury are considered. The role of information overload in occupational safety is formulated, the possible causes of its occurrence are shown and the symptoms of information overload leading to injury are given. An analysis has been conducted showing the need to develop measures and strategies to manage information overload at hazardous production facilities. The tasks for further work within the framework of the topic under consideration are given.

Keywords: occupational safety, information, perception, reaction, human, information overload, injury.

Введение

Безопасность труда – это неотъемлемый фактор производственного процесса как для работников, так и для работодателей. По данным Всемирной организации здравоохранения

(ВОЗ), ежегодно происходят миллионы несчастных случаев на объектах повышенной опасности, таких как строительные площадки, химические заводы и энергетические предприятия, что в свою очередь может иметь как материальные последствия (например, экономические потери в виде компенсаций, штрафов, возмещений и т. д.), так и нематериальные (снижение репутации компании, ухудшение морально-этического климата среди работников) [1].

Несмотря на применяемые меры и средства защиты, явление травматизма продолжает иметь место быть. С научной точки зрения, это говорит о том, что имеющийся комплекс мероприятий по уменьшению уровня травматизма на производстве оказывается недостаточным.

В рамках анализа научных источников по данной проблеме можно выделить отдельно информационный аспект безопасности труда, в рамках которого человеческие действия на территории повышенной опасности рассматриваются как реакция, формирующаяся в ответ на совокупность воспринятой информации из окружающей среды. При этом процессы и механизмы восприятия и реакции не в полном объеме рассматриваются в охране труда и не имеют отражения в нормативной базе.

Исходя из вышеизложенного в исследуемой сфере безопасности труда возникает задача системного анализа идей и концепций, характеризующих процесс восприятия информации и дальнейшей реакции на нее, а также формализации роли информации в сфере безопасности труда.

В рамках решения данной задачи предлагается провести анализ связи производственного травматизма и ошибочного восприятия и реакции человека на полученную информацию из окружающей среды, а также детерминировать феномен искажения информации на уровне восприятия. При детерминировании рассматриваемого феномена предусматривается отталкиваться от следующих ситуаций:

Когнитивные ограничения: при переизбытке информации работники могут испытывать трудности в фильтрации важной информации, что затрудняет принятие решений в критических ситуациях. Также переизбыток информации может вызывать стресс и утомление, а они оказывают негативное влияние на концентрацию и внимательность работников [1, 2, 3];

Определяющим фактором воздействия информации на человека является соответствие значений информации из окружающей среды диапазону значений чувствительности органов сенсорной системы человека (пороги чувствительности). В случае их несоответствия человек не воспримет информацию и его дальнейшие действия не будут учитывать объективную внечеловеческую реальность, что в свою очередь повышается вероятность получения травмы [4].

Методы

Автор применяет общенаучные методы, такие как гипотетико-дедуктивный метод, системный и сравнительный анализ. Первоначально анализу подвергается научная литература о феномене восприятия информации и следующей реакции. Далее исходя из полученных результатов в рамках системного анализа выстраиваются и обосновываются связи рассматриваемого феномена и состояния безопасности.

Результаты

Наблюдения показывают, что воздействие информации на человека зачастую вызывает неадекватные реакции с его стороны. Что же конкретно является причиной ошибки реакции человека – это вопрос, ответ на который станет определяющим звеном в понимании проблемы травматизма.

Прежде чем ответить на данный вопрос, необходимо установить однозначность смыслов вкладываемых в слова человек и информация в рамках текущего анализа. Человек – это объект, внешние поведенческие проявления которого могут быть описаны моделью стимул-реакция [4]. При этом любой стимул прежде всего имеет информационную природу.

Современное научное представление об информации очень точно сформулировал Н. Винер, «отец» кибернетики: «Информация – это обозначение содержания, полученного из внешнего мира в процессе нашего приспособления к нему и приспособления к нему наших чувств» [4].

Далее для ответа на поставленный выше вопрос рассмотрим процесс информационного воздействия на объектно-субъектном уровне. Такой процесс будет состоять из четырех этапов [4]:

1. Воздействие субъекта (информация) на объект (человек);
2. Восприятие объектом производимого субъектом воздействия;
3. Анализ воспринятого воздействия объектом;
4. Реакция объекта на воздействие. (далее цикл повторяется).

Данные этапы демонстрируют, что реакция объекта зависит от трех составляющих [4]:

1. Вид производимого воздействия (вид информации);
2. Количественный показатель воспринятого воздействия (сколько информации получено человеком);
3. Особенности проведенного анализа.

На фоне первой составляющей, которая науке известна, и третьей, которая изучается нейробиологией, интерес вызывает вторая (количественный показатель воспринятого воздействия), так как именно она доказывает зависимость качества реакции человека от количества полученной информации.

Исходя из этого вытекает, что при малом количестве полученной информации у человека не хватит данных для формирования адекватной реакции. Адекватность реакции при этом определяется степенью ее соответствия складывающимся внешним условиям. С точки зрения безопасности труда, если внешние условия несут в себе опасность, то адекватной реакцией будет стремление исключить возможность реализации опасности. Таким образом, неполнота воспринятой информации будет являться условием повышения вероятности получения травмы. Вместе с этим избыточная воспринятая информация может также являться условием повышения вероятности получения травмы.

Далее предлагается рассмотреть рис. 1, на котором представлена модель восприятия и реакции человека на фоне различной информации.

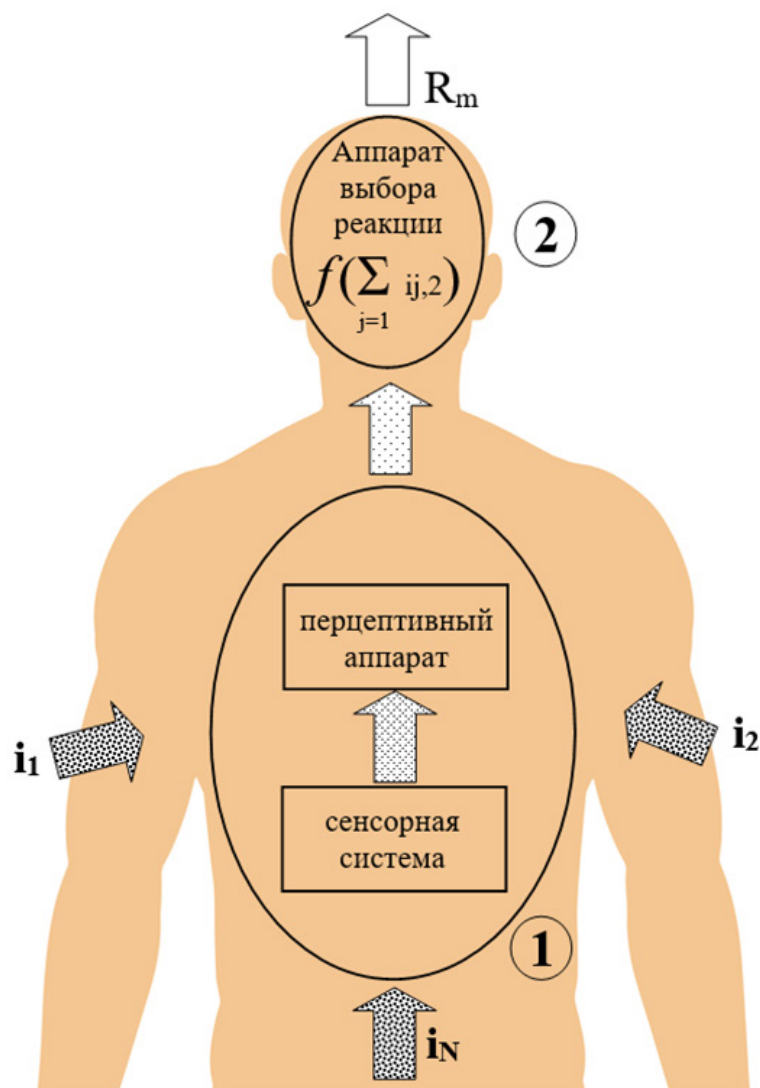


Рис. 1. Модель восприятия и реакции человека на фоне различной информации

Данная модель содержит следующие условные обозначения:

Информация (i_1, i_2, i_N) воздействует на человека;

Сенсорно-перцептивная система воспринимает информацию из окружающей среды и формализует ее в вид, воспринимаемый нашим сознанием [4];

Аппарат выбора реакции – система оценки полученной информации об окружающей среде ($f(\sum_{j,2})$) и выбора соответствующего вида реакции (R_m).

Исходя из этого возможно сделать следующий вывод. Если информация, имеющаяся в результате восприятия на субъективном уровне, в аппарате выбора реакции отличается от объективного состояния окружающей среды, то действие, которым отреагирует человек может быть неадекватно. Это может выражаться в виде расхожих объяснений ошибочных действий: «не заметил», «не обратил внимание», «думал, что не опасно». По факту человек проигнорировал или упустил из виду тот или иной фактор.

Двигаясь далее, становится необходимо рассмотреть в результате чего информация на уровне нашего сознания может отличаться от объективной информации, которая зашла в сенсорно-перцептивную систему (рис. 2, 3).

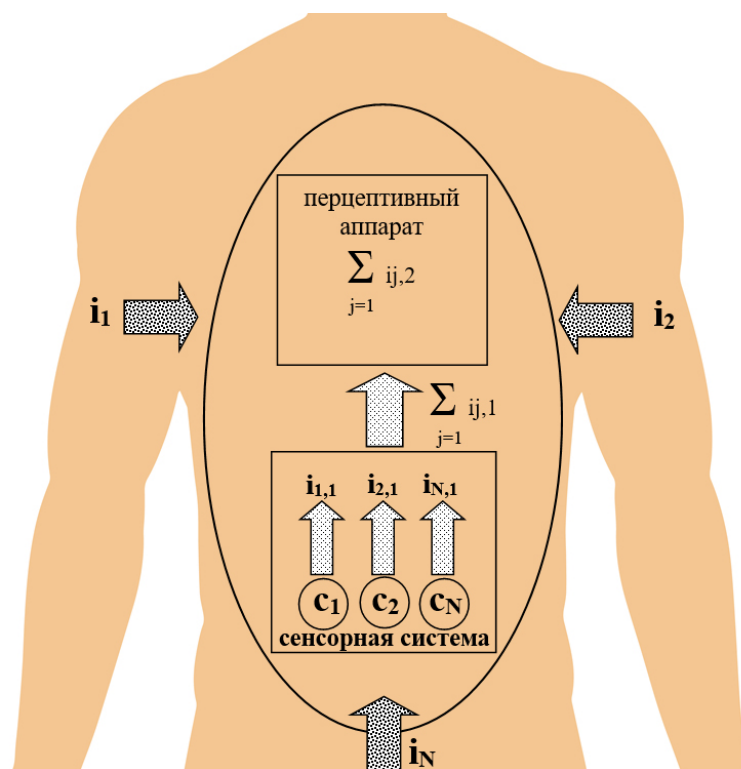


Рис. 2. Структурная схема сенсорно-перцептивной системы

На рис. 2 представлена структурная схема сенсорно-перцептивной системы, которая включает в себя:

Сенсорная система – это органы чувств (c_1, c_2, c_N) которые реализуют преобразование энергетического состояния среды (то, в чем выражается информация) в биоэлектрические потенциалы, которые проходят по нервной системе в область перцептивного аппарата [4].

С физической точки зрения, каждый сенсор работает как преобразователь, а любой преобразователь имеет свои потери и отклонения, это говорит о том, что один из возможных элементов на уровне которого информация искажается это сенсоры. Приведу простой пример – дальтоники, объективно красное видят не как красное, зеленое могут увидеть, как синее, то есть сенсор искажает информацию.

Перцептивный аппарат и то, как он работает, наука пока имеет возможность только предполагать, однако известно, что он преобразует информацию стимульного ряда в чувственные образы (ощущения), то есть на выходе из него формируется то, что доступно нашему сознанию. Вместе с этим на уровне перцептивного аппарата (то есть синтеза стимульного ряда) конечная информация о состоянии окружающей среды может отличаться от ее объективного состояния.

Иллюстрация искажения информации на различных уровнях сенсорно-перцептивной системы, которая была рассмотрена выше может быть формализована в виде следующих закономерностей, обуславливающих субъективное восприятие (рис. 3):

Закономерности, обуславливающие субъективность восприятия:

$$i_1 \neq i_{1,1}$$

$$i_2 \neq i_{2,1}$$

$$i_N \neq i_{N,1}$$

$$\sum_{j=1} i_{j,1} \neq \sum_{j=1} i_{j,2}$$

$$\sum_{j=1} i_{j,2} \neq \begin{cases} i_1 \\ i_2 \\ i_N \end{cases}$$

Рис. 3. Закономерности, обуславливающие субъективность восприятия

Далее исходя из совокупности проанализированной литературы и полученных результатов можно сделать вывод, что при информационном воздействии ошибка восприятия и реакции может возникать по двум причинам:

Все сенсоры (органы чувств) имеют свои пороги чувствительности, как абсолютные, так и дифференциальные (у разных людей пороги чувствительности отличаются – это физиологические особенности). Абсолютные пороги – это минимальные и максимальные характеристики изменения энергетического состояния среды, которые фиксируются органами чувств (темно-светло, звук есть-звука нет). Дифференциальные пороги определяют шаг распознавания человеком изменения уровня информационного воздействия (если звук увеличился на 2 дБ, человек это уловил или нет).

Также не менее важно учитывать пороговые свойства органов чувств человека при восприятии информации, которая существует на предпороговых и выходящих за пороги уровнях: когда интенсивность информационного воздействия может быть меньше или больше порога. В результате данного явления информация об опасности может не считываться на уровне восприятия человека, что также негативно влияет на качество реакции и повышает вероятность травмы. Пример: если работник выполнял работы при низком уровне освещения в течении продолжительного отрезка времени, то в случае его попадания в условия с нормальным уровнем освещения (естественное) ему оно может казаться слишком ярким или даже ослепляющим.

Информационная перегрузка – это состояние, при котором индивид сталкивается с объемом информации превышающем порог того объема, который он способен обработать [5]. Это показывает, что человек может обрабатывать конечное количество информации или, другими словами, объем воспринимаемой и распознаваемой информации имеет пределы, при этом такая характеристика для каждого человека является индивидуальной. Помимо этого, стоит отметить, что человек ощущает не только окружающую среду, но и себя – мысли, образы, чувства, размышления. Что также включается в общий объем обрабатываемой информации.

Данное явление демонстрирует, что существуют естественные ограничения объемов информации, которые человек способен обработать. Можно предположить, что это некие «механизмы», которые защищают ресурс человека от полного истощения. К их числу можно отнести положения нейрофизиологии, выделенные В. П. Чумаковой [2]:

Пропускная способность мозга варьируется: некоторые люди могут запомнить всего 2–3 символа, в то время как другие способны удерживать более 9;

Более высокая пропускная способность мозга связана с лучшей способностью фильтровать информацию, что означает, что чем эффективнее человек отбирает ненужные данные, тем больше полезной информации он может одновременно держать в сознании.

Еще одним важным ограничивающим фактором является энергозатратность. Как указывает в одной из своих работ кандидат биологических наук И. Э. Лалаянц, «мозг, имея массу не более 1,5–2 % от массы тела, потребляет 25 % энергии. При этом одной из самых энергозатратных операций является концентрация внимания» [3].

Также роль ограничителя выполняет утомляемость. Наиболее эффективно информация воспринимается в промежутке от 20 до 50 минут. Длительная обработка информации может активировать «механизмы» торможения, которые защищают организм от переутомления, а запасы углеводов от истощения. При длительной работе в данном режиме тело начинает давать сбой: проявляется усталость глаз, замедление дыхания [6].

В связи с вышеизложенным логично заключить, что данные ограничивающие факторы являются естественными барьерами обработки информации, однако вместе с этим они предотвращают полное истощение ресурсов организма человека. Таким образом вышесказанное предположение подтверждается.

Далее будет представлено рассмотрение симптомов информационной перегрузки (далее – ИП), которые могут привести к травмам, так как постоянное нахождение в информационном потоке создает условия, способствующие повышенной уязвимости человека в контексте безопасности труда [7].

Одним из первых исследователей влияния ИП стал американский психолог С. Милгрэм. В 1970 году он изучил воздействие избытка сигналов на жителей крупных городов и выделил несколько общих реакций на информационную перегрузку. Например, горожане часто уделяют меньше времени на анализ каждого отдельного сигнала [5].

В организационном контексте, который на сегодняшний день изучен наиболее глубоко, ИП может проявляться у человека через следующие симптомы [5]:

Стресс, состояние замешательства и когнитивная напряженность;

Повышенная предрасположенность к совершению ошибок;

Падение мотивации;

Затруднение при определении приоритетов;

Повышенная избирательность и игнорирование больших объемов информации;

Увеличение времени, отводимого на принятие решения;

Неспособность воспользоваться информацией для принятия решения.

Если брать во внимание все вышесказанное, логично сделать вывод, что ИП является условием, способствующим появлению ошибки восприятия и реакции у человека, в результате которой повышается вероятность получения травмы [8].

Обсуждения

Безопасность труда включает в себя системы и процедуры, направленные на предотвращение несчастных случаев и профессиональных заболеваний на рабочем месте. Эффективные меры безопасности требуют от работников высокой степени концентрации и внимательности. Однако при наличии ИП работники могут не справляться с требованиями безопасности, что увеличивает риск травматизма [9].

Таким образом, разработка мероприятий и стратегии по управлению феноменом ИП у работников на опасных производственных объектах (далее – ОПО) становится всё более актуальной задачей, особенно в свете полученных результатов. Вот несколько ключевых аспектов, подчеркивающих необходимость их разработки:

Безопасность и предотвращение аварий:

Избыточная информация может привести к ошибкам в принятии решений. На ОПО, где каждая ошибка может иметь серьезные последствия, критически важно обеспечить работникам доступ к четкой и актуальной информации.

Анализ причин крупных аварий показывает, что недостаток ясности в информации часто становится одним из факторов, способствующих инцидентам (например, авария на Саяно-Шушенской ГЭС).

Эффективность работы:

Упрощение информационных потоков позволяет работникам быстрее реагировать на изменения и принимать решения. Это особенно важно в условиях ограниченного времени и высокой нагрузки. Информационная перегрузка может приводить к повышенному уровню стресса и профессиональному выгоранию. Создание комфортной рабочей среды через упрощение информационных потоков способствует улучшению психологического состояния работников.

Результаты экспериментов, проведенных в России, показывают, что информационный стресс ухудшает качество реакции у животных [10]. Люди также испытывают высокий уровень стресса из-за сложных информационных систем, таким образом, на ОПО, где каждое решение должно приниматься с максимальной продуманностью необходимо применять мероприятия по уменьшению информационного стресса и недостатка ясности в задачах.

Соответствие нормативным требованиям:

В соответствии с российскими стандартами (ГОСТ Р 12.0.230–2007), необходимо обеспечивать безопасность труда, что включает в себя создание удобных для восприятия информационных потоков.

Внедрение технологий:

Внедрение технологий, таких как искусственный интеллект и системы визуализации данных, может значительно улучшить качество и доступность информации для работников.

Разработка мероприятий и стратегии по управлению ИП на опасных производственных объектах в России является необходимым шагом для повышения безопасности, эффективности работы и общего благополучия работников. Это требует комплексного подхода, включающего анализ текущих процессов, внедрение новых технологий и обучение персонала.

Выводы

Главным образом переизбыток информации приводит к повышению травматизма через превышение порогов чувствительности органов чувств и информационную перегрузку. Оба этих явления отрицательно влияют на качество реакции человека на изменения в окружающей среде.

В условиях быстро меняющейся рабочей среды, особенно в таких сферах, как строительство и транспорт, работники часто подвергаются воздействию большого количества информации, что может привести к когнитивной усталости и снижению концентрации, что в свою очередь отрицательно сказывается на качестве реакции на изменения в окружающей среде и, как следствие, повышает вероятность получения травмы.

Для обеспечения безопасности труда необходимо учитывать фактор информационной перегрузки при приеме работников, разработке инструкций и обучающих программ. Упрощение коммуникационных процессов и создание четких алгоритмов действий могут помочь снизить уровень стресса и повысить безопасность. Также для профилактики качество реакции необходимо следить за тем, чтобы характеристики информационных потоков, которые окружают работника соответствовали параметрам восприятия.

Данная работа показала, что феномен информационной перегрузки представляет собой значительную угрозу для безопасности труда на объектах повышенной опасности. Будущие исследования должны сосредоточиться на разработке практических рекомендаций для управления информационными потоками в условиях повышенной опасности.

Литература

1. Кан Р. Л., Вулф Д. М., Куинн Р. П., Снук Дж. Д., Розенталь Р. А. Организационный стресс: исследования ролевых конфликтов и двусмысленности // Ежеквартальный журнал административной науки. – 1965. – Том № 10, № 1. – С. 125–129. URL: <http://www.jstor.org/stable/2391654> (дата обращения: 20.06.2024).
2. Чумакова В. П. Проблема информационной перегрузки в культуре: история вопроса и обзор современных направлений исследования // Международный журнал исследований культуры. – 2016. – Том № 25, № 4. – С. 136–145. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-informatsionnoy-peregruzki-v-kulture-istoriya-voprosa-i-obzor-sovremennyh-napravleniy-issledovaniya> (дата обращения: 21.06.2024).
3. Сиротова А. О., Кузьмин В. В., Сорокин А. Ю., Кондратьева А. С. Информационная перегрузка: от шока будущего к бичу настоящего // Научные труды Центрального научно-исследовательского института русского жестового языка. Автономная некоммерческая организация Центральный научно-исследовательский институт русского жестового языка – 2019. – Том 2. – С. 39–46. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_38534726_61809823.pdf (дата обращения: 21.06.2024).
4. Саркисян Н. В., Сорокин А. Ю. Информационно-кибернетическая модель сенсорной системы человека // International Journal of Medicine and Psychology. – 2024. – Том № 7, № 2. – С. 208–216. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_67224187_72904641.pdf (дата обращения: 22.06.2024).
5. Чигринский П. А. Информационная перегрузка: особенности явления причины его возникновения // Вестник МГЭИ (on line). – 2020. – № 1. – С. 145–156. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42677382_43675515.pdf (дата обращения: 23.06.2024).

6. Еляков А. Д. Информационная перегрузка людей // Социологические исследования : Ежемесячный научный и общественно-политический журнал РАН. – 2005. – № 5. – С. 114–121. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17309591> (дата обращения: 24.06.2024).

7. Зотова О. М., Егорова Т. С., Юшин В. В., Зотов В. В. Информационные перегрузки как фактор риска для здоровья студентов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2014. – № 4. – С. 77–83. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23236691_34401681.pdf (дата обращения: 25.06.2024).

8. Варламов Р. И., Сорокин А. Ю., Климкин А. А. К вопросу о человеческом факторе: взгляд с позиции технической науки // Моделирование сложных процессов и систем : Сборник трудов XXXIV Международной научно-практической конференции, Химки, 01 марта 2024 года. – Химки : Академия гражданской защиты МЧС России им. генерал-лейтенанта Д. И. Михайлика, – 2024. – С. 119–124. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=68494632> (дата обращения: 27.07.2024).

9. Лека С., Джайн А., Кокс Т., Кортум Э. Разработка европейской системы управления психосоциальными рисками: PRIMA-EF. Journal of occupational health, – 2011. – Том № 53, № 2. – С. 137–143. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21325735/> (дата обращения: 28.07.2024).

10. Самотруева М. А., Сергалиева М. У., Ясенявская А. Л., Мажитова М. В., Теплый Д. Л., Кантемирова Б. И. Информационный стресс: причины, экспериментальные модели, влияние на организм // Астраханский медицинский журнал. – 2015. – Том № 10, № 4. – С. 25–30. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_25409443_23137948.pdf (дата обращения: 29.07.2024).

УДК 614.8

Александр Юрьевич Семейкин,
канд. техн. наук, доцент
Оксана Николаевна Томаровщенко,
канд. техн. наук, доцент
Виктория Александровна Петрова,
ассистент
Полина Ярославовна Гаврилова,
студент
(БГТУ им. В. Г. Шухова)
E-mail: semeykin.ay@bstu.ru,
tomarovschen-ko.on@bstu.ru,
petrova.va@bstu.ru,
gavrilivapolina@gmail.com

Alexander Yuryevich Semeykin,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
Oksana Nikolaevna Tomarovshchenko,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
Victoria Alexandrovna Petrova,
assistant lecturer
Polina Yaroslavovna Gavriliva,
student
(BSTU named after V. G. Shukhov)
E-mail: semeykin.ay@bstu.ru,
tomarovschen-ko.on@bstu.ru,
petrova.va@bstu.ru,
gavrilivapolina@gmail.com

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ
В УСЛОВИЯХ ПРИГРАНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

**ENSURING THE SAFETY OF CONSTRUCTION WORKS
IN THE CONDITIONS OF BORDER TERRITORIES**

В статье проведен статистический анализ данных о производственном травматизме за период 2018–2023 гг., полученных из официальных отчетов Федеральной службы государственной статистики. Определены ключевые факторы риска, способствующие возникновению несчастных случаев в строительстве. В статье обсуждаются меры, направленные на повышение безопасности труда в строительной отрасли, с учетом специфики приграничных территорий. Указано, что необходимо разработать отдельные требования к средствам индивидуальной защиты, которые будут учитывать угрозы, связанные с военными действиями, а также сформулировать рекомендации по обеспечению безопасности работников, работающих в зонах повышенной опасности.

Ключевые слова: безопасность труда, строительство, профессиональный риск, опасности, антитеррор, падение с высоты, средства индивидуальной защиты.

The article provides a statistical analysis of data on occupational injuries for the period 2018–2023, obtained from official reports of the Federal State Statistics Service. The key risk factors contributing to accidents in construction have been identified. The article discusses measures aimed at improving occupational safety in the construction industry, taking into account the specifics of border areas. It is indicated that it is necessary to develop separate requirements for personal protective equipment that will take into account the threats associated with military operations, as well as formulate recommendations for ensuring the safety of workers working in high-risk areas.

Keywords: occupational safety, construction, occupational risk, hazards, anti-terrorism, falling from a height, personal protective equipment.

Введение

Согласно Приказу Федеральной службы безопасности Российской Федерации от 17.12.2020 № 594 «О пределах пограничной зоны на территории Белгородской области» [1], пограничная зона на территории Белгородской области установлена

в пределах 9 муниципальных образований: 6 районов (Краснояружский, Волоконовский, Вейделевский, Ровеньский, Борисовский, Белгородский) и 3 городских округов (Грайворонский, Шебекинский, Валуйский). Данная территория граничит с Луганской, Харьковской и Сумской областями. При этом с 9 августа 2024 года в раках обеспечения общественной безопасности и предотвращения угроз террористического характера, на территории трех субъектов Российской Федерации (Брянской, Курской и Белгородской областей) был введен режим контртеррористической операции (КТО). Данный режим предполагает реализацию комплекса специальных мер и введение временных ограничений, направленных на нейтрализацию угроз и обеспечение безопасности населения в соответствии с Федеральным законом от 06.03.2006 № 35-ФЗ «О противодействии терроризму» [2].

В таких условиях особую значимость приобретает проблематика обеспечения безопасных условий труда при осуществлении строительных работ в приграничных территориях. Ускоренный темп восстановления жилищного фонда региона, сопряженный с необходимостью оперативного реагирования на последствия чрезвычайных ситуаций, сопровождается увеличением уровня профессиональных рисков и, как следствие, дефицитом профильных квалифицированных кадров, а также ростом коэффициента текучести персонала.

Методы

Для оценки уровня безопасности условий труда и трудового процесса в строительстве был применен статистический метод анализа, основанный на официальных данных Федеральной службы государственной статистики, собранных по годовым отчетным формам № 7-травматизм, содержащим информацию о распределении количества пострадавших в результате несчастных случаев на производстве по основным видам происшествий и причинам их возникновения.

В работе определены основные характеристики производственного травматизма в строительстве Белгородской области, включающие показатели частоты происшествий, тяжести полученных травм и уровня смертельных случаев среди работников отрасли.

Выполнено сравнение значений данных показателей в Белгородской области с аналогичными по РФ в целом. Проведена идентификация ключевых факторов риска, способствующих возникновению несчастных случаев в строительстве.

Результаты

Коэффициент частоты производственного травматизма определяется как численность пострадавших с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом в расчете на 1000 работающих с учетом среднесписочной численности работников [3, 4]. Динамика производственного травматизма на 1000 работающих в РФ и Белгородской области в период с 2018 по 2023 г. представлена на рис. 1.

В период с 2021 по 2023 г. в РФ наблюдается снижение коэффициента смертельного травматизма, а в Белгородской области происходит рост данного показателя, рис. 2. Коэффициент тяжести изменяется нелинейно, максимум данного параметра в Белгородской области зафиксирован в 2023 г., рис. 3.

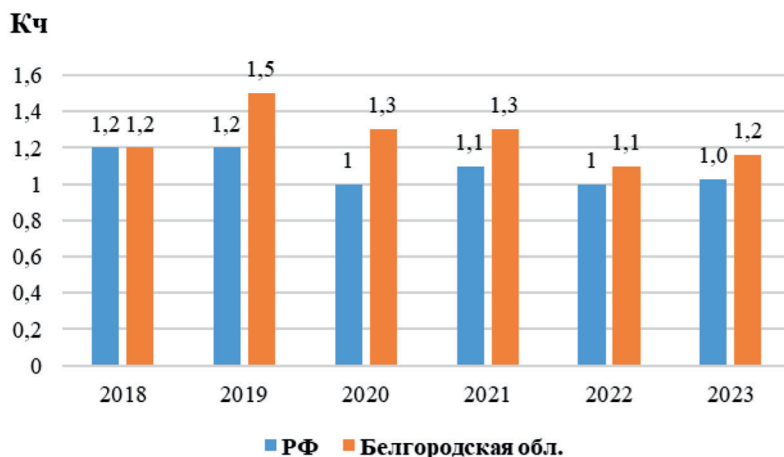


Рис. 1. Динамика коэффициента частоты травматизма в период с 2018 по 2023 г. всего по всем видам экономической деятельности

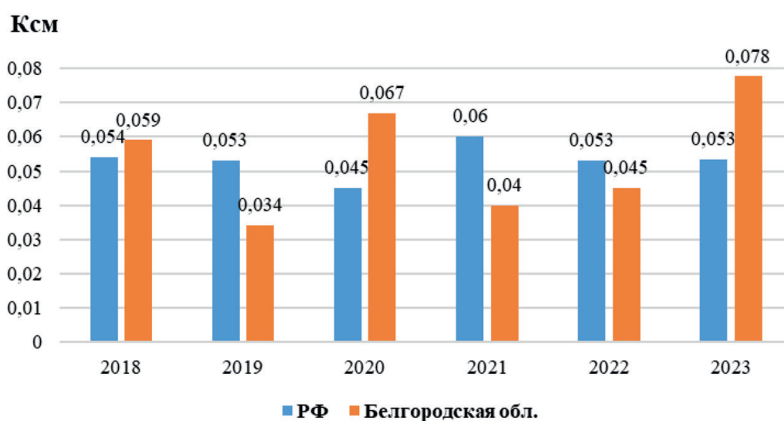


Рис. 2. Динамика изменения коэффициента смертельного травматизма в период с 2018 по 2023 г. всего по всем видам экономической деятельности

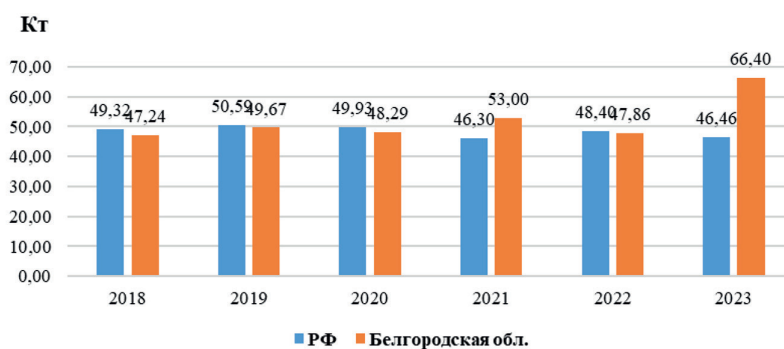


Рис. 3. Динамика изменения коэффициента тяжести травматизма в период с 2018 по 2023 г. всего по всем видам экономической деятельности

Рост коэффициентов частоты травматизма, смертельного травматизма и тяжести травматизма в Белгородской области в 2023 году в строительстве обусловлен интенсификацией обстрелов мирного населения и применения беспилотных летательных аппаратов сопредельным государством, вследствие чего работники строительных организаций получали травмы, в том числе несовместимые с жизнью, при выполнении трудовых обязанностей, рис. 4–6. Также среди основных причин травмирования работников были зафиксированы: неудовлетворительная организация производства работ и отсутствие контроля за исполнением работ, личная неосторожность пострадавших.

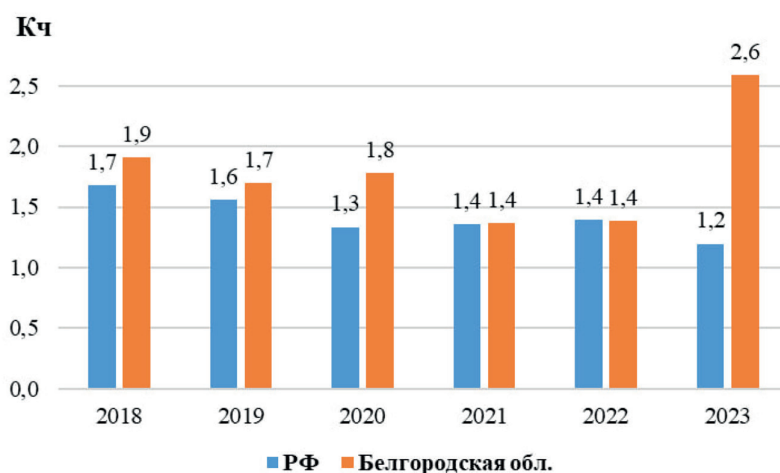


Рис. 4. Динамика коэффициента частоты травматизма в строительстве в период с 2018 по 2023 г.

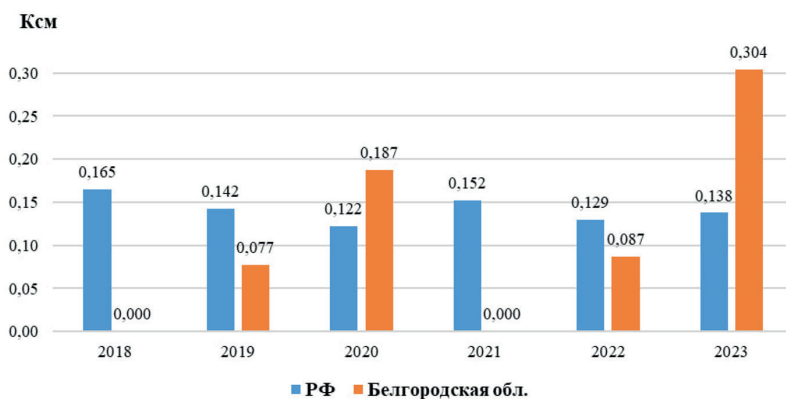


Рис. 5. Динамика коэффициента частоты смертельного травматизма в строительстве в период с 2018 по 2023 г.

Чаще всего инциденты были представлены падениями с высоты в результате нарушения требований Правил по охране труда при строительстве, реконструкции и ремонте [5], локальных нормативных актов работодателя. Анализ показал, что основной причиной таких падений было отсутствие или недостаточное использование средств индивидуальной защиты, несоблюдение правил организации работ на высоте.

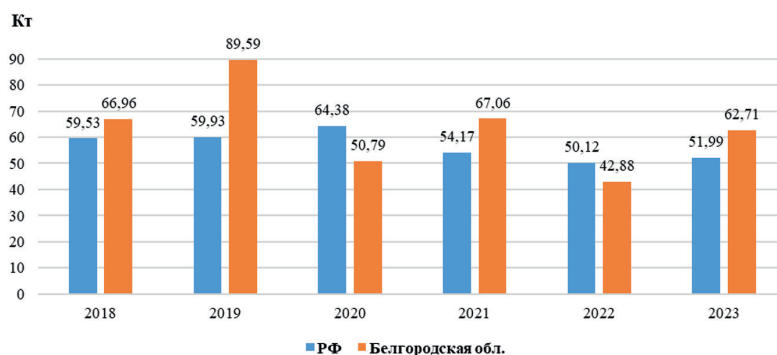


Рис. 6. Динамика коэффициента тяжести травматизма в строительстве в период с 2018 по 2023 г.

Недостаточное внимание к обучению и подготовке работников, а также недостаточное финансирование мероприятий по охране труда в строительных организациях также способствуют возникновению несчастных случаев [6-8]. Эти факторы подчеркивают необходимость усиления мер по обеспечению безопасности труда в строительной отрасли, включая: повышение уровня осведомленности работников о риске падений с высоты и способах их предотвращения; обеспечение всех работников необходимыми СИЗ; внедрение современных систем управления рисками, связанными с работой на высоте; усиление контроля за соблюдением правил безопасности на строительных объектах; повышение квалификации руководителей строительных организаций в области охраны труда.

Обсуждение

Существующие нормативные акты, регламентирующие выдачу средств индивидуальной защиты (Приказ Минтруда РФ от 29.10.2021 № 766Н [9], Приказ Минтруда от 29.10.2021 № 767Н [10]), не предусматривают специализированных средств, необходимых для обеспечения безопасности труда в приграничных условиях (например, бронжилеты), опираясь только на профессию работника и конкретные виды опасностей, указанные в этих документах. Сложившаяся ситуация подчеркивает необходимость разработки более детализированных стандартов, учитывающих специфические условия труда в строительной отрасли приграничных территорий и характерные для них профессиональные риски.

На данный момент на территории Белгородской области введены повышенные меры безопасности работников на отдельных объектах и при выполнении определенных видов работ, которые включают применение экипировки, средств радиоэлектронной борьбы, антидроновой защиты (сетки для автомобилей, зданий и сооружений), установку модульных укрытий, запуск системы оповещения.

Выводы

Необходимо разработать отдельные требования к средствам индивидуальной защиты, которые будут учитывать угрозы, связанные с военными действиями, а также сформулировать рекомендации по обеспечению безопасности работников, работающих в зонах повышенной опасности.

Особое внимание следует уделить включению в нормативные документы требований к средствам индивидуальной защиты, обеспечивающим безопасность от осколков, БПЛА; разработке и внедрению программ обучения работников по вопросам безопасности труда в приграничных условиях; созданию механизмов финансирования мероприятий по обеспечению безопасности труда в строительных организациях, работающих в приграничных районах. В рамках обучения работников оказанию первой помощи пострадавшим в условиях приграничных территорий рекомендуем добавить в программу элементы военно-тактической медицины. Отработка и закрепление практических навыков оказания первой помощи позволяет не только повысить уровень безопасности персонала на строительных объектах, но и значительно снизить риск летальных исходов при возникновении травм и ранений различной степени тяжести.

Рекомендуем уделить особое внимание темам по остановке массивного кровотечения, травмам с ампутацией конечностей, травмам груди (пневмоторакс), травмам живота с выпадением внутренних органов. Необходимо обучать работников методам временной остановки кровотечения, используя различные виды жгутов (турникет, жгут Эсмарха, Гепоглос, Ленинградец и пр.) с учетом нюансов их применения. В условиях массированной атаки дронами или обстрела, когда доступ к медицинской помощи может быть ограничен или отсутствовать, обучение работников по оказанию первой помощи необходимо расширить темами по тампонированию ран и применению кровоостанавливающих средств, содержащих гемостатические агенты, которые способствуют быстрому свертыванию крови. Важно подчеркнуть необходимость выбора подходящего кровоостанавливающего средства в зависимости от типа раны и наличия материалов.

Обучение работников основным принципам десмургии позволит им профессионально оказать помощь при различных видах травм, обеспечить остановку кровотечения, зафиксировать переломы и вывихи. Особое внимание стоит уделить травмам, полученным при использовании кассетных боеприпасов, так как такие ранения отличаются высокой степенью тяжести. В условиях ограниченного доступа к медикаментам и перевязочным средствам необходимо обучать работников использованию подручных материалов для оказания первой помощи.

«В условиях ограниченного времени работники должны быть обучены быстро и эффективно оказывать первую помощь, оценивать ситуацию, приоритезировать действия и действовать в соответствии с алгоритмами оказания помощи. Включение в программу обучения элементов самостоятельного оказания первой помощи» [11] в условиях ограниченного ресурса, а также подготовки к оказанию помощи в условиях ограниченного времени позволит работникам действовать эффективно и уверенно в экстремальных ситуациях и значительно повысить уровень безопасности на рабочих местах при выполнении строительных и восстановительных работ.

Литература

1. Приказ ФСБ России от 17.12.2020 № 594 «О пределах пограничной зоны на территории Белгородской области». – Официальный сайт. КонсультантПлюс. – Электронный ресурс: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_374857 // (дата обращения: 02.11.2024).
2. Федеральный закон «О противодействии терроризму» от 06.03.2006 № 35-ФЗ. – Официальный сайт. КонсультантПлюс. – Электронный ресурс: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_58840 // (дата обращения: 02.11.2024).
3. Агошков А. И., Курочкин П. А. Принципы и концепция методики управления рисками реализации инвестиционных строительных проектов в области безопасности и охраны труда // Безопасность жизнедеятельности. 2021. № 12(252). С. 3–11.
4. Мазова Е. А., Суворова О. К., Федосеенко А. А. Мероприятия по обеспечению выполнения требований по охране труда при проведении строительных работ: варианты проектных решений по организации защитных козырьков для входных групп // Безопасность жизнедеятельности. 2023. № 5(269). С. 29–32.
5. Сугак Е. Б. К вопросу о регистрации производственных угроз при управлении профессиональными рисками // Безопасность жизнедеятельности. 2024. № 3(279). С. 15–20.
6. Пузырев А. М., Козырева Л. В. Разработка методики оценки профессиональных рисков в строительстве // Безопасность техногенных и природных систем. 2022. № 1. С. 9–17.
7. Приказ Минтруда России от 11.12.2020 № 883н «Об утверждении Правил по охране труда при строительстве, реконструкции и ремонте». – Официальный сайт. КонсультантПлюс. – Электронный ресурс: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372506 // (дата обращения: 02.11.2024).
8. Гуляев Н. Р. К совершенствованию условий и безопасности труда военнослужащих при строительстве объектов военной инфраструктуры / Н. Р. Гуляев // Будущее науки – 2021: Сборник научных статей 9-й Международной молодежной научной конференции. В 6-ти томах, Курск, 21–22 апреля 2021 года / Отв. редактор А.А. Горохов. Том 5. Курск: Юго-Западный государственный университет. 2021. С. 46–50.
9. Климова Е. В., Петрова В. А. Система повышения безопасности труда путем учета, анализа и прогнозирования микротравм // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2022. № 4(42). С. 119–123.
10. Кравцова Е. Р. Охрана труда в строительстве: безопасность при посещении строительной площадки / Е. Р. Кравцова // Вестник МАНЭБ. 2024. Т. 29. № 2. С. 44–47.
11. Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 766н «Об утверждении Правил обеспечения работников средствами индивидуальной защиты и смывающими средствами». – Официальный сайт. КонсультантПлюс. – Электронный ресурс: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405210 // (дата обращения: 02.11.2024).
12. Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 767н «Об утверждении Единых типовых норм выдачи средств индивидуальной защиты и смывающих средств». – Официальный сайт. КонсультантПлюс. – Электронный ресурс: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405226/2ff7a8c72de3994f30496a0ccbb1ddafdaddd518 // (дата обращения: 02.11.2024).
13. Неудахин Г. В. Научное обоснование медико-организационных принципов разработки и использования комплектов для оказания первой помощи: автореферат дис. ... канд. мед. наук: 14.02.03 / Неудахин Геннадий Владимирович; [Место защиты: Центр. науч.-исслед. ин-т организации и информатизации здравоохранения МЗ РФ]. Москва, 2012. 25 с.

УДК 331.453

Нина Вячеславовна Румянцева,

канд. техн. наук, доцент

Дарья Юрьевна Денисенко,

магистрант

(Санкт-Петербургский политехнический

университет Петра Великого)

E-mail: Rumyantseva_nv@spbstu.ru,

denisenko.dyu@edu.spbstu.ru

Nina Vyacheslavovna Rumyantseva,

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

Daria Yuryevna Denisenko,

Master's degree student

(Peter the Great St. Petersburg

Polytechnic University)

E-mail: Rumyantseva_nv@spbstu.ru,

denisenko.dyu@edu.spbstu.ru

**ПРАКТИКА ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОГО НАРЯДА-ДОПУСКА
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

**PRACTICE OF IMPLEMENTING DIGITAL WORK
PERMITS DURING CONSTRUCTION WORKS**

Данная статья посвящена разработке цифровой нарядно-допускной системы и ее внедрению в процесс проведения строительных работ. В работе рассмотрено влияние цифровизации на безопасность труда и эффективность рабочих процессов через сравнение традиционного и электронного методов оформления нарядов-допусков. Результаты работы показали, что цифровая система позволяет значительно сократить временные затраты и минимизировать вероятность ошибок. Экономическая оценка подтверждает целесообразность внедрения цифровых решений на крупных предприятиях.

Ключевые слова: наряд-допуск, работы повышенной опасности, цифровизация, охрана труда, электронный документооборот.

This article is devoted to the development of a digital work permit system and its implementation in the process of construction works. The work considers the impact of digitalization on labor safety and the efficiency of work processes through a comparison of traditional and electronic methods of issuing work permits. The results of the work showed that the digital system can significantly reduce time costs and minimize the likelihood of errors. The economic assessment confirms the feasibility of implementing digital solutions at large enterprises.

Keywords: work permit, high-risk work, digitalization, occupational safety, electronic document management.

Введение

Основной из национальных целей развития до 2030 года в России является «цифровая трансформация», одна из задач которой – перевод большинства процессов в электронный вид [1]. В области охраны труда существует множество задач, которые можно перевести в цифровой формат [2–4]. Одной из таких задач является оформление наряда-допуска на работы повышенной опасности [5, 6].

Согласно статистическим данным (рис. 1), нарушение обязанностей ответственных лиц, назначенных в наряд-допуске, является самой распространенной причиной гибели сотрудников при выполнении работ на высоте [7, 8].

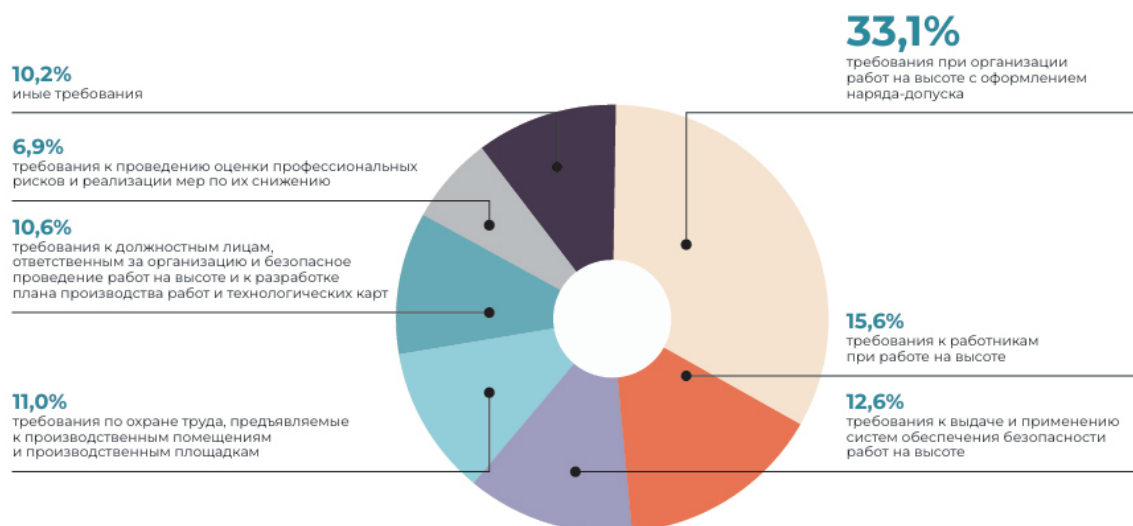


Рис. 1. Распределение нарушений требований правил по охране труда при работе на высоте, приведших к гибели работников с 2021 по 2023 год [7]

Наряд-допуск – это документ, который используется для организации безопасного выполнения работ с повышенной опасностью [9]. Его цель – обеспечить защиту здоровья и жизни работников при проведении опасных видов работ. Основные задачи наряда-допуска:

- идентификация рисков: уточнение перечня потенциальных опасностей и разработка мер по их минимизации;
- организация работы: определение состава бригады, ответственных лиц;
- контроль соблюдения мер безопасности: проверка готовности места работы, наличия средств защиты, инструмента и оборудования.

Традиционная нарядно-допусковая система в бумажном формате часто оказывается неэффективной. Оформление нарядов-допусков требует значительных временных затрат, особенно на крупных предприятиях, где ежедневно выдаются десятки таких документов. Общая трудоемкость процесса приводит к снижению производительности и увеличению вероятности ошибок [10, 11].

Методы

В результате проведения сравнительного анализа нормативно-правовых актов, регулирующих оформление нарядов-допусков, были выделены особенности оформления нарядов-допусков для некоторых видов опасных работ (табл. 1) [12–15].

Для разработки цифровой нарядно-допусковой системы был использован метод декомпозиции. Были четко определены задачи ответственных лиц и порядок действий. На рис. 2 представлен общий алгоритм оформления наряд-допуска.

В зависимости от специфики работ (см. таблицу) алгоритм может иметь более или менее разветвленный вид, который и был заложен в автоматическую систему оформления наряда-допуска.

Особенности оформления наряда-допуска

№	Вид работы	Ответственные лица	Особенности оформления	Срок хранения
1	На высоте	Ответственный руководитель, ответственный исполнитель, члены бригады	Ответственный исполнитель является членом бригады. Каждый сотрудник обязан иметь группу по безопасности при работах на высоте	30 суток
2	В электроустановках	Ответственный руководитель, производитель работ, допускающий, члены бригады	Ответственный руководитель может не назначаться. Производитель работ может совмещать роль допускающего	1 год
3	Газоопасные	Ответственный за проведение работ, ответственный за подготовку работ, ПАСС(Ф), члены бригады	Требуется согласование с ПАСС(Ф). При газоопасных работах II группы наряд-допуск не выдается	6 месяцев
4	Огнеопасные	Ответственный за проведение работ, ответственный за подготовку работ, пожарная охрана, члены бригады	Требуется согласование с пожарной охраной	6 месяцев

Для создания веб-приложения использовался язык программирования Python. Подписание документов – простая электронная подпись, которая формируется сотрудником посредством прохождения авторизации при помощи логина и пароля.

Завершающим этапом работы была оценка эффективности внедрения нарядно-допускной системы на предприятии, для чего были использованы организационный (посредством измерения и сравнения затраченного времени) и экономический критерии.

Результаты

В результате проведения оценки эффективности цифровой нарядно-допускной системы по организационному критерию было отмечено сокращение времени оформления наряда-допуска с использованием разработанного приложения по сравнению с традиционным способом в три раза (см. рис. 3, 4). При этом удалось выделить этапы выдачи наряда-допуска, перевод которых в цифровой формат позволил значительно снизить трудозатраты.

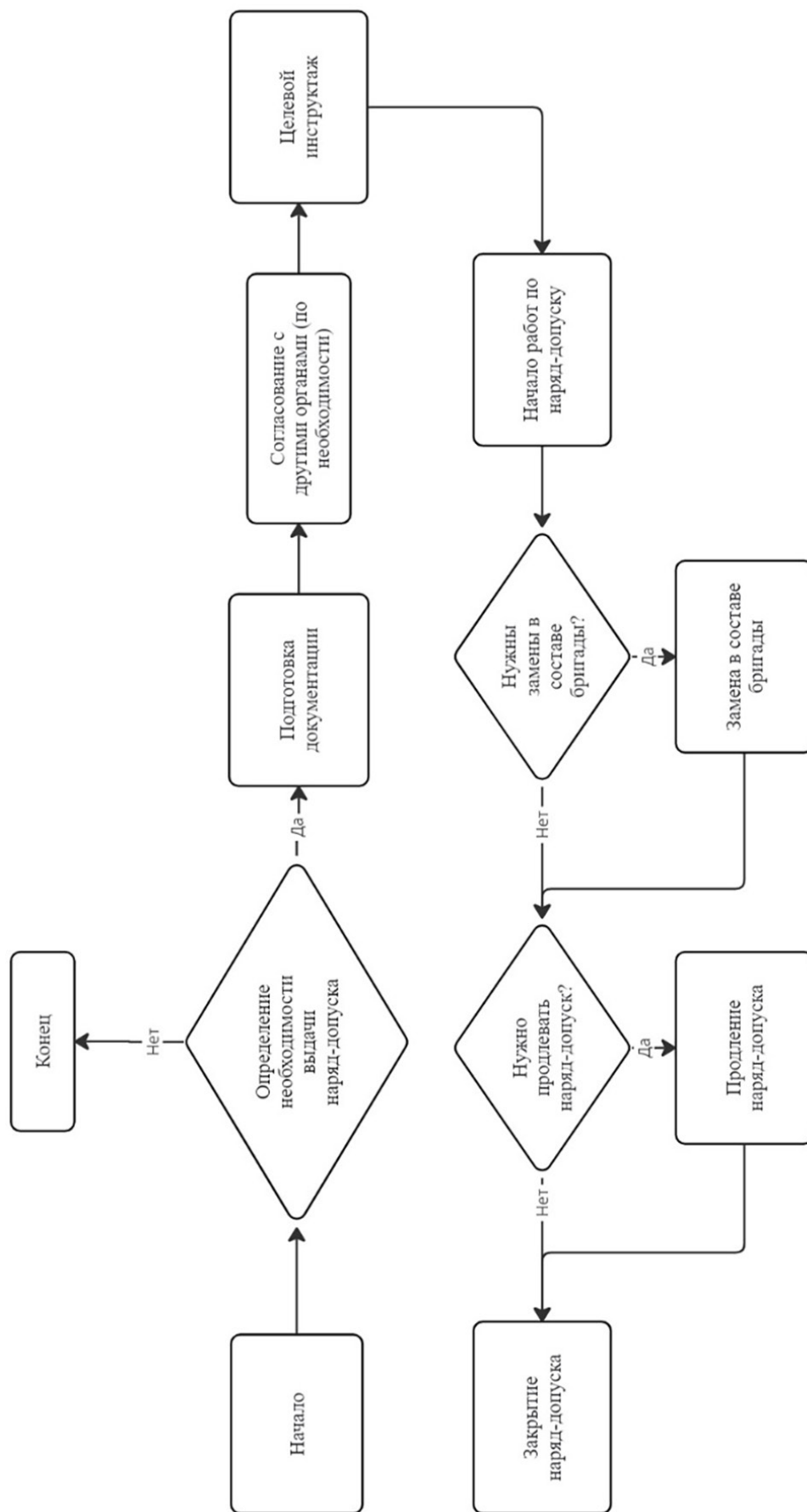


Рис. 2. Обобщенный алгоритм нарядно-допускной системы

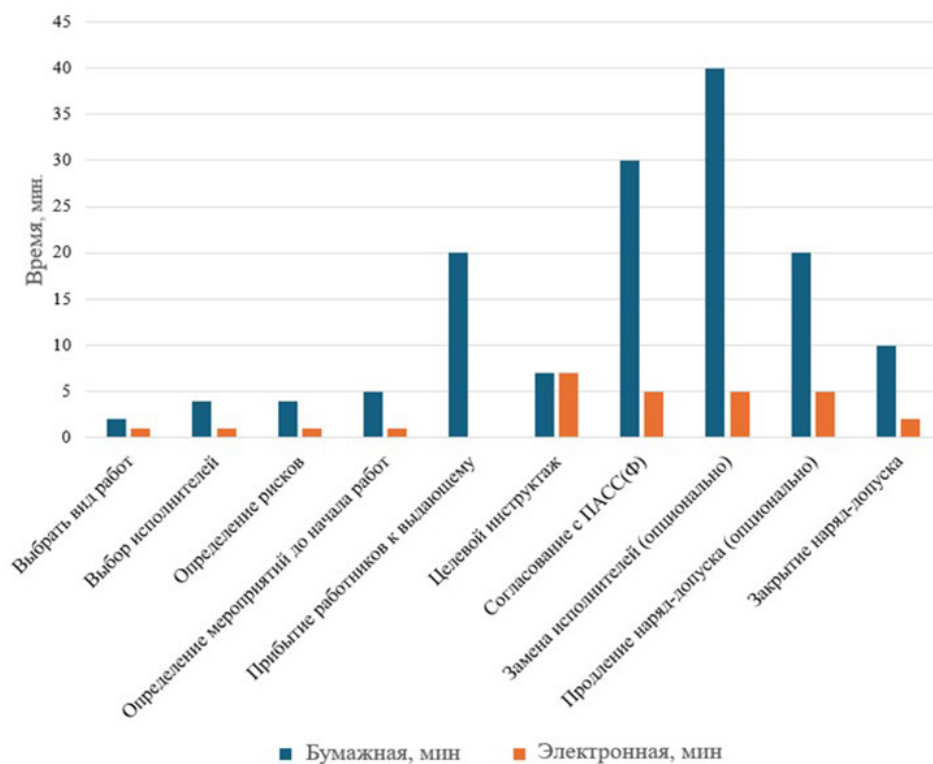


Рис. 3. Сравнение времени затраченного на каждый этап оформления наряда-допуска с помощью бумажной и электронной систем



Рис. 4. Сравнение времени оформления наряда-допуска и поиска в архиве с использованием электронной и бумажной систем

Для того чтобы определить экономическую целесообразность использования электронной нарядно-допускной системы, были проведены расчеты.

Затраты на разработку и поддержание нарядно-допускной системы:

$$Z(t) = C_p + C_n \cdot n, \quad (1)$$

где $Z(t)$ – затраты на разработку и поддержание; C_p – стоимость разработки; C_n – стоимость поддержания в квартал; n – количество кварталов.

Потенциально сэкономленные средства:

$$S(t) = C \cdot y \cdot n \cdot m \cdot x, \quad (2)$$

где $S(t)$ – сэкономленные деньги; C – средняя зарплата выдающего в день; y – количество сэкономленных рабочих дней в квартале; n – количество кварталов; m – количество видов работ; x – количество оформляемых наряд-допусков в день по каждой работе.

Далее был построен график зависимости (рис. 5), позволяющий оценить срок окупаемости и понять целесообразность внедрения созданной системы. Для наглядности был рассмотрен отрезок в 12 кварталов, который показывает в какой момент времени система полностью окупится и начнет приносить прибыль.

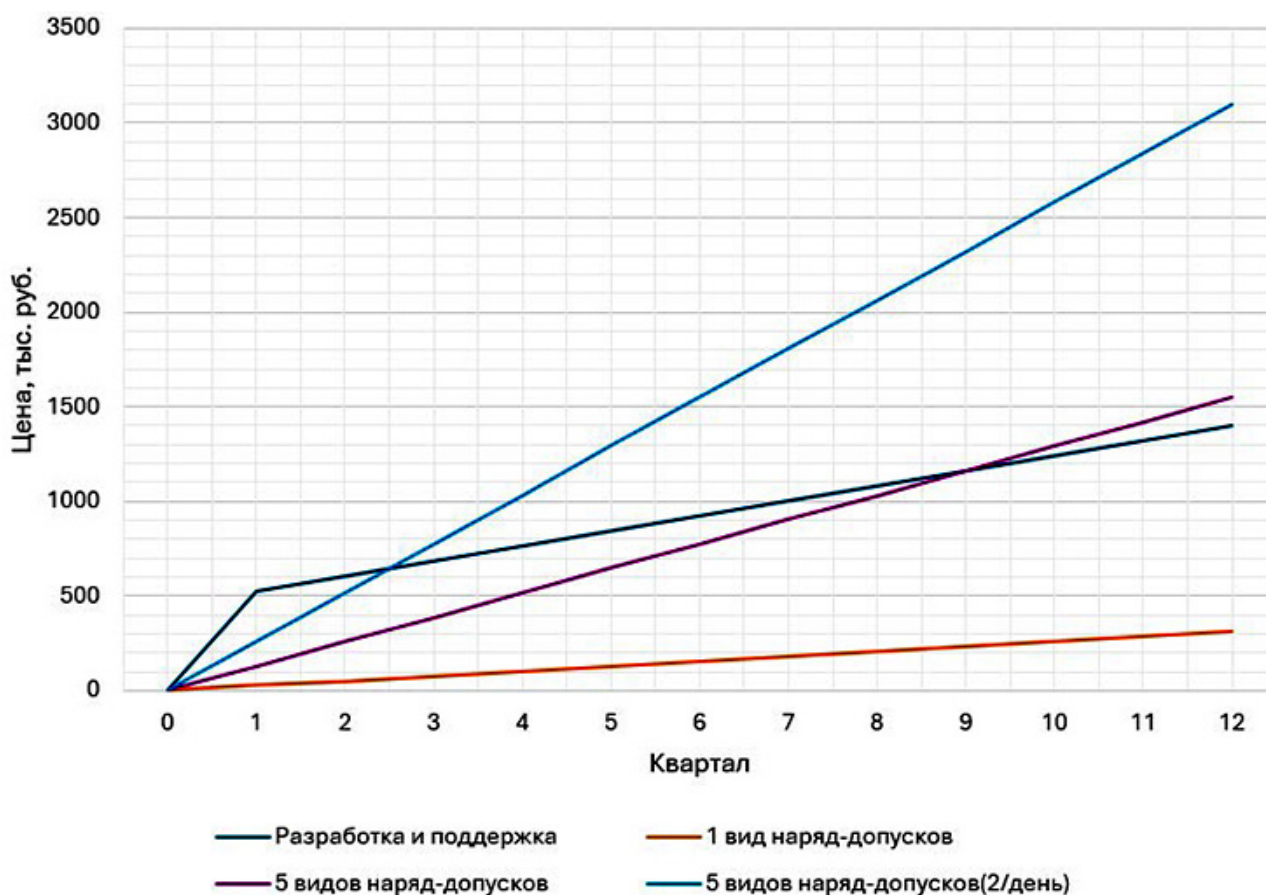


Рис. 5. График окупаемости цифровой нарядно-допускной системы

Обсуждение

Как показано на графике (рис. 5), внедрение электронной нарядно-допускной системы наиболее эффективно при условии оформления на предприятии не менее 10 нарядов-допусков в день. Срок окупаемости составит не более 2,5 квартала.

Выводы

Таким образом, была разработана и внедрена цифровая нарядно-допусковая система, которая позволяет существенно сэкономить время на оформление наряда-допуска и его поиск в архиве, а также минимизировать число ошибок. Что касается экономической составляющей, система не принесет прибыль здесь и сейчас, она подразумевает окупаемость в перспективе. Эта система подойдет для крупных предприятий, на которых оформляется не менее 5 нарядов-допусков в день.

Литература

1. Хайруллина Л. И., Хайруллин И. Р., Чижова М. А. Цифровизация в сфере производственной безопасности: основные аспекты вопроса // Век качества. 2022. № 2. С. 141–153.
2. Булавка Ю. А., Самусевич В. Н. Использование цифровых инструментов интегрированных решений в области охраны труда // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки, (11). С. 72–81.
3. Demikhov O., Opanasiuk Y., Demikhova N., & Merisalu E. A digital transformation into occupational health and safety systems: a review of the best practices in Europe. // Agronomy Research. 2023. 21 (2), 674-692. Doi: 10.15159/AR.23.083.
4. Тимофеев С. С., Тимофеева С. С. Цифровое будущее охраны труда // XXI век. Техносферная безопасность. 2022. № 1(25). С. 51–62.
5. Соловьев С. Н. Цифровизация и автоматизация процессов в охране труда, как важный элемент в СУОТ // Вестник науки. 2022. № 5(50). С. 141–136.
6. Коровина А. И., Кронгард Ю. В., Семочкин А. В., Завьялов А. М. Цифровизация как способ снижения влияния «Человеческого фактора» на безопасность труда // Техносферная безопасность городских агломераций : Сборник международной школы-конференции, Москва, 14–16 декабря 2020 года. – Москва : Российский университет транспорта. 2021. С. 20–25.
7. «5 правил предотвращения гибели работников на производстве», – методические материалы ФГБУ «ВНИИ труда» Минтруда России: [презентация] : Москва, 2024. [Электронный ресурс]. URL: adm.syzran.ru/fileadmin/user_upload/Content/Vakurova/Metodichka_VNII_truda__5_pravil_predotvrashchenija_gibeli_rabotnikov_na_proizvodstve.pdf (дата обращения: 20.11.2024).
8. Москвина М. С. Системные причины производственного травматизма в организациях пяти федеральных министерств: рекомендации по корректировке ведомственных отраслевых планов // Социально-трудовые исследования. 2024. № 2(55). С. 78–88. Doi: 10.34022/2658-3712-2024-55-2-78-88.
9. Михайлов И. В. Совершенствование методов контроля при производстве работ повышенной опасности // Охрана и экономика труда. 2015. № 4(21). С. 81–83.
10. Румянцева Н. В., Ульянов А. И. Безопасные методы и приемы выполнения работ повышенной опасности на высоте: учебное пособие –Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Высшая школа техносферной безопасности. – Санкт-Петербург, 2023. – 31 с.
11. Буглаев А. М., Сиваков В. В., Заикин А. Н., Войнаш С. А., Соколова В. А., Загидуллин Р. Р., Сабитов Л. С. Система обеспечения охраны труда на деревообрабатывающем предприятии // Известия ТулГУ. Технические науки. 2023. № 8. С. 231–245.
12. Приказ Министерства труда и социальной защиты от 16 ноября 2020 г. № 782н «Об утверждении Правил по охране труда при работе на высоте», [Электронный ресурс], Консультант Плюс, URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371453/ (дата обращения: 21.11.2024).

13. Приказ Министерства труда и социальной защиты от 15 декабря 2020 г. № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», [Электронный ресурс], Консультант Плюс, URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372952/ (дата обращения: 21.11.2024).

14. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2020 г. № 528 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности „Правила безопасного ведения газоопасных, огневых и ремонтных работ“», [Электронный ресурс], система Гарант, URL: <https://base.garant.ru/400147192/> (дата обращения: 21.11.2024).

15. Кузнецов А. Н. Правовое регулирование работ повышенной опасности // Государственная служба и кадры. 2024. № 3. С. 61–68.

16. Бородай В. Р. «Внедрение электронной нарядно-допускной системы на производстве», – Неделя науки ИСИ: сборник материалов Всероссийской конференции, 1–4 апреля 2024 года: [в 4 частях]. Ч. 3 / Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Инженерно-строительный институт; [редакционная коллегия: М. В. Петроченко [и др.]. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024.

УДК 331.453

Алексей Игоревич Ульянов,

канд. техн. наук, доцент

Сергей Алексеевич Шавуров,

ассистент

(Санкт-Петербургский политехнический

университет Петра Великого)

E-mail: uljanovalexsei@bk.ru

Aleksei Igorevich Uljanov,

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

Sergey Alekseevich Shavurov,

assistant lecturer

(Peter the Great St. Petersburg

Polytechnic University)

E-mail: uljanovalexsei@bk.ru

**СОЗДАНИЕ АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОВЕДЕНИЯ ОБУЧЕНИЯ В VR-ЛАБОРАТОРИИ**

**CREATION OF AN ALGORITHM FOR ASSESSING
THE EFFECTIVENESS OF TRAINING IN A VR LABORATORY**

В данной работе рассматриваются особенности применения VR лабораторных работ при подготовке бакалавров по направлению «Техносферная безопасность». Активное внедрение VR-технологий в высшее образование привело к тому, что VR-контент используется в различных формах для обучения по вопросам техносферной безопасности, но эффективность его применения никак не проверена. Следовательно, стоит задача разработки механизмов определения эффективности применения VR при проведении лабораторных работ при подготовке бакалавров по направлению «Техносферная безопасность». В работе предлагается алгоритм оценки эффективности применения VR-контента при обучении вопросам безопасности с применением технологического подхода в образовании.

Ключевые слова: VR-лаборатория, педагогические технологии, эффективность образования, VR-контент, метрики, дисциплина БЖД.

This paper examines the features of the use of VR laboratory work in the preparation of bachelors in the field of Technosphere Safety. The active introduction of VR technologies into higher education has led to the fact that VR content is used in various forms for teaching technosphere safety, but the effectiveness of its application has not been tested in any way. Therefore, the task is to develop mechanisms for determining the effectiveness of the use of VR in laboratory work in the preparation of bachelors in the field of Technosphere Safety. The paper proposes an algorithm for evaluating the effectiveness of VR content in security education using a technological approach in education.

Keywords: VR laboratory, pedagogical technologies, educational effectiveness, VR content, metrics, BJD discipline.

Введение

В вузах России используется виртуальная реальность (VR) для проведения обучения вопросам техносферной безопасности [1–3]. Использование VR-технологий в обучении приводит к повышению степени интерактивности и вовлеченности студентов в образовательный процесс [4–7].

В нашем случае введение в действие технических средств в образовательный процесс Политехнического университета сопряжено с возникновением определенного набора недостатков. В случае с VR-технологиями опыт применения их в образовательном

процессе в рамках лабораторных работ по предмету БЖД были выявлены следующие недостатки:

- внедрение VR требует значительных финансовых затрат, так как VR-оборудование и компьютеры для него имеют высокую стоимость (примерно 300 тыс. один комплект);
- повышаются требования к подготовке преподавателей с учетом необходимости приобретения дополнительных компетенции учебно-вспомогательным персоналом для настройки и эксплуатации VR-оборудования;
- студенты со слабым вестибулярным аппаратом испытывают дискомфорт при нахождении в VR, что повышает риск травмирования при потере равновесия;
- VR-оборудование во время работы нагревается, что может повышать утомляемость обучаемых и при худшем развитии событий приводить к обострению хронических заболеваний;
- VR-оборудования повышает нагрузку на зрительный аппарат обучаемого, что ведет к необходимости ограничения времени использования данного оборудования;
- используемые в VR устройства ввода-вывода требуют адаптации студентов к ним, что увеличивает время проведения занятий;
- индивидуальное использование VR-оборудования предполагает его дезинфекции после каждого его применения обучающимся, что увеличивает время работы каждого студента.

Следовательно, выявленные недостатки требуют оценки получаемого эффекта от применения VR-технологий в образовании. Возникает еще и ряд специфических юридических вопросов применения виртуальных пространств, например, правомерность использования трехмерных моделей приборов, которые выпускаются под зарегистрированными товарными марками и возникает вопрос о необходимости согласования их применение с владельцами данных товарных марок [8].

Методы

В 1933 году А. С. Макаренко писал: «Наше педагогическое производство никогда не строилось по технологической логике, а всегда по логике моральной проповеди... Именно поэтому у нас просто отсутствуют все важные отделы производства: технологический процесс, учет операций, конструкторская работа, применение конструкторов и приспособлений, нормирование, контроль, допуски и браковка» [9].

На данный момент развитие подходов преподавание в вузах в разрезе технологического подхода. Основными преимуществами педагогической технологии является [10, 11]:

- с большей определенностью предсказуемы результаты и возможность управлять педагогическими процессами;
- возможность анализировать и систематизировать на научной основе имеющийся практический опыт и его использовать;
- комплексно решать образовательные и социально-воспитательные проблемы;
- обеспечивать благоприятные условия для развития личности;
- уменьшать эффект влияния неблагоприятных обстоятельств на человека;
- оптимально использовать имеющиеся в распоряжении ресурсы;
- выбирать наиболее эффективные и разрабатывать новые технологии и модели для решения возникающих социально-педагогических проблем.

Технологический подход предполагает, что весь процесс обучения выстраивается под заранее определенный ожидаемый результат и используются для этого наиболее эффективные инструменты. Таким образом, предполагается, что VR-технологии являются хорошим инструментом для использования в образовательном процессе так как при рассмотрении вопросов безопасности важно учитывать предсказуемость получаемых результатов обучаемыми [12].

Таким образом, при использовании VR-лаборатории по дисциплине БЖД необходимо использовать инструменты, встроенные в VR-контент и дающие возможность собирать различные метрики, отражающие действия обучаемого в том или ином сценарии реализации виртуальной лабораторной работы [13,14,15]. Предлагается взять следующие метрики:

- время, потраченное на выполнение операций в VR-пространстве (T);
- скорость перемещения в VR-пространстве (V);
- фиксация координат места проведения манипуляций (x, y, z).

Помимо отслеживания действие при прохождении ситуационных задач в виртуальном пространстве необходимо поддерживать контент в актуальном состоянии и постоянно контролировать результаты обучения студентов. Для этого воспользуемся коэффициентами ответов на опрос получаемые как деление количества правильных ответов на общее число поставленных вопросов [16,17,18].

Результаты

VR-лабораторные позволяют студенту самостоятельно отработать поставленные перед ним ситуационные задачи по оценке факторов рабочей среды (шум, микроклимат, освещенность).

Основной педагогической задачей для преподавателя является определить показатели эффективность переноса теоретических знаний студентов на решение практических задач. Оценка будет проводиться по двум составляющим. Удобнее всего для целей исследования обе составляющие объединить в единый показатель с помощью линейной свертки критериев [19].

Первой составляющей является оценка удовлетворенности студентов контентом и определяется по степени восприятия студентами материалов, чтобы иметь возможность их откорректировать. Второй составляющей является оценка полученных навыков по применению методов обеспечения безопасности [20].

Предлагается по результатам анкетирования рассчитывать индекс эффективности обучения по вопросам безопасности – $I_{\ominus}$ [20].

$$I_{\ominus} = I_y^{\alpha_y} \cdot I_{OT}^{\alpha_{OT}}, \quad (1)$$

где I_y – индекс удовлетворенности материалом курса, I_{OT} – индекс полученных навыков по применению методов обеспечения безопасности, а α_y и α_{OT} – веса индексов.

Веса индексов принимаются равными 0,5, что означает равный приоритет в оценке удовлетворенности студентов и оценке полученных навыков по применению методов обеспечения безопасности.

Индекс I_y считается по следующей формуле [20]:

$$I_y = \frac{B_{y+}}{B_{y+} + B_{y-}}, \quad (2)$$

где B_{y+} и B_{y-} – число вопросов позволяющие оценить на сколько хорошо воспринял студент VR-контент, определится доля положительных ответов к общему количеству заданных вопросов.

Ситуационные задачи в VR-пространстве предусмотрены для определения навыков по применению методов обеспечения безопасности. Для оценки эффективности решения ситуационных задач предлагается использовать индекс навыков по применению методов обеспечения безопасности – $I_{от}$, который рассчитывается по следующей формуле [20]:

$$I_{от} = \frac{B_{от+}}{B_{от+} + B_{от-}}, \quad (3)$$

где $B_{от+}$ и $B_{от-}$ – число ситуационных задач решенных верно и не верно соответственно.

Помимо оценки работы студента с материалами VR-лаборатории необходимо определить основные параметры действия обучаемого в виртуальном пространстве, чтобы определить степень приближения виртуальных работ к реальным задачам, которые обучаемый будет решать на своем рабочем месте.

Для этого используем время, потраченное на выполнение операций в VR-пространстве (T), скорость перемещения в VR пространстве (V), фиксация координат места проведения манипуляций (x, y, z).

Основной проблемой виртуального пространства является искажение времени и скорости передвижения так данные параметры задаются при программировании VR-контента, поэтому предлагается ввести корректирующие коэффициенты для скорости и времени, которые представлены в формуле 4 и 5:

$$T_{\text{факт}} = k_t \cdot T, \quad (4)$$

$$V_{\text{факт}} = k_v \cdot V, \quad (5)$$

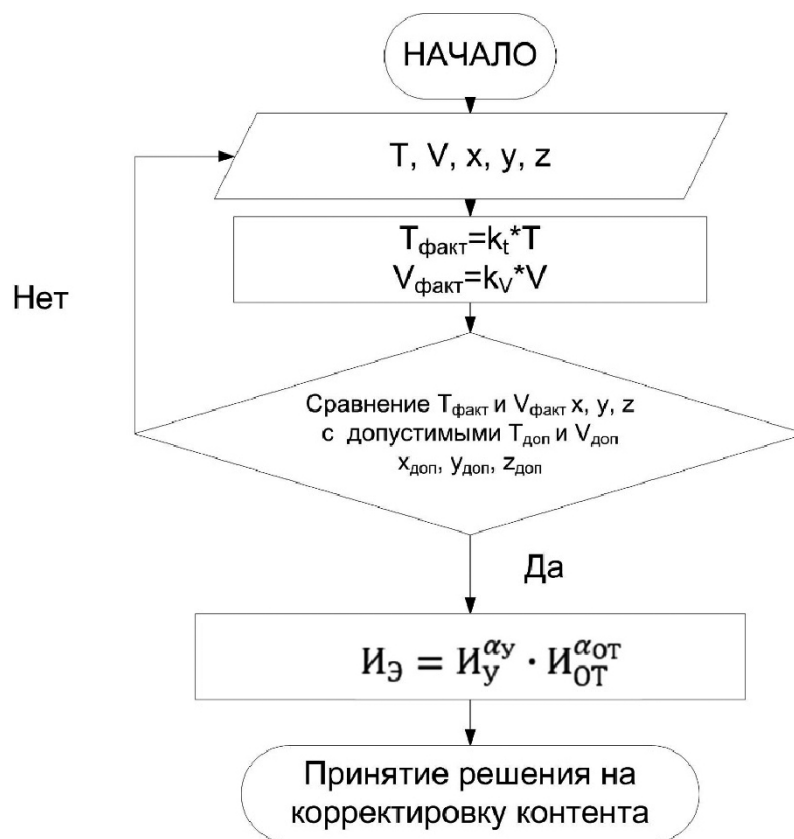
где k_v и k_t – корректирующие коэффициенты для скорости и времени выполнения операций V и T – скорость и время фиксируемые в VR-контенте.

Место положение в VR-пространстве не требует корректировки, поэтому фиксируется в программе без внесения дополнительных корректировок.

Необходимое место положение, скорость и время устанавливается условием ситуационной задачей и определяется как допустимые значения: $T_{\text{доп}}, V_{\text{доп}}, x_{\text{доп}}, y_{\text{доп}}, z_{\text{доп}}$.

Таким образом, используя вышеописанные зависимости удалось создать алгоритм оценки эффективности проведения обучения в VR-лаборатории представленный на рисунке.

Алгоритм позволяет перейти к созданию методических основ применения VR-лаборатории в подготовке бакалавров по техносферной безопасности.



Алгоритм оценки эффективности
проведения обучения в VR-лаборатории

Обсуждение

В настоящее время идет тенденция на повышение доли практической подготовки в вузах. Использование VR-технологий позволяет расширить возможности по проведению практической подготовки обучаемых. Вопросы оценки эффективности проведения обучения в VR-лаборатории недостаточно проработан, так как сейчас активно ведется разработка VR-контента и отработка основных принципов его построения. Опираясь на существующие принципы, используемые в педагогике, был предложен алгоритм проведения обучения в VR-лаборатории, который сочетает в себе показатели, оценивающие сами учебные материалы и показатели характеризующие действия обучаемого в виртуальном пространстве. Данное сочетание позволяет с разных сторон посмотреть на оценку эффективности проведения практической подготовки и попытаться максимально повысить ее результативность, так как от этого в дальнейшем зависит жизнь и здоровье обучаемого.

Выводы

Описанный подход к оценке эффективности проведения обучения в VR-лаборатории открывает возможность перейти к разработке методических основ использования VR-технологий в образовании, что на данный момент является первостепенной задачей для дальнейшей эволюции данной технологии. Предложенный алгоритм позволяет

реализовать технологический подход при подготовке бакалавров по направлению «Техносферная безопасность», что в дальнейшем приведет к общему снижению уровней рисков в РФ.

Литература

1. Паскова А. А. Особенности применения иммерсивных технологий виртуальной и дополненной реальности в высшем образовании // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2022. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-primeneniya-immersivnyh-tehnologiy-virtualnoy-i-dopolnennoy-realnosti-v-vysshem-obrazovanii> (дата обращения: 28.12.2024).
2. Афзалова А. Н. Смешанное обучение в ВУЗе // Проблемы современного педагогического образования. 2021. № 73–1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/smeshannoe-obuchenie-v-vuze> (дата обращения: 28.12.2024).
3. Беломестнова М. Е., Шариков В. И. Цифровые образовательные технологии как инструмент подготовки специалистов для сферы туризма в современных условиях // Вестник РМАТ. 2022. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-obrazovatelnye-tehnologii-kak-instrument-podgotovki-spetsialistov-dlya-sfery-turizma-v-sovremennyh-usloviyah> (дата обращения: 28.12.2024).
4. Ефанова О. А., Лаврищев А. И. Использование веб-квест-технологии для организации самостоятельной работы студентов при обучении иностранным языкам в вузе // Наука и школа. 2022. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-veb-kvest-tehnologii-dlya-organizatsii-samostoyatelnoy-raboty-studentov-pri-obuchenii-inostrannym-yazykam-v-vuze> (дата обращения: 28.12.2024).
5. Бирюкова Н. В. Интерактивные методы контекстного обучения как способ активизации познавательной деятельности студентов в процессе изучения непрофильных дисциплин в вузе: опыт реализации // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2022. № 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/interaktivnye-metody-kontekstnogo-obucheniya-kak-sposob-aktivizatsii-poznavatelnoy-deyatelnosti-studentov-v-protsesse-izucheniya> (дата обращения: 28.12.2024).
6. Шан Л. Использование цифровых приложений в процессе изучения иностранных языков // Ярославский педагогический вестник. 2024. № 3 (138). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tsifrovyyh-prilozheniy-v-protsesse-izucheniya-inostrannyh-yazykov> (дата обращения: 28.12.2024).
7. Киселева А. Э., Анцупова М. А., Фатьянова А. С., Быков И. И., Мошуров И. П., Мануковская О. В., Арджа А. Ю., Судаков А. И., Самодуров С. И., Тараканова В. О., Завгородняя М. В., Оконешникова А. К., Куликов Е. П., Захаренко А. А., Каганов О. И., Хвостовой В. В., Хасанов Р. Ш., Кит О. И., Важенин А. В., Чойнзонов Е. Л., Решетова И. В. Инновационное образование будущих онкологов РФ // Злокачественные опухоли. 2023. № 3s1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnoe-obrazovanie-buduschih-onkologov-rf> (дата обращения: 28.12.2024).
8. Ересько П. В. Правовые проблемы использования виртуального пространства метавселенной в образовательном процессе вуза // Изв. Саратовского университета. Сер. Экономика. Управление. Право. 2023. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravovye-problemy-ispolzovaniya-virtualnogo-prostranstva-metavselennoy-v-obrazovatelnom-protsesse-vuza> (дата обращения: 28.12.2024).
9. Помелов В. Б., Макаренко А. С. и его педагогическое наследие : монография / В. Б. Помелов ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет». – Киров : Вятский государственный университет, 2021. – 179 с.

10. Варфоломеева С. В., Жарова Н. Р. Интеграция педагогических технологий в образовательный процесс // Гуманитарные и социальные науки. 2023. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/integratsiya-pedagogicheskikh-tehnologiy-v-obrazovatelnyy-protsess> (дата обращения: 28.12.2024).

11. Варфоломеева С. В., Терехов В. В. К вопросу о педагогических технологиях в дистанционном обучении // Гуманитарные и социальные науки. 2022. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-pedagogicheskikh-tehnologiyah-v-distsionnom-obuchenii> (дата обращения: 28.12.2024).

12. Борлакова А. Х., Дибирова К. С., Озиева Л. С. Применение мультимедийных технологий в образовательном процессе ВУЗа // Проблемы современного педагогического образования. 2023. №80-3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-multimediynyh-tehnologiy-v-obrazovatelnom-protsesse-vuza> (дата обращения: 28.12.2024).

13. Лященко З. В., Игнатъева О. В., Лященко А. М., Глазунов Д. В. Программное обеспечение для отработки навыков работы с современными устройствами коммутации и цифровыми системами обработки сигналов // Известия ТулГУ. Технические науки. 2023. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/programmnoe-obespechenie-dlya-otrabotki-navykov-raboty-s-sovremennymi-ustroystvami-kommutatsii-i-tsifrovymi-sistemami-obrabotki> (дата обращения: 28.12.2024).

14. Антропова Г. Р., Матвеев С. Н., Шакиров Р. Г. Использование различных программных продуктов как основы компьютерных тренажеров по решению математических задач // Проблемы современного педагогического образования. 2021. № 71-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-razlichnyh-programmnyh-produktov-kak-osnovy-kompyuternyh-trenazherov-po-resheniyu-matematicheskikh-zadach> (дата обращения: 28.12.2024).

15. Гусев И. Е. Исторические основы геймификации: игра, игровые технологии // Проблемы современного педагогического образования. 2023. № 78-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoricheskie-osnovy-geymifikatsii-igra-igrovye-tehnologii> (дата обращения: 28.12.2024).

16. Шихова О. А. Методологические подходы к интегрированной оценке силы бренда на основе системы индикаторов и моделирования обобщенных результатов опроса потребителей // Статистика и экономика. 2021. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-podhody-k-integrirovannoy-otsenke-sily-brenda-na-osnove-sistemy-indikatorov-i-modelirovaniya-obobshchennyh> (дата обращения: 28.12.2024).

17. Феклин В. Г., Мельничук М. В., Фрумина С.В., Восковская А. С., Никитин П. В. Многофакторная модель вузовского образования с учетом уровня эмоционального интеллекта // ПНиО. 2022. №4 (58). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogofaktornaya-model-vuzovskogo-obrazovaniya-s-uchetom-urovnya-emotsionalnogo-intellekta> (дата обращения: 28.12.2024).

18. Косова Е. А. Курс по организации доступного образовательного веб-контента: анализ результатов онлайн-обучения // Открытое образование. 2021. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kurs-po-organizatsii-dostupnogo-obrazovatel'nogo-veb-kontenta-analiz-rezultatov-onlayn-obucheniya> (дата обращения: 28.12.2024).

19. Донецкая С. С., Андреева Т. А. Статистика : сборник задач : учебное пособие : для студентов 2-го курса / С. С. Донецкая, Т. А. Андреева ; Министерство науки и высшего образования РФ, Новосибирский государственный университет, Экономический факультет. – 2-е изд., пересмотр. и доп. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2022. – 253 с.

20. Шавуров С.А., Ульянов А.И., Хохряков П.С., Логвинова Ю.В. Разработка мобильного комплекса для обучения студентов вузов эффективному применению СИЗОД // Сб. работ Конкурса научных работ студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов в области средств индивидуальной защиты органов дыхания (Умные СИЗОД) : Сб. работ 26-й Междунар. специализированной выставки и Форума, Москва, 06–09 декабря 2022 года. – Москва: Ассоциация разработчиков, изготовителей и поставщиков средств индивидуальной защиты, 2023. – С. 41–44.

УДК 331.45

Светлана Ильинична Забирова,
магистрант
Екатерина Николаевна Сташкова,
магистрант
(Российский государственный
социальный университет)
Алексей Юрьевич Сорокин,
канд. техн. наук, преподаватель
(Академия гражданской
защиты МЧС России)
E-mail: mega.zabirova@list.ru,
katya509@mail.ru

Svetlana Ilyinichna Zabirova,
Master's degree student
Ekaterina Nikolaevna Stashkova,
Master's degree student
(Russian State
Social University)
Alexey Yurievich Sorokin,
PhD in Sci. Tech., lecturer
(Civil defence academy
emercom of Russia)
E-mail: mega.zabirova@list.ru,
katya509@mail.ru

**О ПОДХОДЕ К ОДНОЗНАЧНОМУ ОПРЕДЕЛЕНИЮ БЕЗОПАСНЫХ
И ОПАСНЫХ ЗОН НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДКАХ**

**ON THE APPROACH TO THE UNAMBIGUOUS DEFINITION
OF SAFE AND DANGEROUS AREAS ON CONSTRUCTION SITES**

В статье рассматривается проблема профессионального травматизма, который обусловлен недостаточной эффективностью реализуемых мероприятий по обеспечению безопасности. Показано, что недостаточная эффективность мероприятий по обеспечению безопасности может быть обусловлена ограниченным знанием об опасностях в составе которого существует неопределенность. Представлен подход, который позволяет совершить переход от потенциальной опасности к однозначно определенной. Приведена иллюстрация применения данного подхода к задаче однозначного определения опасных и безопасных зон строительной площадки, в рамках которой было определены зоны строительной площадки, в которых воздействие рассматриваемых опасностей полностью исключено.

Ключевые слова: охрана труда, зона опасности, зона безопасности, опасный фактор, травматизм.

The article examines the problem of occupational injuries, which is caused by the insufficient effectiveness of implemented safety measures. It has been shown that the insufficient effectiveness of safety measures may be due to limited knowledge of the dangers in which there is uncertainty. An approach is presented that makes it possible to make the transition from a potential danger to an unambiguously defined one. An illustration of the application of this approach to the task of unambiguously defining dangerous and safe zones of a construction site is given, within the framework of which the zones of the construction site were identified in which the impact of the considered hazards is completely excluded.

Keywords: occupational safety, danger zone, safety zone, dangerous factor, injury.

Введение

Как и любой производственный объект, строительная площадка является территорией повышенной опасности, на которой в целях безопасности необходимо соблюдать определенные правила поведения. Однако не смотря на то, что на сегодняшний день требования по охране труда для строительных объектов являются весьма обширными и проработанными, профессиональный травматизм продолжает иметь место быть.

Анализируя статистику случаев производственного травматизма на строительных площадках, равно как и относительно любого другого опасного производства оказывается, что помимо случаев, обусловленных личной неосторожностью или нарушением требований безопасности, люди травмируются в результате новых, непредусмотренных условий проявления и воздействия опасного фактора [1]. Как на заре «охраны труда» техника безопасности писалась на «крови», так это происходит и в настоящее время. Учет новых условий и случаев проявления и воздействия опасных факторов, как правило подвергается глубокому анализу со стороны инженеров ОТ, в результате правила и требования безопасности дополняются, учитывая теперь новые аспекты профессионального риска [2, 3, 4].

Такое положение вещей прежде всего продиктовано тем, что человек не имеет возможность наблюдать будущее, поэтому до тех пор, пока опасность себя не проявит, человек не может о ней узнать, а, следовательно, и не имеет возможности подготовиться ко встрече с ней. Однако, существующие у человека на сегодняшний день вычислительные возможности, по мнению авторов, могут позволить в некоторой степени обогнать время и узнать о новых опасностях до того, как они себя проявят. Основой для этого может послужить численное моделирование объекта, охватывающее вариативность возможных событий. Методы численного моделирования уже являются апробированными в задачах безопасности, как например в работе [5]. Таким образом, в рамках настоящей статьи предлагается проиллюстрировать синтез средств вычислительной техники и неопределенности воздействия опасного фактора на строительной площадке в задаче однозначного определения опасных и безопасных зон объекта.

Методы

Точкой отсчета для постановки задачи однозначного определения безопасных и опасных зон строительной площадки служит следующее утверждение:

– поскольку пространство, охватывающее строительную площадку ограничено и конечно, количество объектов в данном пространстве конечно, конечной будет и вариативность возможного перемещения объектов на рассматриваемой территории, а, следовательно, все возможные варианты взаимодействия рассматриваемых объектов будут представлять собой конечное множество.

Поскольку зона является некоторой областью пространства, с математической точки зрения она будет представлять собой конечное множество координат. Это позволяет сформулировать такую постановку задачи однозначного определения опасных и безопасных зон:

– необходимо с учетом вариативности распределения всех объектов в пространстве и их свойств, для каждой точки координат рассматриваемой территории определить, наличие хотя бы одного сценария, при котором возможно получение человеком травмы. Возможность травмы в свою очередь определяется наличием в рассматриваемой точке воздействия, с величиной, превышающей пороговое воздействие получения травмы для человека.

Под травмой в рамках моделирования понимается такое воздействие, которое приводит к нарушению целостности ткани человеческого тела или функционированию орга-

на. В этом случае человека можно рассмотреть, как декомпозицию или множество компонентов – тканей и органов. Опираясь на работы [6,7,8], была сформулирована такая декомпозиция:

$$\{S_m\} = \{K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7\}, \quad (1)$$

где $\{S_m\}$ – множество параметров характеризующих состояние тканей и органов;

K_1 – параметр состояния кожной ткани;

K_2 – параметр состояния мышечной ткани;

K_3 – параметр состояния тканей внутренних органов;

K_4 – параметр состояния органов зрения;

K_5 – параметр состояния суставной ткани;

K_6 – параметр состояния органов слуха;

K_7 – параметр состояния суставной ткани.

Каждый элемент множества $\{S_m\}$ может различно рассматриваться на фоне различного вида физического воздействия. Ниже в табл. 1 приведено соответствие рассматриваемых элементов множества $\{S_m\}$ с опасными факторами физической природы воздействия.

Таблица 1

Соответствие рассматриваемых компонентов человека с опасными факторами физической природы воздействия

Компонент человека	Виды опасных факторов физической природы воздействия
кожа	ударное, термическое, электрическое, радиационное, электромагнитное
мышцы	ударное, термическое, электрическое, электромагнитное
внутренние органы	ударное, термическое, электрическое, вибрационное, электромагнитное
глаза	оптическое
суставы	ударное, вибрационное
уши	акустическое
кости	ударное, вибрационное

Исходя из приведенного можно говорить о том, что для каждого m -го элемента K подмножества $\{S_m\}$, существует свое подмножество пороговых значений воздействия фактора, превышение которых приведет к функциональному нарушению или травме, т. е.:

$$K_m = \{N_{ml}\} = \{N_{1l}, N_{2l}, N_{3l}, N_{4l}, N_{5l}, N_{6l}, N_{7l}\}, \quad (2)$$

где m – тип ткани или органа в соответствии с табл. 1, $m = 7$;

l – тип физического воздействия в соответствии с перечнем;

$L = 8$, а само подмножество $\{S_m\}$ включает в себя более 30 элементов.

Исходя из этого, а также опираясь на материалы [9,10,11,12,13,14,15], ниже в табл. 2 приведена матрица множества $\{S_m\}$, содержащая пороговые значения величин опасных факторов физической природы воздействия для каждого выделенного компонента человека.

Таблица 2

Матрица двумерного множества $\{S_m\}$

	N_{1l}	N_{2l}	N_{3l}	N_{4l}	N_{5l}	N_{6l}	N_{7l}
N_{m1}	18 н	40 н	63 н	—	56 н	—	250 н
N_{m2}	± 4 °C	$\pm 1,5$ °C	$\pm 0,5$ °C	—	—	—	—
N_{m3}	100 мА	100 мА	100 мА	—	—	—	—
N_{m4}	—	—	—	—	—	0,2 н/мс	—
N_{m5}	—	—	63 н/мс	—	56 н/мс	—	250 н/мс
N_{m6}	1 В	250 мВ	70 мВ	—	—	—	—
N_{m7}	—	—	—	500 кД/м²с	—	—	—
N_{m8}	800 рад	—	—	—	—	—	—

Вместе с этим человек на рассматриваемой территории имеет область возможного перемещения, которая в данном случае выражается следующем множестве:

$$\{P_t\} = \{\{x_t\}, \{y_t\}, \{z_t\}\} \quad (3)$$

где $\{P_t\}$ – множество точек координат, принадлежащих области возможного перемещения человека на рассматриваемой территории; $\{x_t\}$, $\{y_t\}$, $\{z_t\}$ – множество значений координат по осям OX , OY , OZ .

Помимо человека, аналогичным образом описывается каждый объект на рассматриваемой территории, который может являться источником опасного фактора физической природы воздействия, другими словами:

$$\{O_n\} = \{\{Fa_{nl}\}, \{\{x_{nt}\}, \{y_{nt}\}, \{z_{nt}\}\}\}, \quad (4)$$

где $\{O_n\}$ – множество n -х объектов, являющихся источниками опасных факторов физической природы воздействия; $\{Fa_{nl}\}$ – множество опасных l -х видов физического воздействия n -х объектов; $\{x_{nt}\}$, $\{y_{nt}\}$, $\{z_{nt}\}$ – множество значений координат по осям OX , OY , OZ , в пределах которых может находиться n -й объект.

В результате обозначенная выше задача приобретает следующее математическое выражение:

$$k(x, y, z) = \min_{nml} \left(\frac{N_{ml}}{Fa_{nl}(x, y, z)} \right), \quad (5)$$

$$\begin{cases} \text{при } k \geq 1, \text{ точка координат признается однозначно безопасной} \\ \text{при } k < 1, \text{ точка координат признается однозначно опасной} \end{cases} \quad (6)$$

где k – показатель наличия условий травмирования человека в результате воздействия опасного фактора в точке с координатами x , y , z .

Общая схема методического аппарата приведена на рис. 1.

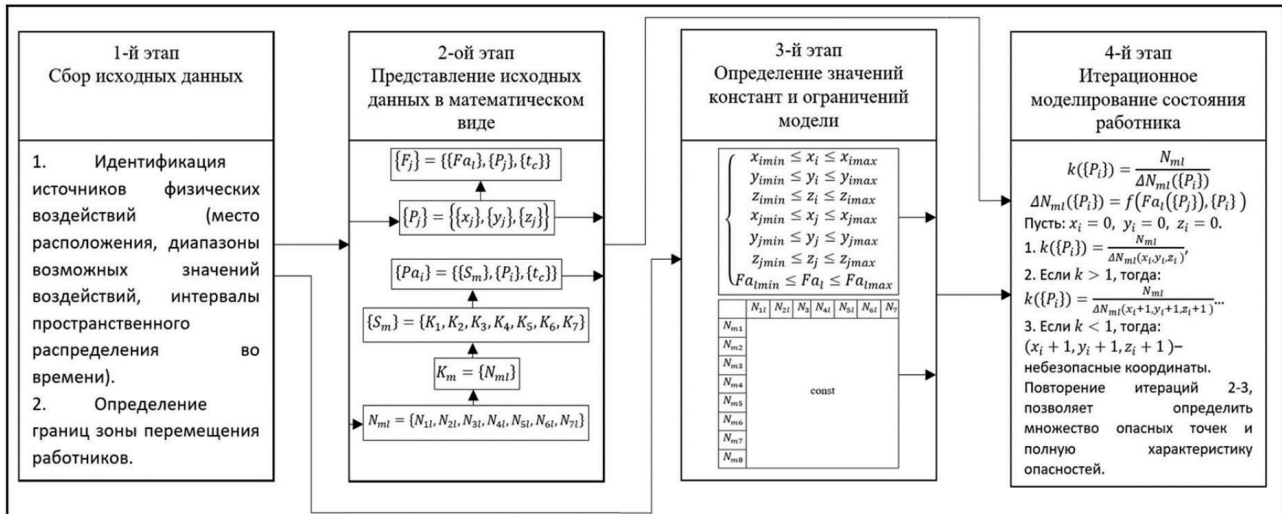


Рис. 1. Структурная схема применяемого методического аппарата

Результаты

Приведенный в предыдущем разделе методический подход был применен к наземной территории строительной площадки, общий план которой приведен на рис. 2.



Рис. 2. Схема рассматриваемой строительной площадки [16]

Исходя из анализа плана, проекта производства работ и документации по технике безопасности установлены следующие источники опасных факторов / для наземной территории строительной площадки:

1. Объекты строительной площадки с опасным фактором ударного воздействия:
 - башенные краны – погрузо-разгрузочные работы и перемещение груза;
 - здания – падение груза, материала, строительного мусора с этажей и монтажного горизонта;
 - площадки складирования – погрузо-разгрузочные работы, самопроизвольное смещение складированных материалов и т. д.;
 - временные дороги – движение строительной техники.
2. Объекты строительной площадки с опасным фактором электрического воздействия:
 - прожектора – повреждение электрическим током;
 - арматурный цех – работа электроинструментов, станков (гибочный, рубочный).
3. Объекты строительной площадки с опасным фактором оптического воздействия:
 - арматурный цех – работа с помощью электрогазосварки.

Исходные данные по этим объектам приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Исходные данные по источникам опасности.
Величины факторов берутся по максимальному из возможных значений**

№ объекта	Наименование объекта	Виды и значения факторов	Координаты реперных точек по оси ОХ	Координаты реперных точек по оси ОУ	Радиус действия
1	башенный кран	Fa_{11} 16000 н	{1192, 790, 1480, 1117, 1583}	{482, 904, 781, 1247, 1460}	342
2	здание	Fa_{21} 120 н	{1330, 1464, 991, 1035, 841, 1392, 1336, 625, 1093, 1050, 1333, 1438, 1588, 1803, 1488, 1719, 1627, 1363, 1634, 1440}	{405, 494, 881, 933, 1090, 1471, 1556, 1074, 688, 635, 401, 1729, 1532, 1009, 669, 610, 1009, 1456, 1631}	50
3	площадки склад.	Fa_{31} 16000 н	{885, 1195, 1222, 908, 560, 851, 881, 586, 1201, 1445, 1467, 1287, 956, 1088, 1280, 1430, 1400, 1414, 1430, 1580, 1569}	{509, 240, 273, 537, 870, 624, 659, 902, 883, 679, 704, 980, 1104, 996, 1125, 1371, 1411, 1685, 1664, 1739, 1770}	5
4	дороги	Fa_{41} 10000 н	{428, 506, 718, 747, 1229, 1610, 1169, 1498, 1340, 299, 1618, 1920, 1586, 1763, 1760}	{800, 818, 661, 565, 175, 444, 859, 1405, 1680, 966, 1863, 1560, 1012, 746, 524}	10

№ объекта	Наименование объекта	Виды и значения факторов	Координаты реперных точек по оси ОХ	Координаты реперных точек по оси ОУ	Радиус действия
5	прожектора	Fa_{56} 220 в	{1526, 1428, 1810, 1841, 965, 531, 1340}	{555, 1424, 1328, 1732, 1461, 856, 207}	0
6	станки гибочный и рубочный	Fa_{66} 380 в	{905, 947, 1015, 936}	{728, 731, 728, 797}	0
7	сварка	Fa_{75} 1989 кД	{905, 947, 1015, 936}	{728, 731, 728, 797}	100

Также на уровне исходных данных определим, что любой падающий объект при ударе о поверхность может быть описан через закономерности упругого соударения. В рамках такого соударения, падающий объект может не полностью потерять свою скорость, при этом изменить направление движения. Другими словами, речь идет о возможном отскоке. Для учета данного явления определим, что поверхность на территории представляет собой песчаный сланец с коэффициентом жесткости 400 МПа/м и модулем упругости 24 МПа, при этом имеет вариативный уклон до 15 градусов.

В результате моделирования мы получаем следующее распределение опасных (имеют красную заливку) и безопасных зон (имеют зеленую заливку), желтым цветом выделена область исключения наземной территории (рис. 3).

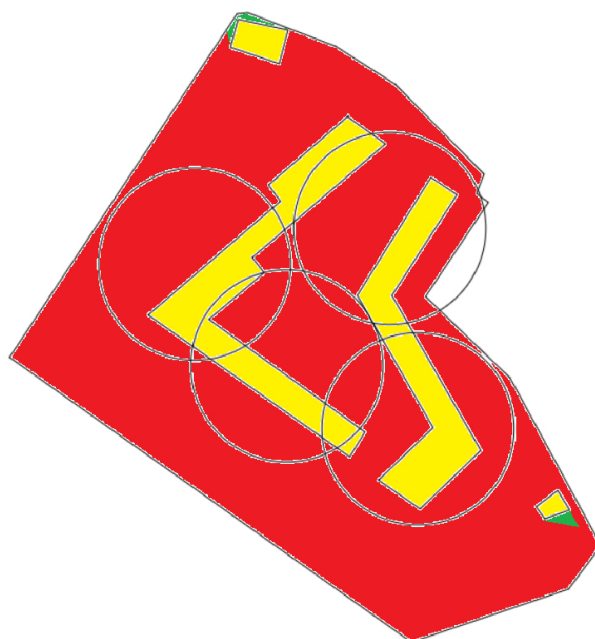


Рис. 3. Представление наземной территории строительной площадки в декомпозиции на опасные и безопасные зоны

Обсуждения

В рамках применения приведенного подхода к задаче однозначного определения опасных и безопасных зон строительной площадке, были получены интересные результаты. Прежде всего стоит выделить тот факт, что заявленные в плане строительной площадке границы опасных зон от падения предметов с высоты оказались не достоверными. Главным образом это обусловлено тем, что при стандартном подходе к определению опасных зон учитывается либо статистика, либо возможность непосредственного воздействия, при этом человеком опускаются сложные взаимодействия различных условий, в результате которых опасность может появиться. Именно этот момент и компенсирует численное моделирование.

Анализируя распределение безопасных зон на рисунке 3, наглядно видно, что временные здания как раз-таки выступают в роли щита, создавая исключение в область возможного отскока падающих объектов.

Заключение

Таким образом в настоящей работе был представлен подход к однозначному определению опасных и безопасных зон применительно к строительной площадке, а именно ее наземной территории.

Достоинствами применения данного подхода является его точность. Подход позволяет совершить переход от потенциальной опасности к однозначно определенной. Также в рамках подхода возможно получение конечной совокупности возможных сценариев травматизма, правда это требует несколько изменить целевую функцию и потребует значительных объемов памяти вычислительной техники. В качестве недостатка такого подхода стоит привести его сложность в реализации. Прежде чем применять приведенные принципы численного моделирования, объект необходимо точно описать на параметрическом уровне, что представляет собой достаточно кропотливую задачу.

Вместе с этим на фоне существующей тенденции развития средств вычислительной техники и повсеместной интеграции информационных технологий, вполне возможно, что скоро могут появиться технологии быстрого создания цифровых двойников объекта, что в значительной степени облегчит применение приведенного подхода и сделает его, напротив, наиболее целесообразным.

Литература

1. Яковлева Т. П., Калинина М. А., Новохатская Э. А. Проблема травматизма в строительстве // Жилищное строительство. 2016. № 1–2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-travmatizma-v-stroitelstve> (дата обращения: 16.11.2024).
2. Безопасность жизнедеятельности и охрана труда в строительстве : учебник / А. В. Фролов, А. С. Шевченко, В. А. Лепихова [и др.] ; под общ. ред. А. В. Фролова. – Москва : Русайнс, 2024. – 585 с. – URL: <https://book.ru/book/953703> (дата обращения: 16.11.2024).
3. Графкина М. В., Свиридова Е. Ю., Сафрина Н. А. Анализ производственного травматизма в строительстве // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2017. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-proizvodstvennogo-travmatizma-v-stroitelstve> (дата обращения: 16.11.2024).

4. *Тархов Д. А., Каверзнева Т. Т., Идрисова Д. И.* Анализ причин тяжелого и смертельного травматизма на строительной площадке // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №. S60-2. – С. 244–253.
5. *Шарманов В. В.* Методика оценки факторов достижения безопасности на строительной площадке на основе информационного моделирования // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2017. № 3 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-faktorov-dostizheniya-bezopasnosti-na-stroitelnoy-ploschadke-na-osnove-informatsionnogo-modelirovaniya/> (дата обращения: 16.11.2024).
6. *Питкин М. Р.* Обнаружение передачи внутрисуставного давления от одного колена к другому как подтверждение теории о наличии физиологической системы «внутренний гидравлический экзоскелетон», предохраняющей суставные хрящи от перегрузки // М.Р. Питкин // Физическая и реабилитационная медицина. – 2023. № 4 2. – 8–19
7. О прочности кожи на разрыв в судебно-медицинском отношении / Гребенникова Н. В. // Судебно-медицинская экспертиза. – 1974. – №1. – С. 13–14.
8. *Дубровский В. И., Федорова В. Н.* Биомеханика: учеб. для сред, и высш. учеб, заведений. – М. : Изд-во ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. – 171 с.
9. *Орешина М. Н., Савенко Е. Ю.* Исследования воздействия электромагнитных излучений на организм человека // Известия ТулГУ. Технические науки. 2021. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovaniya-vozdeystviya-elektromagnitnyh-izlucheniya-na-organizm-cheloveka/> (дата обращения: 16.11.2024).
10. *Чистякова Н. В., Даль Н. Ю., Астахов Ю. С.* Влияние света на состояние сетчатки и здоровье в целом: миф или реальность? // Офтальмол. ведомости. 2011. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sveta-na-sostoyanie-setchatki-i-zdorovie-v-tselom-mif-ili-realnost/> (дата обращения: 16.11.2024).
11. *Содилов Н. О., Содилов М. Н.* Ультразвук в медицине // Наука, техника и образование. 2020. № 8 (72). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ultrazvuk-v-meditsine/> (дата обращения: 16.11.2024).
12. *Иванов К. П., Ермакова И. И.* Эффективность физиологических изменений теплопроводности и теплоассопереноса в коже человека при терморегуляции // Физиологический журнал СССР им. Сеченова. – 1983. – Т. 69. – №. 2. – С. 247.
13. *Цибулевский А. Ю., Дубовая Т. К.* Кожа: морфология, гистохимия, гистофизиология // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. 2021. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kozha-morfologiya-gistohimiya-gistofiziologiya/> (дата обращения: 16.11.2024).
14. *Луцаков Ю. И., Шабанов П. Д.* Теплообмен различных областей тела человека со средой // Обзоры по клинич. фармакол. и лек. терапии. 2012. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teploobmen-razlichnyh-oblastey-telacheloveka-so-sredoy> (дата обращения: 16.11.2024).
15. Воздействие электрического тока на организм человека. Предупреждение поражения человека электрическим током. Защита от воздействия электрического тока // Технические науки – от теории к практике. 2013. № 28. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystvie-elektricheskogo-toka-na-organizm-cheloveka-preduprezhdenie-porazheniya-cheloveka-elektricheskim-tokom-zaschita-ot/> (дата обращения: 16.11.2024).
16. Проектная документация на «Многokвартирный многоэтажный дом по ул. Кирова в Октябрьском районе г. Новосибирска». Раздел 6 «Проект организации строительства»// Портал – популярные новостройки Санкт-Петербурга. URL: https://нашдом.рф/data/425326/permits/obj42526_proj_expt_result_61.pdf/

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 628.3

Анастасия Геннадьевна Бобрик,
ст. преподаватель
(Сибирский федеральный университет)
E-mail: abobrik@sfu-kras.ru

Anastasia Gennadievna Bobrik,
senior lecturer
(Siberian Federal University)
E-mail: abobrik@sfu-kras.ru

ВЫБОР МЕТОДА ОЧИСТКИ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

THE CHOICE OF THE METHOD OF PURIFICATION OF CHROMIUM-CONTAINING WASTEWATER

В данной работе представлен анализ методов, которые используются для очистки хромосодержащих сточных вод в гальванической промышленности, описана суть процессов, а также приведены достоинства и недостатки существующих технологий. Целью работы являлось оценить результаты исследований и практическое применение методов обезвреживания гальванических стоков и выбрать наиболее перспективный из них. По результатам исследований предложены оптимальные варианты применения различных методов для очистки хромосодержащих сточных вод гальванических производств. А также сделан вывод о преимуществах и перспективах использования сорбционного метода очистки хромстоков в современных условиях.

Ключевые слова: хромосодержащие стоки, гальваническое производство, сточные воды, сорбционная очистка, отходы промышленности.

This paper presents an analysis of the methods used to purify chromium-containing wastewater in the electroplating industry, describes the essence of the processes, and also shows the advantages and disadvantages of existing technologies. The purpose of the work was to evaluate the results of research and the practical application of methods of neutralization of galvanic effluents and choose the most promising of them. According to the results of the research, optimal options for the use of various methods for the purification of chromium-containing wastewater from electroplating plants are proposed. It is also concluded about the advantages and prospects of using the sorption method of purification of chromium-containing wastewater in modern conditions.

Keywords: chromium-containing wastewater, electroplating, wastewater, sorption treatment, industrial waste.

Введение

Российская промышленность является крупнейшей отраслью экономики, она составляет около 40 % ВВП страны. Почти треть населения России работает в сфере промышленного производства. А Красноярский край обладает богатым природно-ресурсным потенциалом для промышленного развития, основными направлениями промышленности являются чёрная и цветная металлургия, металлообрабатывающая и деревообрабатывающая отрасли, а также энергетика и химические производства.

В свою очередь гальваническая промышленность потребляет огромный объем воды в результате своей производственной деятельности на промывку деталей и приготовление электролитов. Соответственно, промышленные сточные воды на выходе являются

ся высокотоксичными, из-за наличия вредных примесей тяжёлых и цветных металлов. Например, в гальванических стоках самыми распространенными загрязнителями являются ионы шестивалентного хрома, поскольку они поступают в воду после промывки деталей, после хромирования, травления меди и латуни, пассивации цинка (хроматирования), а также водах отработанных растворов.

Попадая в природную воду, хромсодержащие стоки оказывают негативное воздействие на состав воды, флору и фауну водоемов [1], а превышение норм ПДК в питьевой воде соединений хрома угнетает рост клеток, способствует появлению аллергических реакции и вызывает онкологию [2].

Таким образом, очистка хромсодержащих сточных вод является важной экологической задачей для промышленного производства нашей страны.

Методы

На сегодняшний день существует множество различных способов обезвреживания хромсодержащих сточных вод [1, 3].

Чаще всего применяется реагентный метод очистки. В некоторых литературных источниках его именуют как химический. Этот способ считается классическим, так как используется на большинстве промышленных предприятий нашей страны, поскольку был широко применен, в то время, когда в 60–70-х годах прошлого столетия повсеместно строились и вводились в эксплуатацию эти промпредприятия [4].

Сущность данного метода заключается химической реакции, которая протекает после введения в хромсодержащие стоки специальных реагентов [5]. Процесс протекает в две стадии: на первой происходит восстановление шестивалентного хрома до трехвалентного, а на второй осаждение трехвалентного хрома в виде гидроксида. В качестве реагентов обычно применяют сульфаты железа или алюминия, иногда их смесь, так же это могут быть натриевые соли сернистой кислоты [6]. Протекает этот процесс, как в кислой, так и в щелочной среде, в зависимости от применяемого реагента. А последующее осаждение гидроксида хрома трехвалентного, как правило, протекает при реакции нейтрализации с помощью известкового молока, соды или едкого натра.

Гораздо реже применяется биохимический метод. Процесс очистки хромстоков, при котором происходит за счет специальных сульфатовосстанавливающих бактерий, которые при наличии органического питания в анаэробной среде восстанавливают сульфаты до сероводорода. А он в свою очередь связывает ионы шестивалентного и трехвалентного хрома в нерастворимые сульфиды, которые после отстаивания удаляются в виде шлама [7]. Однако, ввиду сложности технологического процесса данный метод не нашел широкого применения.

Другим методом обезвреживания хромсодержащих сточных вод является электрохимический метод. Он включает себя такие способы очистки как: электрокоагуляцию, гальванокоагуляцию, электрофлотацию и электролиз.

При электрокоагуляционной очистке под действием электрического тока происходит растворение анодов из алюминия или железа, что приводит к образованию гидроксидов этих металлов, которые вступают в реакцию с содержащимися в воде соединениями хрома в качестве коагулянтов с последующим осаждением [8, 9].

Гальванокоагуляционная очистка хромсодержащих сточных вод по принципу работы аналогична электрокоагуляции. Главным отличием, является то, что окислительно-восстановительные процессы происходят не под действием электрического тока, а в поле множественных короткозамкнутых гальванических пар [10]. Вместо стальных анодов в гальванокоагулятор загружается металлическая стружка, представляющая собой растворимый анод, а катодной составляющей выступает углеродсодержащее вещество, например активированный уголь [11]. В работах [12–14] описан механизм гальванокоагуляционного способа очистки хромстоков.

Схож с электрокоагуляцией метод электрофлотации, который так же можно применять для очистки сточных вод от ионов хрома. Его сущность заключается в образовании пузырьков газа за счет электролиза воды. Применяют флотацию с нерастворимыми анодами и растворимыми. При использовании нерастворимых анодов при электрофлотационной обработке в отличие от электрокоагуляции не происходит дополнительного загрязнения очищаемой среды [15].

Еще один электрохимический метод очистки хромсодержащих сточных вод – это электролиз, который является физико-химическим процессом, состоящим в выделении на электродах составных частей растворенных веществ или других веществ, в результате вторичных реакций на электродах. Результативность данного процесса существенно зависит от массопереноса, концентрации ионов металлов и плотности тока.

Весьма перспективными на сегодняшний день считаются сорбционные методы обработки хромстоков [16]. Условно их можно подразделить на адсорбционный обмен и ионный обмен (сорбцию на ионитах).

В процессе адсорбционной очистки поверхностью твердых тел (сорбентов) происходит поглощение из сточной воды ионов хрома. Сорбенты бывают из синтетических или природных материалов. Кроме того, для получения сорбционных материалов могут использоваться отходы промышленного производства.

Широко известными адсорбентами считаются активированные угли различных модификаций, при применении для очистки хромсодержащих сточных вод они показывают неплохой результат.

Учеными было проведено множество исследований, где в качестве сорбционной загрузки применяли семена бобовых культур [17], семена люцерны, клевера и фасоли [15], древесные опилки [18], ореховую шелуху, костяную пыль, марловые почвы (известковая глина), бентонитовую глину [19], а также резиновую крошку, отходы гипсового производства и шинный кокс [17].

Целесообразно для очистки промышленных сточных вод использовать нетрадиционные сорбенты. В угольных регионах страны в большом количестве присутствует высокопористый отход угольной промышленности, твердый остаток от самосогревания угольных терриконов. По своему химическому составу он представляет собой кремнезем с примесью оксидов алюминия и железа [20].

Процесс ионообменной очистки хромсодержащих сточных вод происходит за счет ионитов (практически нерастворимых в воде полимерные материалов), которые производят обмен на поверхности ионообменной смолы с ионами, находящимися в растворе. Данный метод нашел широкое распространение зарубежом.

Результаты

Проанализировав результаты исследований и практический опыт использования тех или иных методов обезвреживания хромсодержащих сточных вод можно сделать выводы, что ни один из них на сегодняшний день не является совершенным. Каждый метод обладает как положительными аспектами, так и имеет свои недостатки.

Реагентный метод прост в эксплуатации и не требует специального оборудования, так как является универсальным способом очистки. Однако, степень такой очистки не сильно высока (не более 80 %), что не позволяет использовать очищенную воду в оборот. К недостаткам можно так же отнести значительный расход реагентов, а следственно и дополнительное загрязнение стоков этими реагентами. А осадки, образующиеся после очистки, имеют сложный состав и сильную обводненность, что существенно усложняет их обезвреживание и переработку.

При использовании биохимического метода количество образующегося осадка после очистки значительно меньше. Но использование его затруднено, поскольку неравномерность концентрации стока может привести к гибели микроорганизмов, которым не хватит питательных веществ из-за понижения концентрации или неспособности переработать все загрязнения при ее повышении. Соответственно при использовании этого метода необходимо строго соблюдать технологический режим.

К достоинствам электрокоагуляционного метода можно отнести высококачественную очистку. Метод прост в эксплуатации и в сравнении с классическим способом занимает меньше площадей. Осадков образуется меньше, и они обладают хорошими структурно-механическими свойствами. К недостаткам следует отнести значительный расход металла растворимых анодов и их пассивацию. Несмотря на высокую степень очистки при электрокоагуляции, отсутствует возможность вернуть воду в оборотный цикл из-за повышенного солесодержания. И, пожалуй, главный недостаток этого метода – это значительные расходы электроэнергии, что делает метод экономически затратным. Даже при гальванокоагуляционной очистке требуется электроэнергия на вращение барабана. Кроме того, при гальванокоагуляционном методе очистки возникает коррозия внутри аппарата из-за постоянной работы в кислой среде, а каждая смена загрузки в барабане осложняется высокой трудоемкостью.

Сорбционные методы характеризуются высокой степенью очистки (до 95 %), что позволяет использовать очищенную сточную воду в оборот, отсутствует вторичное загрязнение сточных вод. К отрицательным сторонам данной очистки можно отнести необходимость предварительного этапа очистки при наличии в сточной воде масел, жиров и ПАВ, а также образование вторичных отходов – элюатов.

Обсуждение

Ввиду того, что ни один из рассмотренных методов не обеспечивает в полной мере выполнение всех современных требований по очистки хромсодержащих сточных вод, необходимо делать обоснованный выбор наиболее пригодного метода исходя из конкретных условий производства, где эти стоки образуются.

Например, для промышленных предприятий, где уже имеются очистные сооружения, как правило, применяющие реагентный метод обработки дешевле произвести реконструкцию и подобрать современный высокоэффективный реагент, правильно скорректировать дозировку, чем менять имеющуюся технологию на новую.

При небольших объемах производства, и льготных тарифах на электроэнергию можно использовать электрохимические методы.

В других случаях рекомендуется применять сорбционную обработку, как для локальных, так и для масштабных сооружений. Возможно так же в комбинации с реагентной очисткой применять ионный обмен.

Выводы

На сегодняшний день сорбционный способ является весьма перспективным ввиду широкого спектра производства сорбентов для очистки сточных вод в нашей стране. Главным преимуществом его является возможность производства сорбентов из отходов промышленности, что существенно сокращает их стоимость и делает такую технологию ресурсосберегающей.

Литература

1. Каратаев О. Р., Кудрявцева Е. С., Мингазетдинов И. Х. Очистка сточных вод от ионов шестивалентного хрома // Вестник Казанского технологического университета, 2014, т. 17, № 2, С. 52–54.
2. Крюков В. И., Жучков С. А., Лазарева Т. Н. Ионы хрома (VI) индуцируют микроядра и ядерные аномалии в эритроцитах амфибий // Принципы экологии. 2023. № 1. С. 58–66.
3. Аверина Ю. М., Калякина Г. Е., Меньшиков В. В., Капустин Ю. И., Болдырев В. С. Проектирование процессов нейтрализации хромо- и цианосодержащих сточных вод на примере гальванического производства // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2019. № 3. С. 70–80.
4. Халтурина Т. И., Бобрик А. Г., Чурбакова О. В. Реагентная очистка хромсодержащих сточных вод // Вестник ИрГТУ. 2014. № 6. С. 128–134.
5. Баширов В. Д., Гамм Т. А., Сагитов Р. Ф., Шабанова С. В., Василевская С. П., Касимов Р. Н., Арстаналиев Е. У., Галиева Л. Х., Ахмадиева З. Р., Цыркаева Е. А. Современные методы обследования различных комплексов очистных сооружений [Электронный ресурс]: монография – Эл. изд. – Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 50 с.). 2018. С. 50.
6. Ольшанская Л. Н., Тильтигин И. А., Осипова Т. В. Повышение эффективности очистки хромсодержащих сточных вод гальванопроизводств // Инноватика и экспертиза. 2020. № 1(29). С. 144–151.
7. Аксенов В. И., Ладыгичев М. Г., Ничкова И. И., Никулин В. А., Кляйн С. Э., Аксенов Е. В. Водное хозяйство промышленных предприятий: книга 1, 2: справочное – Москва: Теплотехник. 2005. С. 1135.
8. Селицкий Г. А. Методика расчета технологических параметров электрокоагуляционного способа очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов // Водоснабжение и канализация. 2009. № 4. С. 72–78.
9. Халтурина Т. И., Чурбакова О. В., Бобрик А. Г. К вопросу электрохимического обезвреживания хромсодержащих сточных вод // Вестник ИрГТУ. 2014. № 3. С. 103–107.

10. Бусарев А. В., Селюгин А. С., Сундукова Е. Н., Тухбатуллин Р. Ф. К вопросу очистки хром-содержащих сточных вод // Технические науки. 2016. № 6. С. 36–41.
11. Халтурина Т. И., Чурбакова О. В., Бобрик А. Г. Применение гальванокоагуляционной технологии для очистки хромсодержащих сточных вод // Вестник ИрГТУ. 2015. № 2. С. 145–149.
12. Чантурия В. А., Соложенкин П. М. Электронная обработка материалов, 2004, № 2, С. 67–81.
13. Зайцев Е. Д. Совершенствование метода гальванокоагуляции вредных примесей в сточных водах промышленных предприятий // Известия Вузов. Цветная металлургия. – 2000. – № 2. – С. 69–75.
14. Зайцев Е. Д., Иванов А. В., Одинцов Н. В. Обезвреживание сточных вод после хромирования // Экология и промышленность России. – 2003. – № 6. – С. 29–32.
15. Зубарева Г. И., Филиппева М. Н., Дегтев М. И. Способы очистки сточных вод от соединений хрома (6) // Экология и промышленность России. – 2005. – № 2. – С. 30–33.
16. Адрышев А. К., Колпакова В. П., Лопухов Ю. И., Даумова Г. К. Об эффективной технологии очистки хромсодержащих сточных вод с применением модифицированных сорбентов // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2014. – № 9. – С. 38–42.
17. Воропанова Л. А., Гетоева К. К., Рубановская С. Г. Использование семян бобовых культур для сорбции хрома (VI), молибдена (VI) и вольфрама // Химическая промышленность. – 1998. – № 9. – С. 52–60.
18. Воропанова Л. А., Рубановская С. Г. Использование древесных опилок для очистки сточных вод от хрома (VI) // Химическая промышленность. – 1998. – № 1 – С.22–24.
19. Воропанова Л. А., Рубановская С. Г. Извлечение ионов тяжелых цветных металлов из промышленных сточных вод бентонитовой глиной // Экология и промышленность России. – 1999. – № 1. – С.44–47.
20. Шевченко Т. В., Мандзий М. Р., Тарасова Ю. В. Очистка сточных вод нестандартными сорбентами // Экология и промышленность России. – 2003. – № 1. – С. 35–37.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 004.91

Денис Дмитриевич Кабайлов,
аспирант

ORCID: 0009-0006-5738-8837

Алексей Михайлович Наместников,

д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: denis2000kab@gmail.com,
anamestnikov@lan.spbgasu.ru

Denis Dmitrievich Kabaylov,
postgraduate student

ORCID: 0009-0006-5738-8837

Alexey Mikhailovich Namestnikov,

Dr. Sci. Tech., Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: denis2000kab@gmail.com,
anamestnikov@lan.spbgasu.ru

ИНСТРУМЕНТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

AUTOMATION TOOLS FOR GENERATING DRAWINGS IN BUILDING AND STRUCTURE DESIGN

В первой части данной статьи рассматриваются процесс формирования чертежей зданий и сооружений и проблема автоматизации данного процесса. Приводится краткий обзор существующих инструментов автоматизации, а также заключение об их эффективности в реальных условиях на проектируемых объектах. По итогам заключения выдвигается предположение об использовании нейронных сетей в качестве альтернативных инструментов автоматизации данного процесса.

Во второй части данной статьи приводится краткий обзор направлений в проектировании, использующих нейронные сети и другие модели машинного обучения, с целью анализа эффективности их применения в вопросе автоматизации процесса оформления чертежей.

В третьей части статьи сформировано предположение и краткое описание возможности применения графовых нейронных сетей (GNN) в задаче формирования чертежей на основе данных информационной модели здания.

Ключевые слова: ТИМ, GNN, чертежи, автоматизация проектирования, графы, интеллектуальные системы.

In the first part of this article, the process of generating building and structure drawings is examined, along with the issue of automating this process. A brief overview of existing automation tools is provided, along with a conclusion on their effectiveness under real-world conditions in designed projects. Based on these findings, the article suggests exploring the use of neural networks as alternative automation tools for this process.

The second part of the article reviews design approaches that leverage neural networks and other machine learning models to analyze the effectiveness of their application in automating the drafting process.

In the third part, a hypothesis and a brief description are presented regarding the potential use of Graph Neural Networks (GNN) to generate drawings based on building information model (BIM) data.

Keywords: BIM, GNN, drawings, design automation, graphs, intelligent systems.

Введение

Проектирование зданий с использованием информационного моделирования состоит из множества сложных и продолжительных процессов, например, таких, как моделирование конструкций и их элементов, наполнение объектов информационной модели данными, формирование спецификаций, оформление проектной и рабочей документации. Последний является одним из самых продолжительных и трудоемких с точки зрения использования ручного труда. В данном процессе приходится не только создавать виды здания, но и логически увязывать их между собой, чтобы одна и та же информация не дублировалась, что, зачастую, даже это может вызвать трудности у опытных проектировщиков. Также это касается и оформления созданных видов – каждая новая аннотация должна иметь смысл, а все аннотации в совокупности должны составлять эргономичный, читаемый и логический чертеж, который будет нести исчерпывающую информацию, необходимую на строительной площадке. Данная проблема описывается YiJe Kim, Sangyoon Chin и Seungyeon Choo в статье [1]. Авторы отмечают сложность и высокую трудоемкость процесса формирования чертежей и его оформления.

Данная задача сама по себе не тривиальна ввиду индивидуальности каждого объекта строительства, наличия различных подходов и стандартов оформления каждой проектной организации. Но все-таки есть возможность выявить общие принципы формирования чертежей зданий, например, каждое здание состоит из одного и более этажей, поэтому наличие плана с расположением конструкций будет необходимо. Если конструкции железобетонные, то к ним необходимо приложить схемы армирования этих конструкций, на которых необходимо указывать тип и геометрическое расположение арматурных изделий.

Исходя из вышесказанного для повышения эффективности формирования проектной документации объектов строительства необходимо пользоваться инструментами автоматизации. На данный момент существует большое множество программ, автоматизирующих различные процессы.

Например, в статье [1] приводится созданная система, состоящая из множества команд по оформлению чертежей зданий для ПО «Revit». Также авторы приводят несколько блок-схем созданных ими алгоритмов. Авторами реализованы такие функции, как простановка размеров между окнами, создание спецификаций площадей помещений, простановка основных габаритных размеров на плане. Изучив схемы, интерфейс и возможности программы, можно сделать вывод, что приведенные алгоритмы не учитывают уже созданные виды и, как следствие, могут продублировать уже имеющиеся виды. Также не учтено создание локальных видов, которые могут понадобиться для более детального отображения некоторых ответственных конструкций. Пользовательский интерфейс одной из команд очень нагроможденный, что может привести к путанице в работе проектировщика (рис. 1).

Еще одним достаточно популярным инструментом автоматизации оформления чертежей является плагин «ModPlus» для ПО «Revit» [2], предоставляющий возможность оформлять чертежи таких элементов, как стены, перекрытия, колонны, свайные поля, балки (рис. 2). Выполнив несколько команд на простом тестовом примере в виде плиты с несложным контуром и одним отверстием, был получен не самый удовлетворительный

результат. Множество размерных линий либо не имеют смысла, либо находятся не на том месте. Практически все размерные цепочки пересекаются друг с другом, в результате чего чертеж становится нечитаемым (рис. 3).

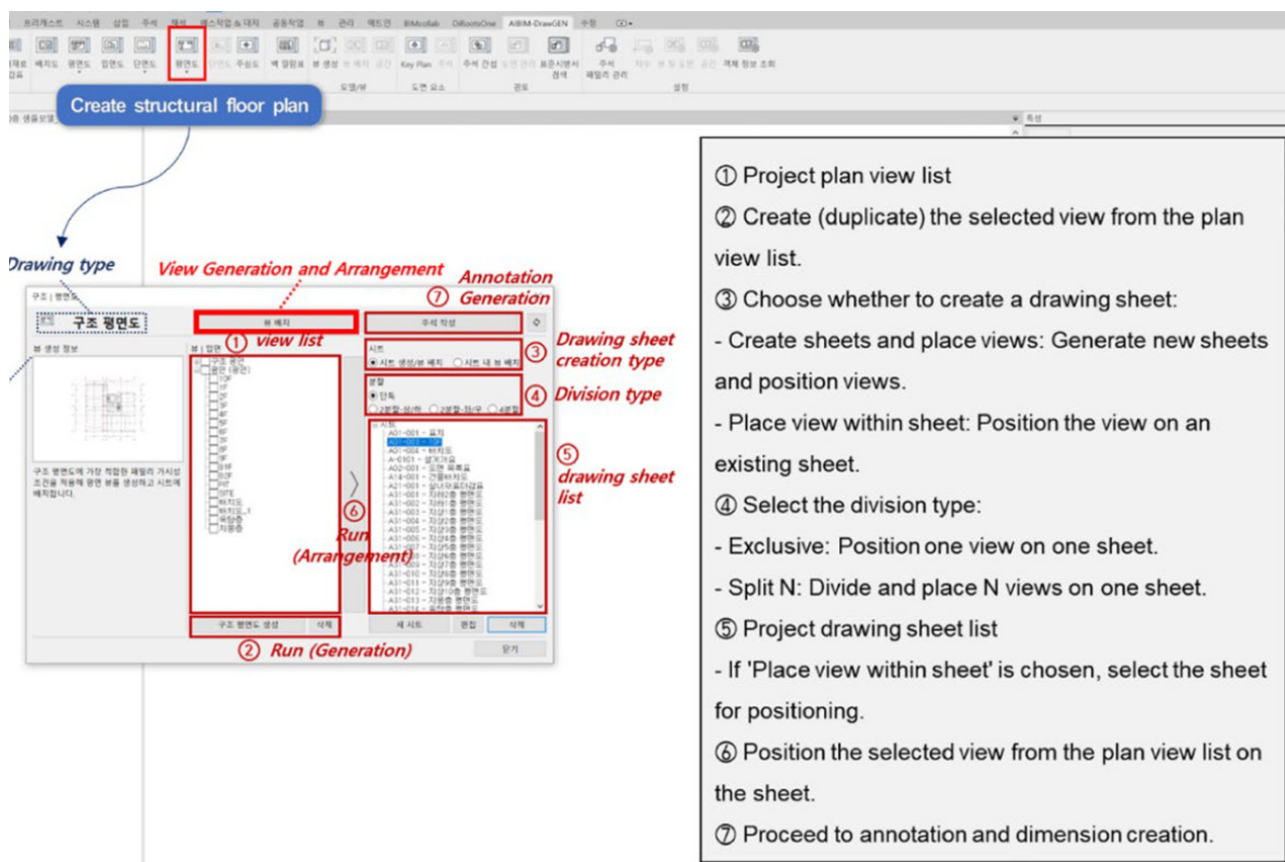


Рис. 1. Описание элементов управления окна команды, создающей схему строительных конструкций: 1 – список планов для создания; 2 – команда создания (дублирования) выбранного вида из списка планов (1); 3 – выбор условий создания листа (создание листов и размещение на них видов: происходит генерация новых листов и позиций видов; размещение видов без создания листов: позиция вида рассчитывается в соответствии с существующими листами); 4 – выбор типа разделения (единственные: один вид располагается на одном листе; разделение N : разделение видов на количество N и размещение данного количества на одном листе); 5 – выбор листа для размещения вида. Если выбрано условие «Размещение видов без создания листов», то необходимо выбрать лист для размещения вида; 6 – позиции выбранных видов из списка планов на листах; 7 – команда создания аннотаций и размеров [1]

Существует еще множество подобных решений для различных САПР, автоматизирующих примерно одинаковые процессы в оформлении, например, такие, как «СПДС-помощник» и «PS-Studio» для «AutoCAD», «Nanocad СПДС МК».

Исходя из вышеприведенного обзора был сделан вывод, что на данный момент некоторые задачи в процессе формирования чертежей автоматизированы путем использования дополнительно разработанных надстроек для основных САПР. Проблема всех этих решений в том, что это алгоритмы, спроектированные под одну/несколько определенных задач. Чем сложнее задача, тем сложнее алгоритм, в связи с чем данный нетривиаль-

ный процесс может решиться разработанным алгоритмом в одном проекте, но не будет применим в другом, или же решение будет удовлетворять минимальному запросу.

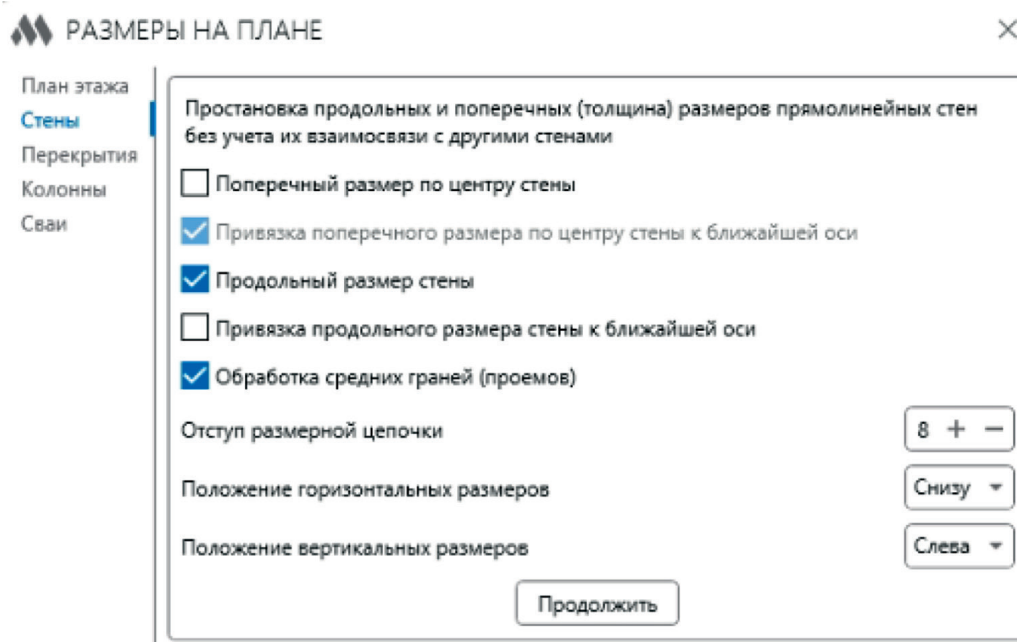


Рис. 2. Интерфейс команд плагина «ModPlus» по оформлению конструкций на чертеже [3]

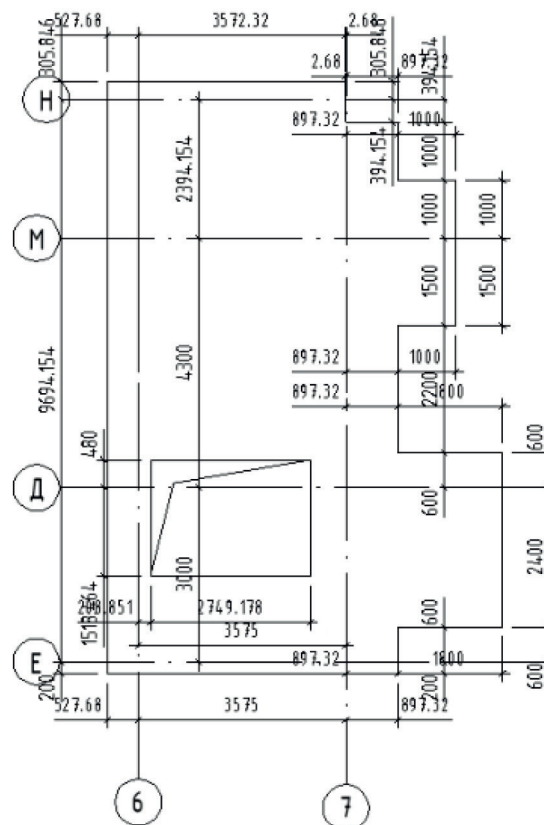


Рис. 3. Результат работы команд плагина «ModPlus»

Проблема является глобальной и сложной, так как алгоритмом с бесчисленным множеством ответвлений и условий невозможно определить определенный тренд, проанализировать особенность нового для него объекта, особенность расположения и назначения конструкций и здания в целом, от чего зависит разрабатываемая документация.

Применение моделей машинного обучения в проектировании

В связи с высокой интенсивностью развития информационных технологий, в т. ч. компьютеров, языков программирования, алгоритмов, модели машинного обучения, в частности, нейронные сети различных архитектур, все чаще стали интегрироваться в различные сферы деятельности человека – транспорт, экономика, безопасность. Также на рынке присутствуют множество продуктов, использующих алгоритмы машинного обучения, решающих определенные задачи в архитектурном и строительном проектировании, инженерии [3].

Например, автор статьи [4] приводит пример тестирования продукта «Midjourney» в задачах генерации архитектурных решений в различных условиях. Также автор приводит несколько примеров генерации на основе составленных промптов (рис. 4). По итогу автор утверждает, что данный продукт возможно применять на стадии архитектурного проектирования для генерации начального варианта.

Но для достижения максимального эффекта необходимы обучение архитекторов данным технологиям и обеспечение ответственной и этичной интеграции искусственного интеллекта в архитектурные процессы. Впрочем, подобное явление наблюдалось и при интеграции технологий информационного моделирования в процессы проектирования (BIM).

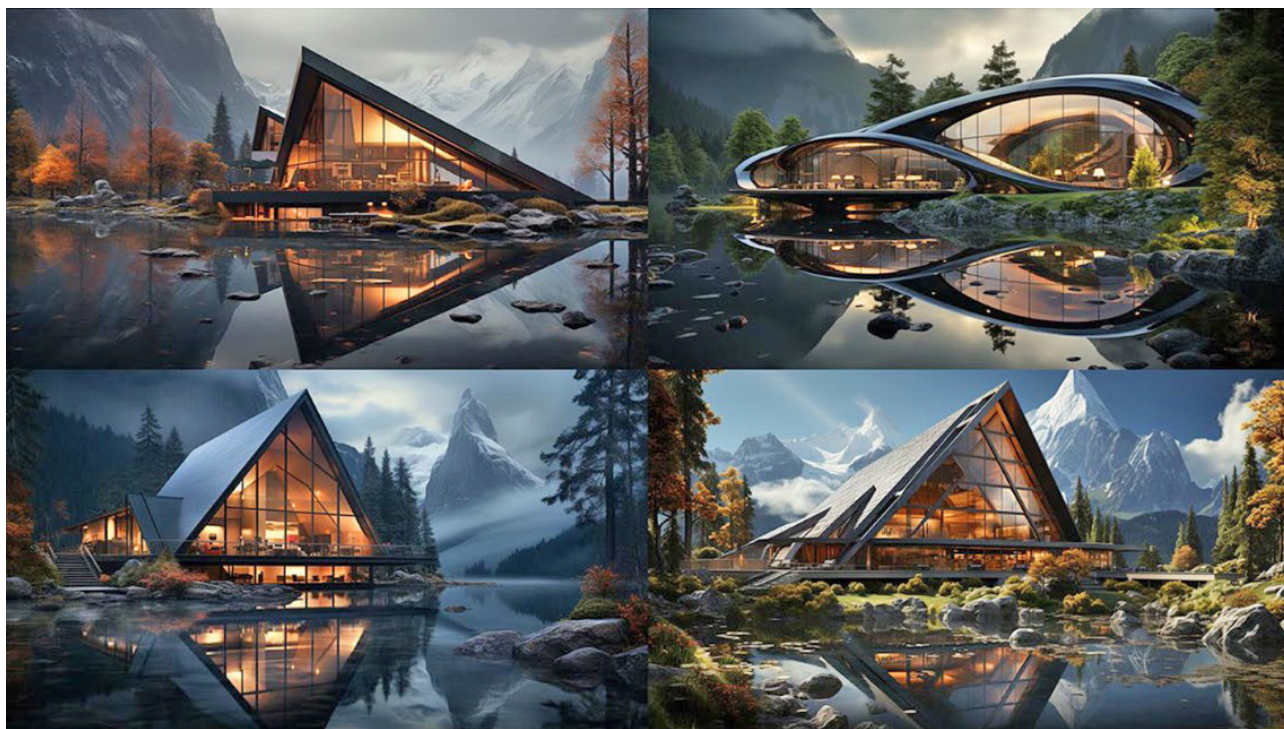


Рис. 4. Сгенерированная картинка спа-курорта на Алтае [4]

Для градостроительных целей на данный момент подходит такой продукт, как «*Spacio*». Данный инструмент также использует алгоритмы машинного обучения и способен предложить множество вариантов застройки определенной области по текстовому запросу (рис. 5). Также предоставляется возможность скорректировать сгенерированный результат ручным способом. *Spacio* предоставляет возможность создать квартирографию и планы этажей сгенерированного здания [5].



Рис. 5. Сгенерированный квартал городской застройки [4]

Также нейронные сети могут использоваться в инженерии и расчетах. В статье [6] автор приводит обзор и оценку эффективности нейросетевого алгоритма при регулировании отпуска теплоты. Регулирование отпуска теплоты необходимо для повышения качества теплоснабжения и сокращения расходов. Данная задача действительно подходит под использование в ней нейросетевого алгоритма, так как есть возможность определить тренды, зависимости по мере обучаемости параметров модели. По итогу работы автор утверждает, что использование нейросетевых алгоритмов позволило обеспечить эффективное регулирование теплоснабжения и привело к получению стабильных результатов при выполнении большого количества прогнозов, например, при прогнозе с шагом 1 час в течение всего года, средняя величина ошибки менее 0,5 градусов [6].

В статье [7] авторы проводят исследование эффективности различных моделей машинного обучения в задаче классификации элементов информационной модели зданий по их геометрическим характеристикам. Хотелось отметить, что авторы применяли достаточно большую выборку моделей машинного обучения, и по результатам было выявлено, что наилучшим образом с поставленной задачей справляются графовые нейронные сети.

На основе небольшого обзора можно сделать вывод о том, что нейросетевые алгоритмы в какой-то степени уже интегрированы в архитектурное проектирование, в инженерии. Также алгоритмы применимы и в технологиях информационного моделирования в задачах классификации. В процессе развития технологий будут разрабатываться все больше решений, работающих на базе машинного обучения.

Применение нейросетей в контексте задачи формирования чертежей

Так как использование обычных алгоритмов накладывает на работу программ определенные рамки, то задачу формирования чертежей (планов, фасадов, разрезов, фрагментов и др.) предлагается решать с использованием нейросетевых алгоритмов. Их применение позволит учесть множество характеристик информационной модели зданий и сооружений, связь между конструкциями и многое другое, что потребуется для формирования корректных чертежных видов.

В качестве основного типа нейросети предлагается использовать графовую нейронную сеть, так как она показала наилучшие результаты в тестах, приведенных авторами в статье [7].

Графовая нейронная сеть представляет собой совокупность узлов, соединенных ребрами (рис. 6, а). Множество узлов и ребер можно представить в виде матрицы связности, где пересечение строки и столбца будет означать наличие или отсутствие связи в определенном направлении (рис. 6, б). Узел представляет собой объект, содержащий определенную информацию о себе (рис. 6, в). Ребро же, или связь, позволяет учесть определенную связь между несколькими узлами (рис. 6, г). Допускается отсутствие соединения некоторых узлов между собой, если не наблюдается связи между узлами [8].

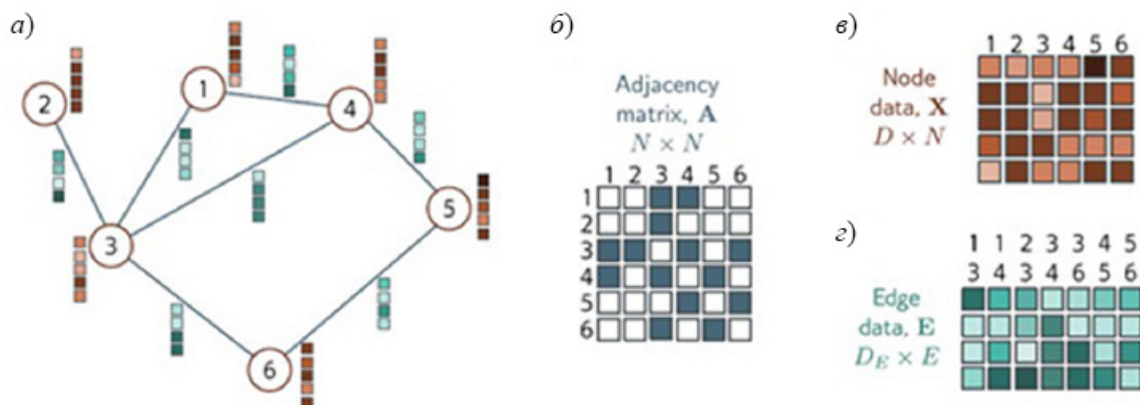


Рис. 6. Графовая нейронная сеть: а – общий вид графовой нейронной сети; б – матрица смежности узлов; в – матрица с данными об узлах; г – матрица с данными о ребрах [8]

Отражая определение графов на контекст поставленной задачи, следует отметить, что в качестве узлов и их информации будут выступать конструкции и их характеристики (тип, размеры, принадлежность к проектам), а в качестве ребер – типы связей между конструкциями. Более того сама структура графовых нейронных сетей повторяет структуру информационной модели здания, где узлы – это конструкции, а ребра – связи конструкций друг с другом (рис. 7).

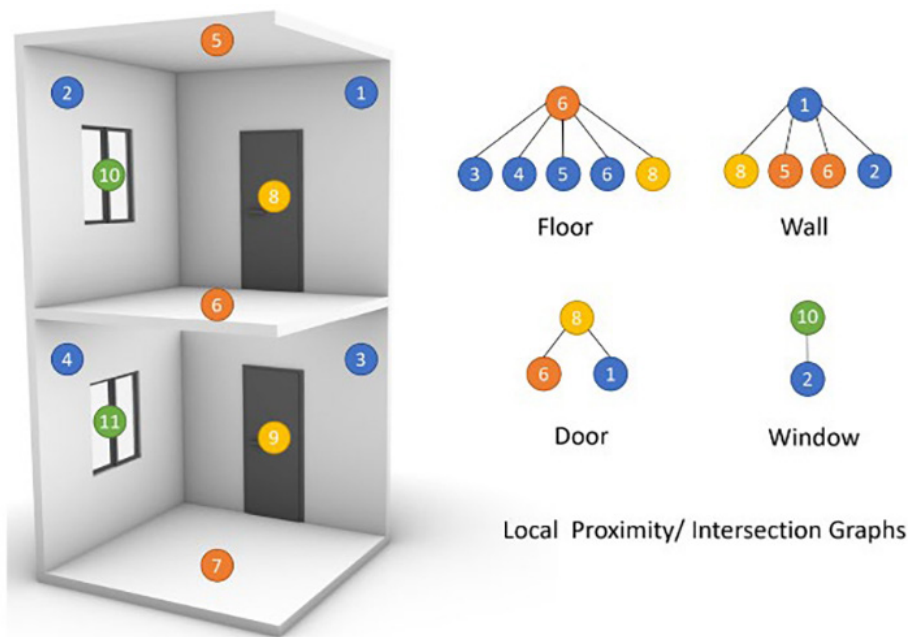


Рис. 7. Представление информационной модели в виде графового дерева [7]

В данной задаче целевым параметром выступают виды и их характеристики (расположение в пространстве, направление взгляда, границы видимости и обрезаки, степень детализации и др.), которые сочетают в себе определенное множество конструкций.

В качестве тестовых данных необходимо подготовить несколько десятков простых информационных моделей зданий с настроенными видами, после чего создать модель, который позволит из созданных информационных моделей получить данные об элементах в структурированном виде. Также разработана примерная структура данных, которая будет содержать в себе все вышеперечисленные характеристики (рис. 8).

```
[ {«model_id»: 1,
  «Properties» : [...],
  «nodes»: [
    {«id»: «wall1», «type»: «wall», «height»: 3000, «width»: 200, «position»: [0, 0]},
    {«id»: «column1», «type»: «column», «height»: 3000, «diameter»: 400, «position»: [1000, 500]}],
  «edges»: [
    {«from»: «wall1», «to»: «column1», «relation»: «adjacent»}],
  «views»: [{
    «view_id»: «view1»,
    «focus_elements»: [«wall1», «column1»],
    «orientation»: «vertical»,
    «scale»: 100,
    «target»: «structural»}] ... ]
}, ...]
```

Рис. 8. Характеристики информационной модели и ее компонентов в виде JSON-объектов

На рис. 8 в верхнем уровне иерархии представлена модель с ее ключевыми характеристиками. Далее идет список узлов в виде конструкций и их характеристик, после – список ребер, соединяющих определенные узлы и их характеристики, а в конце в обучающей выборке также находится список видов и их характеристики, как целевой параметр.

Выводы

По итогам предварительного исследования можно сделать следующие выводы:

Сформулирована проблема недостаточного уровня автоматизации процесса формирования чертежей;

Выполнен обзор существующих на данный момент инструментов, позволяющих в какой-то степени автоматизировать процесс формирования чертежей. Выявлены недостатки и сформирована потребность в более универсальном решении;

Проведено исследование использования инструментов, использующих алгоритмы машинного обучения, на возможности применения в проектировании;

Сформировано предположение о возможности применения графовых нейронных сетей в задаче формирования чертежей на основе информационной модели. Также приведена начальная структура данных, необходимых для работы нейронной сети.

Заключение

Степень автоматизации процесса формирования чертежей на данный момент очень низкая, даже при наличии различных инструментов, решающих множество небольших подзадач, в связи с чем есть поле для исследований применимости нейронных сетей, которые могут “увидеть” в проектах зданий особенность и сформировать результат так, как это сделал бы человек. Данное решение можно найти путем создания модели на основе графовых нейронных сетей по причине их схожести со структурой информационных моделей зданий и сооружений, но необходимо корректно сформировать структуры нейронной сети и данных, которые ей будут обрабатываться.

Литература

1. Kim Y., Chin S., Choo S. Rule-based automation algorithm for generating 2D deliverables from BIM // Journal of Building Engineering. 2024. (97). № 111033.
2. ModPlus: офиц. сайт. – URL: <https://modplus.org/ru/> (дата обращения: 28.11.2024).
3. Власова Е. Л., Власова М. Л., Боровикова Н. В., Карелин Д. В. Искусственный интеллект в архитектурно-градостроительном проектировании // Architecture and Modern Information Technologies. 2023. № 4(65). С. 311–324. DOI: 10.24412/1998-4839-20234-311-324.
4. Гиманова Е. П. Трансформация архитектурного проектирования с помощью нейронных сетей // Сборн. науч. тр. III Всерос. (нац.) науч. конф. с междунар. участием «Российская наука, инновации, образование». Красноярск, 2024. С. 94–101. EDN: PQRUXS.
5. Spasio: офиц. сайт. – URL: <https://spacio.ai> (дата обращения: 28.11.2024).
6. Корабельникова Д. П., Осинцев К. В., Приходько Ю. С., Никитина Д. И. Особенности применения нейросетевых алгоритмов при решении задачи регулирования отпуска теплоты // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере. 2021. Т. 9. № 1. С. 60–67. EDN: GXLLEK.
7. Austern G., Bloch T., Abulafia Y. Incorporating Context into BIM-Derived Data—Leveraging Graph Neural Networks for Building Element Classification // Buildings. 2024. Vol. 14(2). P. 527. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings14020527>.
8. Simon J. D. Prince Understanding Deep Learning. 255 Main Street, 9th Floor, Cambridge, MA 02142 MIT Press, 2024. P. 240–243.

УДК 514.182.7

Виктор Анатольевич Короткий,

д-р техн. наук, доцент

Елена Сергеевна Студенова,

преподаватель

Екатерина Александровна Усманова,

канд. техн. наук, доцент

Людмила Ивановна Хмарова,

канд. техн. наук, доцент

(Южно-Уральский государственный университет)

E-mail: ospolina@mail.ru,

studenovaes@susu.ru,

usmanovaea@susu.ru,

khmarovali@susu.ru

Victor Anatolyevich Korotkiy,

Dr. Sci. Tech., Associate Professor

Elena Sergeevna Studenova,

lecturer

Ekaterina Aleksandrovna Usmanova,

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

Lyudmila Ivanovna Khmarova,

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(South Ural State University)

E-mail: ospolina@mail.ru,

studenovaes@susu.ru,

usmanovaea@susu.ru,

khmarovali@susu.ru

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АРХИТЕКТУРНОГО СТИЛЯ «МОДЕРН»

DIGITALIZATION OF ELEMENTS OF THE ARCHITECTURAL STYLE «MODERN»

Стиль «модерн» характеризуется отказом от четкой симметрии в пользу естественных природоподобных форм. Характер кривых линий в модерне очень индивидуальный. Такую линию трудно скопировать, сохранив ее индивидуальность. Механическое копирование посредством указания ряда точек оригинала с последующей интерполяцией не приводит к хорошему результату.

В статье предлагается способ аппроксимации, основанный на замене оригинальной линии сегментами кубических кривых Безье. Сегменты соединяются с гладкостью G1 (непрерывное изменение первой производной) либо с гладкостью G2 (непрерывное изменение кривизны). В результате аппроксимации получается «цифровой портрет» кривой линии. Рассмотрены примеры аппроксимации узоров стиля «модерн». Погрешность (отношение отклонения к длине хорды) составила менее 0,5 %.

Ключевые слова: природоподобная кривая, аппроксимация, кубическая кривая Безье, гладкость составной кривой.

The Art Nouveau style is characterized by a rejection of clear symmetry in favor of natural, nature-like forms. The character of curved lines in Art Nouveau is very individual. It is difficult to copy such a line while maintaining its individuality. Mechanical copying by specifying a series of points of the original and then interpolating does not lead to a good result.

The article proposes an approximation method based on replacing the original line with segments of cubic Bezier curves. The segments are connected with either G1 smoothness (continuous change of the first derivative) or G2 smoothness (continuous change of curvature). The result of the approximation is a «digital portrait» of the curved line. Examples of approximation of Art Nouveau style patterns are considered. The error (the ratio of deviation to chord length) was less than 0,5 %.

Keywords: nature-like curve, approximation, cubic Bezier curve, smoothness of a composite curve.

Введение

Стиль «модерн» характеризуется отказом от четкой симметрии в пользу естественных природоподобных форм [1, 2]. Линия модерна эмоциональна, имеет всплески и угасания. Например, «удар хлыста» можно трактовать как угасание движения. Характер

кривых линий в модерне очень индивидуальный. Такую линию трудно скопировать, сохранив ее напряжение. Механическое копирование посредством указания ряда точек, принадлежащих оригиналу, не приводит к хорошему результату. Дело в том, что линия модерна, начерченная дизайнером от руки, имеет ненулевую толщину. Указание точек «внутри» линии с последующей интерполяцией не может передать ее текучую динамику. Человеческий глаз замечает самые незначительные погрешности интерполяции, которые неизбежно возникают при замене непрерывной линии дискретным рядом точек.

Таким образом, получение цифровых копий линий модерна встречает определенные затруднения.

В статье предлагается способ оцифровки, основанный на аппроксимации – замене графически заданной незакономерной кривой набором некоторых закономерных кривых, описываемых алгебраическими уравнениями [3, 4]. Очевидно, при этом объем информации значительно сокращается, так как отпадает необходимость хранить большой массив точек, принадлежащих оригинальной кривой. Достаточно запомнить коэффициенты уравнений аппроксимирующей линии.

Постановка задачи и метод решения

Имеется графически заданная незакономерная линия, характеризующаяся значительным изменением кривизны: участки малой кривизны сменяются сильно искривленными участками. Кроме этого, присутствуют участки, содержащие точку перегиба [5]. В точке перегиба кривизна линии равна нулю. Требуется найти набор функций, аппроксимирующих (заменяющих) исходную незакономерную кривую. Точность аппроксимации должна быть такова, чтобы при наложении цифровая копия совпадала с оригинальной кривой в пределах ее толщины.

Первое решение (гладкость G1)

Отмечаем на исходной кривой характерные точки R_i , в которых участки малой кривизны перетекают в участки большой кривизны. В этих точках фиксируем касательные к оригиналу. Получаем набор точек с указанными в этих точках касательными. Исходная кривая оказывается разделена на сегменты. Каждый сегмент задан граничными точками с указанными в этих точках касательными. Такой сегмент может быть описан кубической кривой в форме Безье

$$r_i(t) = (1-t)^3 R_{i-1} + 3t(1-t)^2 Q_i + 3t^2(1-t) P_i + t^3 R_i, t \in [0,1], \quad (1)$$

где i – номер сегмента; R_{i-1}, R_i – начальная и конечная точки i -го сегмента; Q_i, P_i – первая и вторая управляющие точки i -го сегмента, инцидентные указанным касательным [6, 7, 8]. Перемещая управляющие точки Q_i, P_i по касательным, добиваемся совпадения оригинала и кубической кривой (1).

Повторяя эти действия для каждого сегмента, получаем кусочно-кубическую функцию, непрерывную до первых производных (гладкость G1). Гладкость G1 означает, что в узловых точках соединяемые сегменты имеют общую касательную (одинаковую первую производную).

Такой способ аппроксимации может быть назван «автономной аппроксимацией», так как каждый участок оригинальной кривой аппроксимируется автономно, независимо от других участков.

Выбор кубической кривой обусловлен ее свойством минимизировать энергию изгиба, то есть наилучшим образом приближаться к реальным природоподобным кривым, характерным для линий модерна. Процитируем работу [7, стр. 135]: «С точки зрения математика, такая кривая имеет минимальную среднюю квадратичную кривизну; в этом смысле она «наиболее гладкая» из тех, что проходят через заданные точки».

Пусть требуется сформировать цифровую модель графически заданной линии (рис. 1). На рис. 1, *слева*, показана оригинальная кривая. Указываем узловые точки $R_0, R_1, \dots, R_{21}$, делящие кривую на 21 участок (рис. 1, *справа*). Каждый участок заменяем сегментом кривой Безье. Сегмент Безье однозначно определен парой граничных (узловых) точек и управляющими точками Q, P . Например, сегмент $R_5 - R_6$ зафиксирован управляющими точками Q_6, P_6 . Положение управляющих точек определяется в режиме диалога с графическим редактором: пользователь ПК перемещает управляющие точки, а программный модуль перестраивает сегмент Безье и вычерчивает его на экране монитора [9, 10]. Пользователь визуально добивается совпадения сегмента Безье с оригиналом. Как правило, удовлетворительное совпадение достигается за три-четыре итерации.

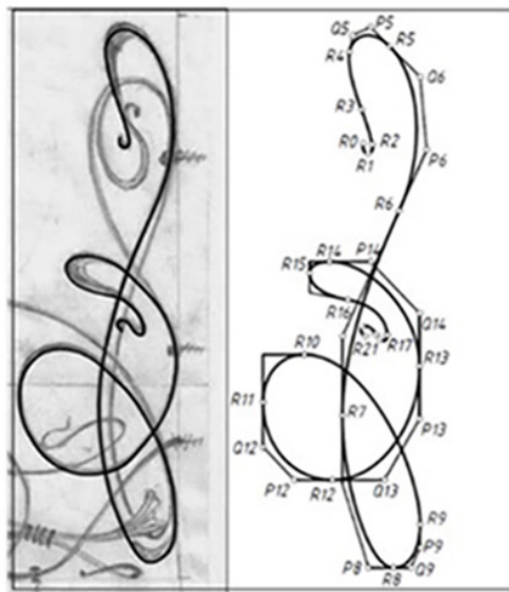


Рис. 1. Оригинальная кривая и ее цифровая копия

Для реализации диалога составлен программный модуль на языке Lisp, позволяющий указывать на экране монитора узловые и управляющие точки сегмента и вычерчивать кривую Безье в соответствии с уравнением (1). Диалог прекращается, когда, по мнению пользователя, достигнуто совпадение расчетного сегмента с участком оригинальной кривой.

Указанные действия выполняются для каждого сегмента. Если имеется 21 сегмент, то получаем составную кубическую кривую, вполне определенную узловыми точками $R_0, \dots, R_{21}$ (22 узловые точки) и управляющими точками Q, P (42 точки, по две точки

на каждый сегмент). Таким образом, полный цифровой портрет кривой, показанной на рис. 1, содержит 64 точки.

Второе решение (гладкость G2)

Отметим недостаток рассмотренного способа оцифровки. Дело в том, что природоподобные кривые, характерные для стиля «модерн», обладают высокой степенью гладкости [11]. Кривизна таких линий меняется плавно (без скачков). При делении линии на сегменты с автономной аппроксимацией каждого сегмента (независимо от соседних сегментов), это свойство не принимается во внимание.

Рассмотрим алгоритм, позволяющий повысить гладкость соединения сегментов [12]. Пусть имеется сегмент Безье R_0-R_1 , аппроксимирующий соответствующий участок оригинала (рис. 2, *слева*). К этому сегменту требуется присоединить сегмент R_1-R_2 , обеспечив не только визуальное совпадение с оригинальной кривой на участке R_1-R_2 , но и гладкость G2 в точке стыка R_1 . Гладкость G2 означает, что в стыковой точке соединяемые сегменты имеют одинаковую кривизну. Задача сводится к поиску кривой Безье, инцидентной точкам R_1, R_2 , имеющей наперед заданные касательные τ_1, τ_2 в этих точках и фиксированную кривизну в своей начальной точке R_1 (равную кривизне сегмента R_0-R_1 в точке R_1).

Введем в рассмотрение локальную систему координат XY с началом в точке Q_1 и осью X , проходящей через узловую точку R_1 (рис. 2, *справа*). Произвольным образом указываем одну из управляющих точек второго сегмента. Например, укажем на касательной τ_2 управляющую точку P_2 . В системе координат XY определяем локальные координаты точек $R_1(X_1, Y_1)$, $P_1(X_{P1}, Y_{P1})$, $P_2(X_{P2}, Y_{P2})$. По формуле

$$\lambda_1^2 = 1 + \frac{Y_{P2}}{Y_{P1}} \left(\frac{X_{P1}}{X_1} - 1 \right) - \frac{X_{P2}}{X_1} \quad (2)$$

вычисляем параметр λ_1 . Затем в соответствии с формулой

$$|R_1Q_2| = \lambda_1 |R_1P_1| \quad (3)$$

отмечаем управляющую точку Q_2 на касательной τ_1 . Формой добавляемого сегмента можно управлять, изменяя положение управляющей точки P_2 на касательной τ_2 .

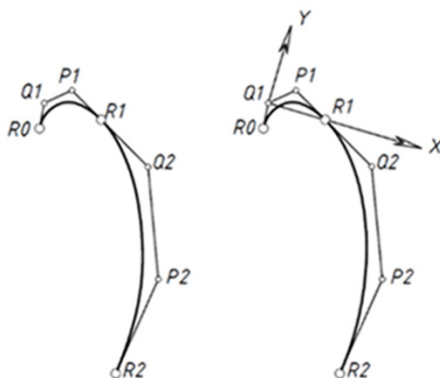


Рис. 2. Гладкость G1 и G2

Оценка точности аппроксимации

В качестве примера рассмотрим участок оригинальной кривой от точки R_0 до точки R_2 . Этот участок разделен точкой R_1 на две части. На рис. 2, слева показан результат автономной аппроксимации участков R_0-R_1 и R_1-R_2 сегментами кривых Безье. Положение управляющих точек Q_1, P_1 первого сегмента выбрано таким образом, чтобы обеспечить визуальное совпадение этого сегмента с участком оригинальной кривой. Точно так же выбраны управляющие точки Q_2, P_2 второго сегмента.

Получена двухсекционная кривая Безье, практически совпадающая с оригиналом: кривая Безье и линия модерна неразличимы. Отличие кривых можно заметить лишь при большом увеличении (см. рис. 2, слева).

Погрешность аппроксимации (абсолютная ошибка, отнесенная к хорде сегмента) составила менее 0,3 %. Тем не менее, расчет кривизны показывает, что в точке R_1 кривизна составной кривой Безье меняется скачком: от значения $K = -0,0403$ (слева от точки R_1) до значения $K = -0,0397$ (справа от точки R_1), что не соответствует природе оригинала.

Сохранив сегмент Безье R_0-R_1 и управляющую точку P_2 сегмента R_1-R_2 , рассчитаем положение управляющей точки Q_2 , исходя из требования G2-гладкого соединения сегментов. Расчет выполняется в соответствии с выражениями (2), (3). В результате получаем равенство кривизны слева и справа от стыковой точки R_1 . При этом форма сегмента R_1-R_2 изменилась настолько незначительно, что визуально это изменение заметить практически невозможно (рис. 2, справа).

Такой слабый эффект от выравнивания кривизны в стыковых точках объясняется тем, что оригинальная кривая естественным образом имеет гладкость G2. Если выполнить достаточно точную аппроксимацию с помощью автономных сегментов Безье, то аппроксимирующая составная кривая «унаследует» это свойство оригинала.

Из рассмотренного примера следует противоречивый вывод. С одной стороны, необходимо стыковать аппроксимирующие сегменты с гладкостью G2. Это соответствует природе оригинала.

Такая возможность действительно существует, хотя при этом расчет составной аппроксимирующей кривой несколько усложняется. С другой стороны, автономная аппроксимация (без сохранения кривизны в точках стыка) приводит к очень незначительным скачкам кривизны в стыковых точках, и соответственно к незначительному изменению формы аппроксимирующей кривой. Поэтому целесообразно предварительно выполнить аппроксимацию с помощью автономных сегментов Безье (гладкость G1, см. раздел «Первое решение»). Если точность такой аппроксимации не удовлетворяет пользователя, может быть использован алгоритм, обеспечивающий гладкость G2 (см. раздел «Второе решение»).

Дополнительно отметим одно свойство кубического сегмента Безье. Пусть сегмент Безье задан граничными точками R_0, R_1 , указанными в этих точках касательными τ_0, τ_1 и управляющими точками Q_1, P_1 , инцидентными указанным касательным. Если точка Q_1 находится на пересечении касательных, а точка P_1 произвольно указана на касательной τ_1 , то кривизна сегмента Безье в точке R_1 равна нулю.

Аналогично, если точка P_1 совпадает с точкой пересечения касательных, а точка Q_1 произвольно указана на касательной τ_0 , то в точке R_0 кривизна сегмента Безье равна

нулю. Отмеченное свойство позволяет аппроксимировать участки оригинальной кривой, содержащие точку перегиба (в этой точке кривизна равна нулю).

Примеры

Пример 1. Дан рисованный узор в стиле модерн (рис. 3, *слева*). Для формирования его «цифрового портрета» выделяем основные линии узора. Указываем узловые точки, делящие оригинальные линии на участки. Каждый участок заменяем сегментом Безье, добиваясь удовлетворительного совпадения сегмента Безье с соответствующим участком оригинальной кривой.

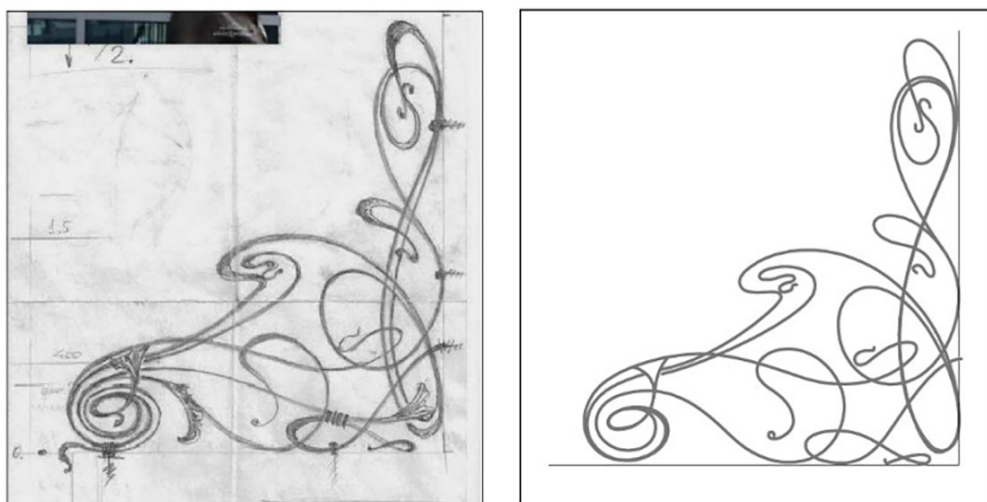


Рис. 3. Сложный узор: оригинал и цифровая копия

В рисованном узоре выделены 6 основных линий. На каждой линии указаны 15...20 узловых точек и соответственно 28...38 управляющих точек. Получаем приблизительно 100 узлов и 200 управляющих точек. Результат: получен цифровой портрет узора, содержащий около 300 точек. Визуализация цифрового портрета представлена на рис. 3, *справа*.

Пример 2. Дан двойной графический узор (рис. 4, *слева*). Узор образован двумя замкнутыми линиями. Качество изображения невысокое. Требуется выполнить реставрацию и оцифровку.

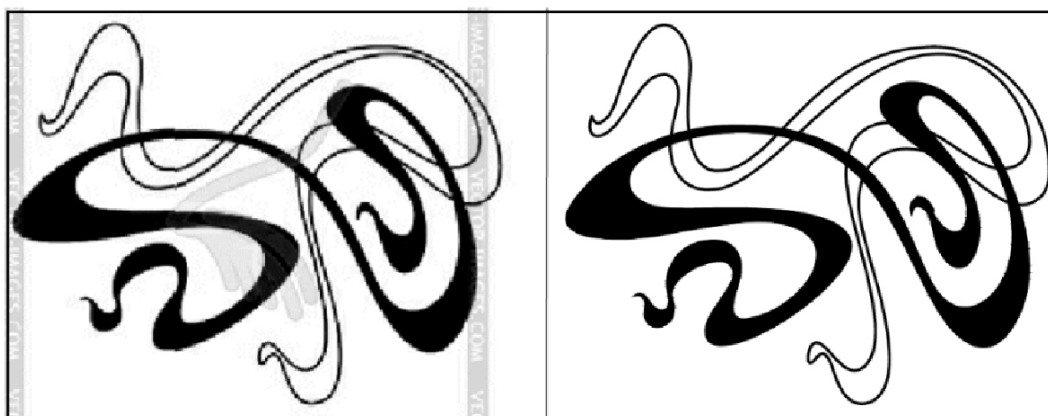


Рис. 4. Двойной узор: оригинал и цифровая копия

Аппроксимируем линии узора составными кубическими кривыми Безье, обеспечивая гладкость G1 в узловых точках. На каждой линии отмечаем 40 узловых точек и соответственно 40 касательных. Получаем 39 участков. Заменяем эти участки сегментами Безье. Получаем составную кривую Безье, аппроксимирующую линию узора. Составная кривая вполне определена указанием 40 узловых и 78 управляющих точек. Полный цифровой портрет двойного узора содержит массив из 236 точек. Цифровой узор, образованный двумя замкнутыми составными кривыми Безье, визуально неотличим от оригинала (рис. 4, *справа*). Оригинал и его цифровая копия совпадают при наложении с погрешностью менее 0,5 %.

Результаты

Цифровое описание элементов стиля модерн не заменяет аналоговые способы хранения информации в виде фотографий и рисованных копий, но может быть использовано при промышленном изготовлении декора (литые или кованные декоративные ограждения и др.). Процесс формирования цифрового портрета требует специальной программы, которая в режиме диалога вычерчивает кубическую кривую Безье по заданным узловым и управляющим точкам.

Использование стандартных опций типа «сплайн» или «кривая Безье», встроенных в графические программы (Компас, Нанокad), не рекомендуется, так как неизвестно, какой математический аппарат скрывается под этими кнопками. Полученная с помощью стандартных команд какого-либо графического редактора цифровая копия оригинала может некорректно воспроизводиться в других графических редакторах.

Обсуждение

Кубическая кривая Безье – универсальный инструмент компьютерной графики. Предложенные в статье примеры подтверждают хорошую гибкость этой кривой, ее способность подстраиваться под наперед заданную кривую. Это свойство объясняется тем, что сегмент кубической кривой на плоскости обладает двумя степенями свободы, что позволяет управлять формой сегмента, сохраняя граничные точки сегмента и касательные в этих точках. Поэтому составная кубическая кривая может аппроксимировать любую незакономерную кривую линию [13, 14].

Точность такой аппроксимации определяется количеством узловых точек, делящих оригинальную кривую на участки. Чем больше делящих точек, тем меньше длина каждого участка и тем точнее его можно заменить сегментом Безье. С другой стороны, большое количество участков нежелательно, так как увеличивается размер цифрового портрета. Приходится искать компромисс между точностью и объемом информации. Процесс поиска такого компромисса не поддается формализации.

Если дополнительно потребовать G2-гладкую стыковку сегментов Безье (с сохранением кривизны в узлах стыковки), то у каждого сегмента остается лишь одна степень свободы, так как между управляющими точками Q , P сегмента появляется функциональная зависимость (2). Расчеты показывают, что требование G2-гладкости является избыточным (см. пример 1).

Выводы

1. Кубическая кривая Безье позволяет выполнять аппроксимацию незакономерных линий стиля «модерн» с высокой точностью. В рассмотренных примерах погрешность аппроксимации (отношение абсолютного отклонения к длине хорды) составила менее 0,5%.

2. Природоподобные кривые, характерные для стиля «модерн», обладают высокой степенью гладкости. Известен вычислительный прием, позволяющий повысить гладкость составной кривой Безье, аппроксимирующей оригинал, до уровня G2 [10].

3. Принципиальный недостаток решения связан с невозможностью «поверить алгеброй гармонию». Даже самая точная аппроксимация позволяет получить лишь «скелет» рисованной кривой, не фиксируя ее переменную толщину и не передавая такие ее неформализуемые художественные свойства, как эмоциональность, динамика, напряжение. Тем не менее, цифровой портрет кривой линии может быть полезен в некоторых производственных процессах.

Литература

1. *Сарабьянов Д. В.* Стиль модерн. Истоки. История. Проблемы. М., Искусство, 1989. 293 с.
2. *Glaeser G.* Geometrie und ihre Anwendungen in Kunst, Natur und Technik. Springer Spektrum, 2014. – 508 pp.
3. *Короткий В. А., Витовтов И. Г.* Аппроксимация физического сплайна с большими прогибами // Геометрия и графика. 2021. Т. 9, № 1. С. 3–19.
4. *Короткий В. А.* Незакономерные кривые в инженерной геометрии и компьютерной графике // Научная визуализация. – 2022. Т. 14. № 1. С. 1–17.
5. *Панчук К. Л., Юрков В. Ю., Кайгородцева Н. В.* Математические основы геометрического моделирования кривых линий: учеб. пособие. Омск : Изд-во ОмГТУ, 2020. 198 с.
6. *Безье П.* Геометрические методы // Математика и САПР. 2. М. : Мир, 1989. С. 96–257.
7. *Фокс А.* Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и на производстве. М. : Мир, 1982. 304 с.
8. *Шикин Е. В., Плисс Л. И.* Кривые и поверхности на экране компьютера. М. : Диалог-МИФИ, 1996. 240 с.
9. *Короткий В. А.* Кубические кривые в инженерной геометрии // Геометрия и графика. 2020. Т. 8, № 3. С. 3–24.
10. *Короткий В. А.* Конструирование G2-гладкой составной кривой на основе кубических сегментов Безье // Геометрия и графика. 2021. Т. 9, № 2. С. 12–28.
11. *Савелов А. А.* Плоские кривые. М. : Книжный дом «Либроком», 2009. 296 с.
12. *Короткий В. А.* Конструктивные алгоритмы формирования составных кубических кривых Безье в пространстве и на плоскости // Омский научный вестник. 2022. № 2(182). С. 10–16.
13. *Короткий В. А.* Составные геометрически гладкие кубические кривые Эрмита в пространстве и на плоскости // Вестник компьютерных информационных технологий. 2022. Т. 19. № 4(214). С. 20–32.
14. *Короткий В. А., Витовтов И. Г.* Геометрическая модель физического сплайна // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Строительство и архитектура». 2021. Т. 21, № 3. С. 57–67.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 699.86

Янис Айгарсович Олехнович,
ст. преподаватель

Егор Алексеевич Шуршилин,
студент

(Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого)

E-mail: olehnovich_yaa@spbstu.ru,
shurshilin.ea@edu.spbstu.ru

Yanis Ajgarsovich Olekhnovich,
senior lecturer

Egor Alekseevich Shurshilin,
student

(Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University)

E-mail: olehnovich_yaa@spbstu.ru,
shurshilin.ea@edu.spbstu.ru

АЛГОРИТМ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В СОСТАВЕ НАРУЖНОЙ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

ALGORITHM FOR CHOOSING THE OPTIMAL SOLUTION OF THERMAL INSULATION MATERIAL AS A PART OF THE EXTERNAL ENCLOSING STRUCTURE OF A RESIDENTIAL BUILDING

Задачи разработки и обоснования проектных решений строительных конструкций в составе зданий и сооружений постоянно сопровождаются необходимостью повышения экономической эффективности применяемых в проекте материалов и изделий. В области проектирования тепловой защиты зданий и, в частности, наружных ограждающих конструкций наблюдается недостаток математического аппарата позволяющего решать задачи определения оптимальных конструктивных решений. Имеющиеся в настоящий момент результаты научных исследований в этой тематике характеризуются высокой трудоемкостью реализации алгоритмов и математических моделей обоснования и выбора конкретных проектных решений. Настоящее исследование предлагает алгоритм выбора оптимального теплоизоляционного материала в составе ограждающей конструкции, основываясь на показателях технической и экономической эффективности применения конкретных образцов, присутствующих на рынке РФ.

Ключевые слова: теплоизоляционный материал, ограждающая конструкция, энергетическая эффективность, тепловая защита зданий, оптимизационное моделирование, характеристики материалов.

The tasks of designing and substantiating design solutions for building structures as part of buildings and structures are constantly accompanied by the need to increase the economic efficiency of the materials and products used in the project. In the field of designing thermal protection of buildings and external enclosing structures, there is a lack of mathematical models or algorithms that allows solving the problems of determining optimal design solutions. The currently available results of scientific research in this field are characterized by a high labor intensity of the implementation of algorithms and mathematical models for the justification and selection of specific design solutions. This study offers an algorithm for choosing the optimal thermal insulation material as part of the enclosing structure, based on the indicators of technical and economic efficiency of the use of specific samples available on the Russian market.

Keywords: thermal insulation material, enclosing structure, energy efficiency, thermal protection of buildings, optimization modeling, material's characteristics.

Введение

Одной из основных задач в проектировании новых и реконструкции существующих зданий является достижение показателей энергетической эффективности, которые способствуют снижению затрат на отопление. Актуальность решения этой задачи подтверждается требованиями к теплотехническим характеристикам стеновых ограждений, указанными в отечественных нормативных документах.

Задача повышения энергетической эффективности зданий и сооружений в части уменьшения расходов на поддержание теплового баланса и микроклимата в здании решается применением различных теплоизолирующих материалов в составе наружных ограждающих конструкций проектируемых и существующих сооружений. При выборе конкретных решений в части теплоизоляции возникает необходимость обоснования принятых в проекте материалов и изделий как с позиции их технических характеристик, так и их стоимости.

На начальных этапах исследования был проведён верхнеуровневый обзор имеющихся научно-технических разработок в этой области, показавший, что в настоящий момент времени такие задачи решаются либо предложениями по доработке нормативных требований к конструкциям [1–9], либо реализацией алгоритмов и методик, сложность математического аппарата которых не позволяет внедрить разработанные инструментальные средства в практику реального проектирования, в ходе которого исполнители проектных решений как правило имеют сжатый временной ресурс на проведение подобных расчетов и, как следствие, не смогут внедрить эти разработки в свою практику [10–19].

Описанные проблемы делают актуальным разработку простых методик инженерных расчетов, которые бы позволили проводить экономическое обоснование инвестиций в повышение энергетической эффективности зданий с учётом совместного эффекта как технических, так и экономических показателей применяемых исследований, в чём и состоит цель данного исследования.

На первом этапе исследования авторами проведён анализ имеющихся в этой области результатов научных исследований.

Рассмотренные авторами исследования можно разделить по нескольким категориям:

Научные результаты, связанные с методическими разработками: рекомендации по усовершенствованию и актуализации нормативной документации РФ, основанные на анализе существующих требований к тепловой защите зданий и сооружений [1–4]; экономический анализ различных конструктивных решений для тепловой защиты зданий, позволяющий оценить общую и предельную полезность их применения [5]; выявление факторов, определяющих возможную степень оптимизации затрат на повышение тепловой защиты зданий [6–8]; практические рекомендации по использованию теплоизолирующих материалов для разных типов стеновых ограждений [9].

Математическое описание теплотехнических свойств различных ограждающих конструкций в зависимости от условий эксплуатации: экспериментальное обоснование теплотехнических характеристик (включая сопротивление теплопередаче) светопрозрачных конструкций [10–12]; анализ теплотерь ограждений при контакте с грунтом [13, 14]; изучение теплотехнических характеристик конструкций, выполненных из

отходов теплоэнергетики [15]; численное моделирование поведения вентилируемых фасадов в экстремальных климатических условиях [16].

Категория инструментов математического моделирования для выбора оптимального решения по тепловой защите здания: квадратичное программирование [17], линейная многофакторная оптимизация [18,19].

Большинство разработок обладают ограниченной практической значимостью по следующим причинам:

- отсутствие математических моделей, описывающих взаимосвязь между характеристиками конструктивных решений и показателями энергетической эффективности здания;
- игнорирование связи между характеристиками используемых строительных материалов и сроком окупаемости конструктивного решения;
- сильная зависимость получаемых результатов от объема и качества исходных статистических данных;
- сложность применения разработанных методик и алгоритмов для прикладных инженерных расчетов.

Для достижения цели исследования поставлены следующие задачи:

1. Разработка алгоритма для выбора оптимального решения по теплоизоляции наружных ограждающих конструкций.
2. Применение разработанного алгоритма на практическом примере.

Методы

Рассмотрим некоторый теплоизолирующий материал в составе ограждающей конструкции здания, обладающий следующими техническими характеристиками:

λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C);

δ – толщина теплоизоляционного слоя, м;

ρ – средняя плотность материала;

μ – водопоглощение материала за 24 часа по объёму;

ϕ – индекс, описывающий группу горючести материал, подразумевает задание конечного целого значения индекса от 1 до 5 в последовательности следования групп горючести по ФЗ-123: НГ, Г1, Г2, Г3, Г4.

Исходя из этих параметров определим **техническую эффективность теплоизоляционного материала T** как:

$$T = \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{1}{\mu} \cdot \frac{1}{\rho} \cdot \frac{1}{\phi} = \frac{R}{\mu \rho \phi}; \quad (1)$$

В выражении (1) R – термическое сопротивление термоизоляционного материала в составе конкретного конструктивного решения.

Пусть y – фактическая стоимость квадратного метра материала. Тогда **экономическая эффективность материала по техническим характеристикам** (эффективность вложений) есть отношение технической эффективности и фактической стоимости материала (количество эффективности за единицу затрат):

$$\vartheta_T = \frac{T}{y}; \quad (2)$$

При выборе из N образцов наиболее предпочтителен образец, отвечающий условиям:

$$\begin{cases} i = 1, 2, \dots, N \\ \vartheta_T \rightarrow \max \end{cases} \quad (3)$$

Граничные условия подразумевают наложение ограничений на значения переменных исходя из условий проектирования:

– Ограничение на толщину слоя и теплопроводность исходя из требуемого термического сопротивления слоя конструкции:

$$\frac{\delta}{\lambda} \geq R_{\text{сл.тр}}; \quad (4)$$

– Ограничение на плотность материала исходя из предельно допустимой нагрузки от слоя термоизоляции на конструкцию:

$$\rho \leq \gamma_{\text{тр}}; \quad (5)$$

– Ограничение на водопоглощение исходя из требований влагозащиты фасада:

$$\mu \leq \mu_{\text{тр}}; \quad (6)$$

– Ограничение на индекс группы горючести исходя из требований пожарной безопасности фасада:

$$\varphi \leq \varphi_{\text{тр}}; \quad (7)$$

Накладывая граничные условия получаем:

$$\begin{cases} \frac{R}{\mu \rho \varphi} \cdot \frac{1}{y} \rightarrow \max; \\ R \geq R_{\text{тр}}; \\ \mu \geq \mu_{\text{тр}}; \\ \varphi \geq \varphi_{\text{тр}}; \\ \rho \geq \rho_{\text{тр}}; \end{cases} \quad (8)$$

Введём логические коэффициенты соответствия функций граничным условиям:

$$k_R = \begin{cases} R \geq R_{\text{тр}} \rightarrow 1 \\ R < R_{\text{тр}} \rightarrow 0 \end{cases} \quad (9)$$

$$k_\mu = \begin{cases} \mu \leq \mu_{\text{тр}} \rightarrow 1 \\ \mu > \mu_{\text{тр}} \rightarrow 0 \end{cases} \quad (10)$$

$$k_\rho = \begin{cases} \rho \leq \rho_{\text{тр}} \rightarrow 1 \\ \rho > \rho_{\text{тр}} \rightarrow 0 \end{cases} \quad (11)$$

$$k_{\varphi} = \begin{cases} \varphi \leq \varphi_{\text{тр}} \rightarrow 1 \\ \varphi > \varphi_{\text{тр}} \rightarrow 0 \end{cases} \quad (12)$$

Тогда с учётом этих коэффициентов эффективность с учетом граничных условий:

$$\begin{cases} \mathfrak{E}_T^k = \frac{R}{\varphi \mu \rho} \cdot \frac{1}{y} \cdot k_R \cdot k_{\varphi} \cdot k_{\mu} \cdot k_{\rho} \rightarrow \max; \\ \mathfrak{E}_T^k > 0 \end{cases} \quad (13)$$

Схема реализации алгоритма представлена на рисунке.

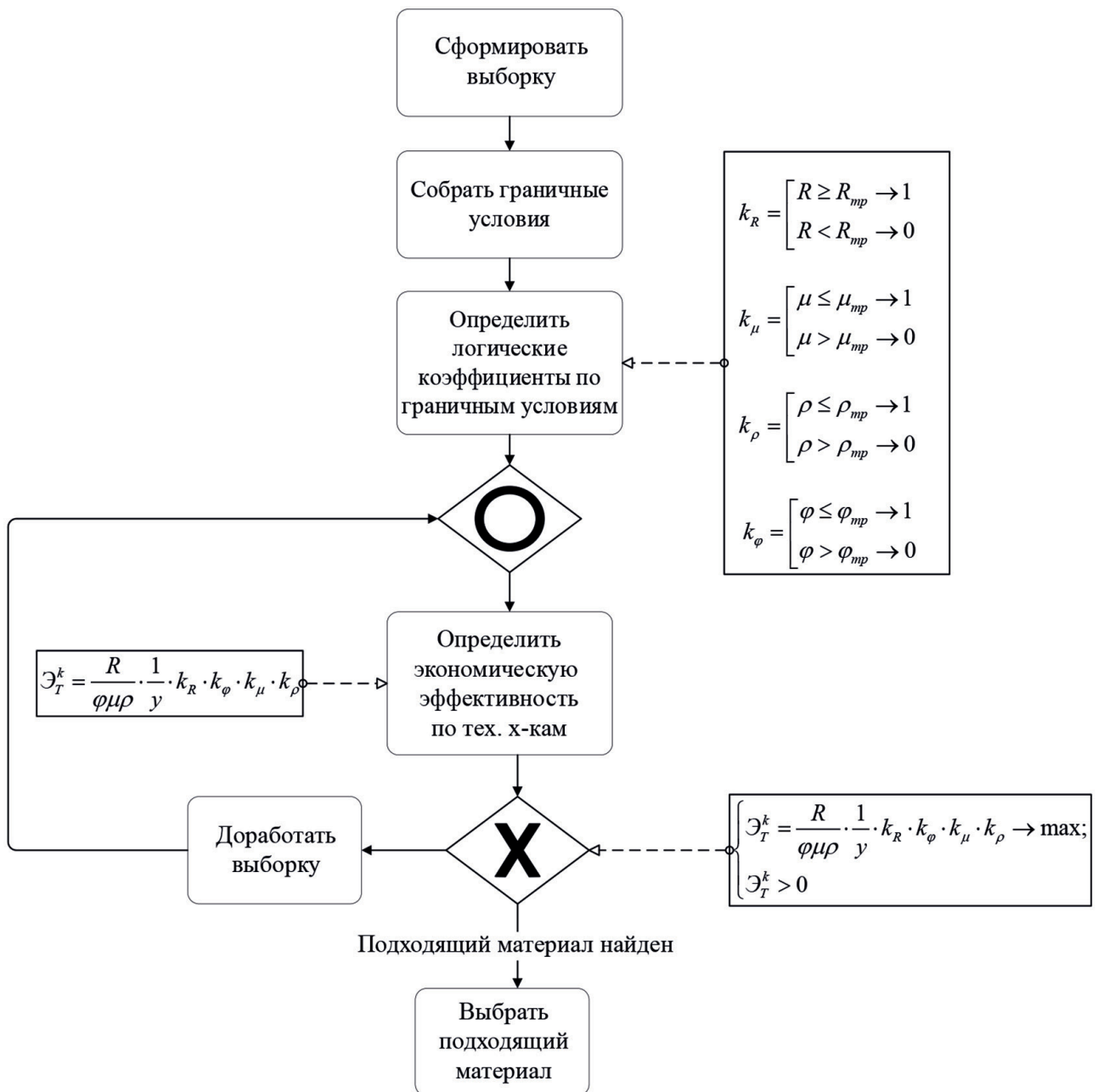


Схема реализации алгоритма

Результаты

Практическая реализация алгоритма производится на примере выборки материалов различных производителей, представленной в табл. 1. К каждому материалу в таблице 1 даны входные данные для алгоритма, описанные ранее. В табл. 2 представлены расчетные данные о технической и экономической эффективности применения материалов.

Логические коэффициенты из граничных условий (9) – (12) рассчитываются исходя из следующих данных:

Требуемое сопротивление теплопередаче слоя конструкции: не менее 1,25 Вт/(м·°C);

Требуемая плотность материала: не более 15 кг/м³;

Требуемая влагопроницаемость материала: не более 1 %;

Требуемая группа горючести материала: НГ.

Таблица 1

Значения технических и стоимостных характеристик образцов теплоизоляционного материала, используемых в процессе реализации аналитической модели

Индекс	Наименование образца теплоизоляционного материала	Значение параметра теплоизоляционного материала с индексом (j)					Удельная стоимость
		1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>l</i>	—	λ	δ	ρ	μ	φ	γ_l
—	—	$\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$	м	кг/м³	%	—	$\frac{\text{руб.}}{\text{м}^2}$
1	ISOVER Теплый Дом Твин, 5490x1220x50 мм	0,041	0,05	11	1	1	55
2	URSA Geo M-11, 7000x1200x50 мм	0,04	0,05	11	1	1	57
3	URSA Универсальный, 1250x600x50 мм	0,036	0,05	16	1	1	58
4	URSA Geo Лайт, 6250x1200x50 мм	0,044	0,05	11	1	1	58
5	URSA Geo П-15, 1250x610x50 мм	0,037	0,05	15	1	1	60
6	KNAUF ECOROLL, 1000x610x50 мм	0,04	0,05	12	1	1	61
7	KNAUF ECOROLL Рулон, 6800x610x50 мм	0,039	0,05	10,5	1	1	61
8	ISOVER Классик Плюс, 1200x610x50 мм	0,038	0,05	15	1	1	62
9	ISOVER Теплый Дом Плита, 1170x610x50 мм	0,038	0,05	13,5	1	1	62
10	ISOVER Профи, 6000x1220x50 мм	0,04	0,05	14	1	1	63
11	ROCKWOOL Эконом, 1000x600x50 мм	0,039	0,05	26	1	1	63

Окончание табл. 1

Индекс	Наименование образца теплоизоляционного материала	Значение параметра теплоизоляционного материала с индексом (<i>j</i>)					Удельная стоимость
		1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>l</i>	—	λ	δ	ρ	μ	φ	y_l
—	—	$\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$	м	кг/м ³	%	—	$\frac{\text{руб.}}{\text{м}^2}$
12	URSA Terra, 1250×610×50 мм	0,036	0,05	16	1	1	64
13	KNAUF ECOROLL Плита, 1230×610×50 мм	0,04	0,05	12,5	1	1	65
14	KNAUF ECOROLL Экстра Плита, 1230×1220×50 мм	0,037	0,05	11	1	1	66
15	KNAUF ECOROLL Термо Плита, 1230×610×50 мм	0,04	0,05	12,5	1	1	67

Таблица 2

**Результаты применения алгоритма выбора оптимального конструктивного решения
в зависимости от технических характеристик теплоизоляционного материала
и его удельной стоимости**

Индекс	Наименование образца теплоизоляционного материала	Техническая эффективность, T	Коэффициенты граничных условий				Экономическая эффективность	
			k_R	k_φ	k_μ	k_ρ	Без учета гр. условий	С учётом гр. условий
1	ISOVER Теплый Дом Твин, 5490×1220×50 мм	0,1109	0	1	1	0	0,00202	0
2	URSA Geo M-11, 7000×1200×50 мм	0,1136	0	1	1	0	0,00199	0
3	URSA Универсальный, 1250×600×50 мм	0,0868	1	1	1	1	0,00150	0,00149
4	URSA Geo Лайт, 6250×1200×50 мм	0,1033	0	1	1	0	0,00178	0
5	URSA Geo II-15, 1250×610×50 мм	0,0901	1	1	1	1	0,00150	0,00150
6	KNAUF ECOROLL, 1000×610×50 мм	0,1042	0	1	1	0	0,00171	0
7	KNAUF ECOROLL Рулон, 6800×610×50 мм	0,1221	1	1	1	0	0,00200	0
8	ISOVER Классик Плюс, 1200×610×50 мм	0,0877	1	1	1	1	0,00141	0,00141
9	ISOVER Теплый Дом Плита, 1170×610×50 мм	0,0975	1	1	1	0	0,00157	0

Индекс	Наименование образца теплоизоляционного материала	Техническая эффективность, T	Коэффициенты граничных условий				Экономическая эффективность	
			k_R	k_Φ	k_μ	k_p	Без учета гр. условий	С учётом гр. условий
10	ISOVER Профи, 6000×1220×50 мм	0,0893	0	1	1	0	0,00142	0
11	ROCKWOOL Эконом, 1000×600×50 мм	0,0493	1	1	1	1	0,00078	0,00078
12	URSA Terra, 1250×610×50 мм	0,0868	1	1	1	1	0,00136	0,00135
13	KNAUF ECOROLL Плита, 1230×610×50 мм	0,1000	0	1	1	0	0,00154	0
14	KNAUF ECOROLL Экстра Плита, 1230×1220×50 мм	0,1229	1	1	1	0	0,00186	0
15	KNAUF ECOROLL Термо Плита, 1230×610×50 мм	0,1000	0	1	1	0	0,00149	0

В результате реализации алгоритма получено оптимальное конструктивное решение конструкции с учётом граничных условий – теплоизоляционный материал URSA Geo П-15, 1250×610×50 мм.

Обсуждение

Согласно полученным результатам, можно утверждать состоятельность полученного алгоритма определения оптимального конструктивного решения наружной ограждающей конструкции жилого здания. Полученная модель предлагает математически емкое решение задачи выбора оптимального теплоизолирующего материала, позволяющее связать воедино проектные требования к конструкции с техническими характеристиками и удельной стоимостью решений, представленных на рынке. Полученная методика может быть полезна как при проектировании зданий и сооружений, так и при последующем обосновании принятых проектных решений и конъюнктурном анализе рынка теплоизоляционных материалов.

Выводы

В процессе выполнения работы получены следующие результаты:

1. Произведен обзор и анализ научных работ в области обоснования характеристик ограждающих конструкций. На основании проведенного анализа сделан вывод о недостаточной проработанности темы обоснования затрат на применение конкретных конструктивных решений с учётом технических характеристик материалов.
2. Разработан алгоритм выбора оптимального теплоизоляционного материала по его техническим характеристикам в зависимости от его удельной стоимости.

Литература

1. Горшков А. С. Анализ действующих требований и методик по тепловой защите зданий / А. С. Горшков, С. В. Корниенко // Энергосбережение. – 2018. – №3. – С. 28–37.
2. Горшков А. С. Замечания и предложения по корректировке свода правил «Тепловая защита зданий» / А. С. Горшков, С. В. Корниенко // Кровельные и изоляционные материалы. – 2018. – № 5. – С. 42–47.
3. Горшков А. С. Предложения по совершенствованию нормативных требований к ограждающим конструкциям / А. С. Горшков // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2017. – № 1–2 (216–217). – С. 49–52.
4. Крышов С. И. О фактических показателях энергоэффективности зданий. Причины и пути устранения несоответствия нормативам / С. И. Крышов, И. С. Курилюк // Энергосбережение. – 2018. – № 4. – С. 38–45.
5. Стахов А. Е. Экономическая оценка конструктивных решений тепловой защиты зданий / А. Е. Стахов, А. А. Андреев // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2018. – № 4. – С. 42–47. – EDN UQQGPG.
6. Ковалев И. Н. Особенности оптимизации толщины утеплителя наружных стен зданий. Системные аспекты / И. Н. Ковалев, Ю. А. Табунщиков // Энергосбережение. – 2017. – № 8. – С. 22–32. – EDN ZUGLL.
7. Мальцев А. Н. Определение оптимальной степени усиления элементов теплозащитной оболочки малоэтажных жилых домов / А. Н. Мальцев // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7092. Дата доступа: 06.03.2025
8. Окунев А. Ю. Оптимизация утепления наружных стен на примере частных жилых домов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 1. С. 126–139.
9. Increasing the Energy Efficiency of Ventilated Facades Using Different Insulators / D. Kraynov, G. Medvedeva, R. Sadykov, A. Ibragimova // Proceedings of STCCE : International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering 2022 : Lecture Notes in Civil Engineering, Kazan, 21–29 апреля 2022 года. Vol. 291. – Switzerland: Springer Nature, 2022. – P. 299–309. – DOI 10.1007/978-3-031-14623-7_26. – EDN PPGKMS.
10. Крайнов Д. В. Сравнение оконных блоков по светотехническим и теплотехническим параметрам / Д. В. Крайнов, Д. Р. Гарифуллина // Экологическая безопасность и устойчивое развитие урбанизированных территорий : Сборник докладов II Международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 23–25 апреля 2019 года / Редколлегия: А. А. Лапшин [и др.]. – Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. – С. 313–317. – EDN CUBZOE.
11. Крайнов Д. В. Теплопоступление и теплопотери через стеклопакеты / Д. В. Крайнов, А. О. Салеева // Экологическая безопасность и устойчивое развитие урбанизированных территорий : Сборник докладов II Международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 23–25 апреля 2019 года / Редколлегия: А. А. Лапшин [и др.]. – Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. – С. 347–351. – EDN DRMZSA.
12. Крайнов Д. В. Расчет приведенного сопротивления теплопередачи светопрозрачных конструкций из алюминиевых профилей / Д. В. Крайнов, И. А. Масленников // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2020. – № 4(54). – С. 35–43. – EDN KRRCUK.

13. *Liu H., Maghoul P., Shalaby A.* Optimum insulation design for buried utilities subject to frost action in cold regions using the Nelder-Mead algorithm // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2019. (130). P. 613–639. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.10.107

14. *Hoffmann C., Geissler A.* The prebound-effect in detail: Real indoor temperatures in basements and measured versus calculated U-values // *Energy Procedia*. 2017. (122). P. 32–37. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.07.301

15. *Kraynov D.* Research of thermal performance properties of the wall construction products made of materials using heat power engineering waste / D. Kraynov, G. Medvedeva // *E3S Web of Conferences Volume 274 (2021) : 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE - 2021), Kazan, 21–28 апреля 2021 года. Vol. 274.* – France: EDP Sciences, 2021. – P. 7001. – DOI 10.1051/e3sconf/202127407001. – EDN YMXDFC.

16. Numerical simulation of ventilated facades under extreme climate conditions / M. R. Petrichenko, E. V. Kotov, D. V. Nemova [et al.] // *Magazine of Civil Engineering*. – 2018. – No. 1(77). – P. 130–140. – DOI 10.18720/MCE.77.12. – EDN XPKZPN.

17. *Радаев А. Е.* Обоснование характеристик многослойной стеновой конструкции с использованием средств квадратичного программирования / А. Е. Радаев, О. С. Гамаюнова // *Строительство и техногенная безопасность*. 2021. № 22(74). С. 111–127.

18. *Гамаюнова О. С.* Обоснование стоимости утеплителей от их теплофизических характеристик // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2019. № 1(76). С. 19–29.

19. *Радаев А. Е.* Использование средств оптимизационного моделирования для обоснования характеристик энергоэффективного конструктивного решения / А. Е. Радаев, О. С. Гамаюнова, Г. А. Бардина // *Строительство и техногенная безопасность*. – 2022. – № 27(79). – С. 5–25. – EDN EXVSFS.

Раздел 3. ТРАНСПОРТ

АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ КОМПЛЕКС И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 62-932.4

Евгений Владимирович Алексеенко,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: kremedi12.22@mail.ru

Evgeniy Vladimirovich Alekseenko,
postgraduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: kremedi12.22@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ БЫСТРОВОЗВОДИМОЙ РЕМОНТНОЙ МАСТЕРСКОЙ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ПАРКА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ

DETERMINING THE CAPACITY OF A FAST-BUILT REPAIR SHOP FOR MAINTENANCE OF A FLEET OF CONSTRUCTION MACHINES IN THE FAR NORTH

На основании проведенного статистического анализа технической эксплуатации строительной техники в статье приведен расчет пропускной способности быстровозводимой ремонтной мастерской (БРМ) при строительстве линейного объекта транспортного строительства парком строительных машин (ПСМ) на Крайнем Севере Российской Федерации. Проведен анализ основных первопричин отказов СМ, приводящих используемую технику в составе парка строительных работ к неплановым ремонтам (НР). Рассмотрены основные причины отказов, выводящих строительные машины (СМ) из строя в суровых климатических условиях Крайнего Севера. Рассмотрен вариант выбора ремонтного оснащения БРМ с учетом выведенного потока отказов и их трудоемкости строительных машин.

Ключевые слова: строительные машины, Крайний Север, быстровозводимые ремонтные мастерские, пропускная способность, транспортное строительство, отказы, износ, неплановый ремонт, периодичность, трудоемкость, интенсивность.

Based on the statistical analysis of technical operation of construction machinery, the article presents the calculation of the throughput capacity of a fast-built repair workshop (FBR) during the construction of a linear transportation construction facility by a fleet of construction machinery (FBC) in the Far North of the Russian Federation. The analysis of the root causes of sudden failures leading the used machinery in the construction fleet to unscheduled repairs (UR) is carried out. The main reasons of failures that put construction machines (CM) out of operation in severe climatic conditions of the Far North are considered. The variant of choice of repair equipment of BRM taking into account the deduced flow of failures and their labor intensity of construction machines is considered.

Keywords: construction machinery, Far North, fast-built repair shops, throughput, transport construction, failures, wear and tear, unscheduled repairs, periodicity, labor intensity, intensity.

Введение

На сегодняшний день активное внедрение БРМ, как подвид мастерских, относящийся к временным строениям, в производство прослеживается последние 30 лет, причем не только в строительном и в горнодобывающим направлении, а также в агропромышленном комплексе (АПК) и для военных нужд. При чем изначально данный вид временных сооружений пользовался популярностью в военном промысле, так как БРМ пригоден как для хранения техники и материалов, где под навесом проводятся необходимые ТОиР для техники, а также как для быстрого развертывания жилых помещений или медицинских и учебных центров [1].

В последние годы на Крайнем Севере и в Арктике РФ растет интерес к приобретению БРМ. При эксплуатации БРМ на Крайнем Севере возникает необходимость в оценке их пропускной способности. Это связано с уникальными климатическими условиями, удаленностью от основных транспортных узлов и специфическими требованиями к техническому обслуживанию ПСМ. Пропускной способностью БРМ является вероятность по обеспечению обслуживания СМ, подвергшихся внезапному отказу.

Факторы пропускной способности БРМ

Известно, что пропускная способность БРМ в условиях Крайнего Севера определяется следующими факторами, которые влияют на эффективность их работы [2, 3, 4]:

Конструкция и оборудование – БРМ могут быть оснащены различными видами оборудования, включая сварочные и металлообрабатывающие инструменты.

Условия эксплуатации – температура и погодные условия: Низкие температуры, сильные ветра и снегопады могут замедлять работу и увеличивать время обслуживания. В условиях Крайнего Севера сезонная навигация и изменение погодных условий могут ограничивать доступ к ресурсам и технике, что также влияет на скорость выполнения работ и доступность мастерских.

Мобильность и скорость развертывания – БРМ должны быть легкими в транспортировке и быстрыми в развертывании. Это особенно важно в условиях удаленности от основных баз обслуживания, где время простоя техники может привести к значительным потерям. Быстровозводимые конструкции, такие как надувные или каркасно-тентовые ангары, обеспечивают быструю установку и демонтаж, что особенно важно для оперативного ремонта техники.

Квалификация персонала – эффективность работы БРМ также зависит от квалификации ремонтной бригады. Высококвалифицированные специалисты могут значительно сократить время на диагностику и выполнение ремонтных работ, что в свою очередь повышает общую пропускную способность.

Организация работы – четкая организация процессов технического обслуживания и ремонта, а также наличие необходимых запасных частей и материалов на месте играют важную роль в увеличении пропускной способности мобильных ангаров. Это позволяет минимизировать время простоя и повысить общую эффективность работы.

При планировании размещения для дальнейшей эксплуатации БРМ на строительных участках прежде всего опираются на климатическую структуру региона. Суровые

климатические условия Крайнего Севера являются одной из основных первопричин появления внезапных отказов эксплуатирующей техники в составе ПСМ.

Причин появления внезапных отказов множество, однако продолжительное время эксплуатации СМ в данном регионе позволяет проанализировать и составить диаграмму удельного веса данных причин (рис. 1) [5].



Рис. 1. Диаграмма удельного веса основных видов отказов СМ при эксплуатации на Крайнем Севере (износ – 39,8 %, обрыв, срыв, разрыв – 20,3 %, трещина – 11,9 %, поломка – 5,7 %, перегорание – подгорание, замыкание – 4,9 %, закоксовывание – 3,5%, прогар – 3,9 %, срез – 0,9 %, задир – 0,3 %, заедание – 0,3 %)

Как видно на диаграмме, основной причиной внезапных отказов является износ (39,8 %), он является наиболее частым явлением при эксплуатации СМ на Крайнем Севере. Появление износа сопровождается следующими эксплуатационными условиями:

Механическое воздействие нагрузок на детали машин. Детали рабочих органов чаще всего сталкиваются с воздействием механических нагрузок, подвергаясь абразивному износу из-за контакта с грунтом.

Коррозия и химические воздействия. Влияние агрессивных сред, таких как влага или химические вещества, может ускорять коррозию металлических частей СМ, что способствует износу.

Неправильная эксплуатация СМ. Нарушение правил эксплуатации, перегрузки, несвоевременное ТОиР, что характерно для работы на Крайнем Севере, приводит к быстрому износу;

Также причиной возникновения износа считается усталостное явление – постоянные циклические нагрузки вызывают усталостное разрушение материалов.

Соответственно, износу подвергаются вся машина в целом, но основной удар идет на такие системы, как двигатель, тормозная и гидравлическая системы [6]. Снижение интенсивности появления износа выполняется за счет грамотного планирования ТОиР и четкому следованию их графика.

При достаточном оснащении в БРМ возможно производить большой пласт ремонтных работ и работ по техническому обслуживанию. При обслуживании тяжелой техники, используя БРМ, такие как экскаваторы или бульдозеры, габаритные размеры быстровозводимой мастерской будут от 10 метров по ширине и от 20 метров в длину [7]. В условиях промышленного предприятия размеры БРМ могут достигать сотни квадратных метров, так как ангары выполняют не только функцию «гаража», но также способны укрывать СМ от сильных циклонов или быть местом для складирования оборудования.

При условии, что строительная техника обычно работает на отказ при эксплуатации на Крайнем Севере, необходимо распланировать и распределить возможные проводимые неплановые ремонты для выбранного ПСМ. Однако для этого необходимо произвести ряд следующих аналитических поисков:

1. Обзавестись номенклатурой ПСМ, его сроком эксплуатации, типы, количество единиц подвижного состава, среднесуточным пробегом по маркам, режимом работы подвижного состава. А также выбрать дорожные и климатические условия эксплуатации. Исходные данные берутся из открытых источников. Данная информация необходима для расчета результирующих коэффициентов корректирования нормативов периодичности и трудоемкости ТОиР [8];

2. На основе данных из свободных источников выявить и проанализировать основные виды неплановых ремонтов узлов и оборудования для выбранного ПСМ, распределить по средней наработке и трудоемкости. В дальнейшем провести корректирование нормативов наработки и трудоемкости, так как типовые нормы рассчитаны для СМ, эксплуатирующихся в условиях центральной природно-климатической зоне РФ;

3. С помощью выявленных средней наработки и трудоемкости НР узлов СМ через формулу обратной зависимости возможно выявить и проанализировать интенсивность отказов и интенсивность восстановлений НР.

В табл. 1 предоставлены откорректированные значения периодичности и трудоемкости гипотетического ПСМ, а также выявленные интенсивности потока отказа и восстановлений парка:

Таблица 1
Таблица средней наработки ИР и их средней трудоемкости, откорректированные под условия эксплуатации Крайнего Севера

Строительные машины	Основные узлы и системы	Возможные неплановые ремонты	Средняя наработка на отказ (откорректированная)		Средняя трудоемкость, откорректированная (часы)	Интенсивность потока отказов, λ ч-1	Интенсивность восстановления, μ ч-1
			моторы	моточасы			
КамАЗ 5490	двигатель	замена или ремонт турбокомпрессора, ремонт топливной системы	2450		32,5	0,000408163	0,030769231
	подвеска	замена амортизаторов, ремонт рессор	817		16	0,00122449	0,061538462
	тормозная система	ремонт тормозных цилиндров, замена колодок	653		10	0,001530612	0,102564103
бульдозер Komatsu d275a	ходовая часть	замена гусениц, ремонт направляющих щитков	4410		23	0,000226757	0,043956044
	гидравлическая система	ремонт гидроцилиндров, замена гидравлических шлангов	3430		16	0,000291545	0,061538462
	двигатель	ремонт системы охлаждения, замена прокладок	4900		39	0,000204082	0,025641026
экскаватор Hitachi zx330-5g	гидравлическая система	ремонт гидравлических насосов, замена уплотнений	1717		19,5	0,000582342	0,051282051
	ходовая часть	замена гусеничных башмаков, ремонт катков	1472		16	0,000679366	0,061538462
	электрическая система	ремонт или замена датчиков и проводки	2940		13	0,000340136	0,076923077
кран КамАЗ-55713-1	гидравлическая система	ремонт гидронасосов, замена гидравлических фильтров	4410		13	0,000226757	0,076923077
	крановая установка	ремонт телескопической стрелы, замена тросов	3920		23	0,000255102	0,043956044
	шасси	ремонт подвески, замена карданных валов	817		16	0,00122449	0,061538462

В зависимости от вида ремонта и узла СМ происходит распределение по сложности проведения НР. Данная таблица позволяет сделать более точный выбор по выбору необходимого оборудования для ТОиР, а также скорректировать распределение СМ по объекту таким образом, чтоб избежать непреднамеренных отказов в удаленности от ремонтных мастерских.

Диаграмма интенсивности внезапных отказов выбранного ПСМ в условиях эксплуатации на Крайнем Севере будет следующая (рис. 2):

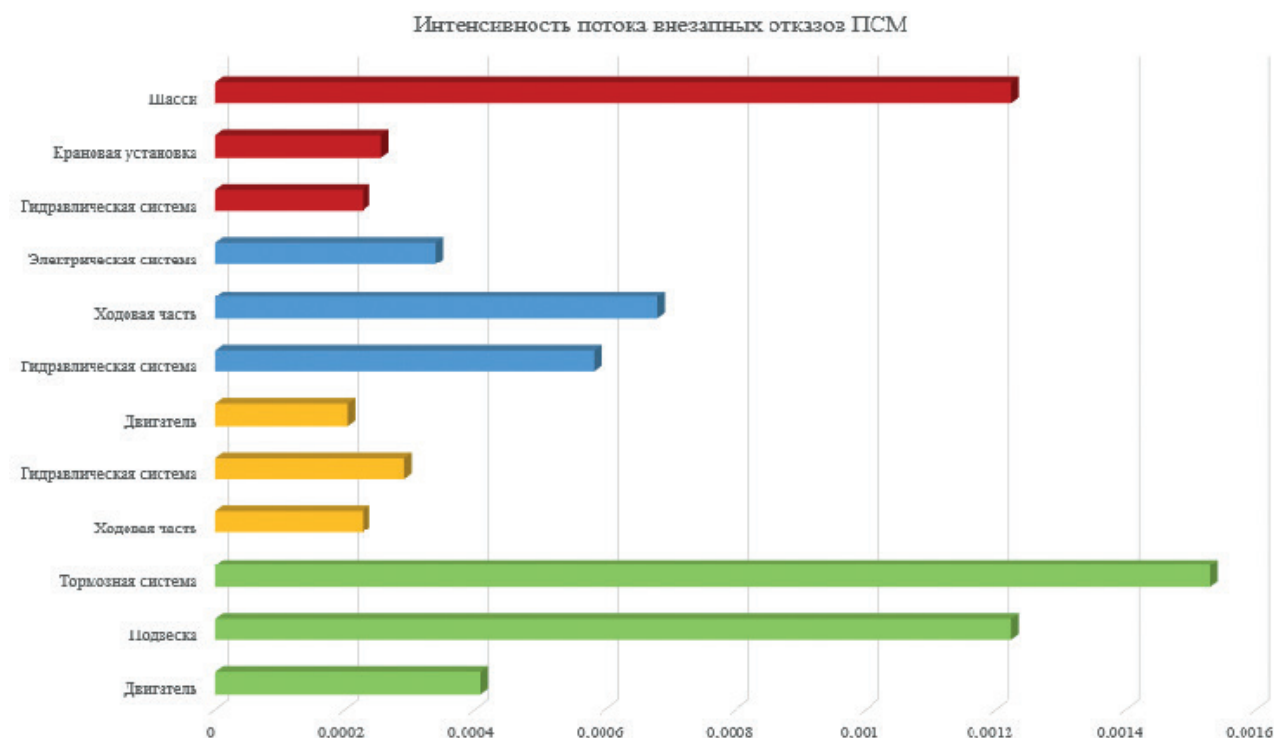


Рис. 2. Диаграмма интенсивности внезапных отказов ПСМ (где столбцы зеленого цвета – интенсивность потока внезапных отказов КамАЗ-5490, оранжевый – Komatsu D275A, синий – Hitachi ZX330-G, красный – кран КамАЗ-55713-1)

Из расчета следует, что наиболее чаще выходит из строя и приводит к НР тормозная система и подвеска КамАЗ-5490, а также подвеска пневмоколесного крана КамАЗ-55713-1, однако, трудоемкость данных ремонтов, напротив, по сравнению с другой техникой не велика. В соответствии с этим, при планировании формирования и расположения БРМ на строительном объекте необходимо оснастить мастерскую в первую очередь тем ремонтным оборудованием, которое позволит устранить НР.

Определение пропускной способности БРМ

При планировании организации работ БРМ важно понимать один из основных аспектов – применение теории массового обслуживания может помочь в моделировании потока заявок и определении вероятности отказа в обслуживании [9]. Это позволит более точно спрогнозировать загрузку мастерской и оптимизировать процесс ТОиР.

Так как в составе парка машин неплановые отказы протекают хаотично, а, следовательно, и поток заявок на ремонт, предугадать их чаще всего не так легко, то при расче-

те пропускной способности БРМ прибегают к теории массового обслуживания (ТМО) – данная теория является основным методом при прогнозировании загрузки ремонтных мастерских. Метод основывается на оценке вероятности отказа при эксплуатации ПСМ и определение необходимого количества ремонтных постов, персонала, а также ремонтного оборудования для поддержания ПСМ в рабочем состоянии.

Если рассматривать эксплуатацию БРМ при проведении неплановых ремонтов, где, например, количество ремонтных постов – 4 шт., на которых поступает поток заявок от каждой СМ из парка с определенной интенсивностью (табл. 1), то БРМ можно рассматривать, как многоканальную СМО с отказами, так как при загрузенности всех четырех постов система не сможет принять следующую заявку, показанную на рис. 3.

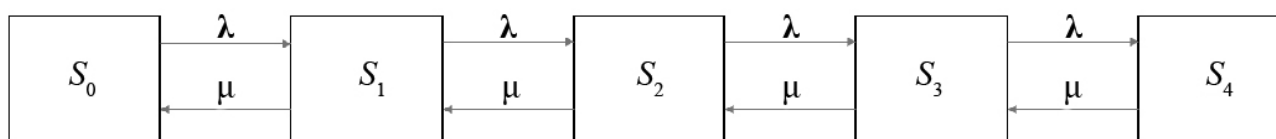


Рис. 3. Граф состояний загрузки постов БРМ как сложной системы
 где S_0 – все посты свободны; S_1 – занят ровно один пост, остальные свободны;
 S_4 – заняты все четыре поста. *Источник:* <https://kubsau.ru/upload/iblock/f7a/f7a26a0872a6a8aaa692e1ddeed3e739.pdf>

Для установившегося режима граф СМО можно описать следующим уравнениями и рассчитать их значения. Соответственно, вероятность по обеспечению обслуживанию выявленных НР строительных машин из выбранного парка за счет БРМ будет следующая (табл. 2), при условии, что приведенная интенсивность потока заявок $p = 0,010117397$:

Таблица 2

Таблица расчетов пропускной способности БРМ*

Тип	Кол-во занятых постов	Уравнение	Вероятность
Вероятность того, что все каналы свободны	$k = 0$	$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k}{k!}}$	0,25
Вероятность того, что заняты k каналов	$k = 1$	$P_k = P_0 \cdot \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k}{k!}$	0,0025
	$k = 2$		1,28E-05
	$k = 3$		4,31514E-08

* *Источник:* <https://kubsau.ru/upload/iblock/f7a/f7a26a0872a6a8aaa692e1ddeed3e739.pdf>

Тип	Кол-во занятых постов	Уравнение	Вероятность
Вероятность отказа (когда все каналы заняты)	$k = 4$	$P = P_n = P_0 \cdot \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!}$	0,0000
Вероятность обслуживания (Относительная пропускная способность)	q	$P = 1 - P$	1

В данном случае вероятности отказа близки к нулю, так как строительная техника из выбранного ПСМ находится в работоспособном состоянии и не так часто подвергается НР.

Относительная пропускная способность равна единице, соответственно, данный БРМ из четырех ремонтных пунктов способен обслужить выбранный ПСМ при возникновении НР.

Абсолютная пропускная способность будет равна среднему значению интенсивности потока отказов, так как вероятность обслуживания НР равна единице.

Заключение

1. Относительная пропускная способность выявлена на основе малого парка строительных машин. Однако, в данный момент проявляется большой интерес к освоению Крайнего Севера и Арктики РФ. Этот интерес будет обеспечивать новыми данными эксплуатации ПСМ в строительстве, тем самым будет способствовать к расширенному поиску исходных данных для расчета.

2. Таким образом, для повышения пропускной способности мобильных ремонтных мастерских необходимо комплексное улучшение всех аспектов их функционирования. Это позволит не только увеличить количество обслуживаемых единиц техники, но и продлить срок её эксплуатации, что особенно важно в условиях Крайнего севера и АЗРФ, где надежность оборудования имеет критическое значение.

3. Быстровозводимые ремонтные мастерские представляют собой важное решение для обеспечения бесперебойной работы строительной техники в условиях Крайнего Севера. Учитывая экстремальные климатические условия и удалённость строительных объектов, такие мастерские позволяют значительно сократить время простоя машин, обеспечивая оперативное техническое обслуживание и ремонт на месте.

Литература

1. Тарасенко П. Н. Подвижные ремонтные мастерские. Учебное пособие / Тарасенко П. Н. Минск : БНТУ, 2012. – 143 с.
2. Гмыря С. В. Актуальность применения передвижных ремонтно-механических мастерских // Транспортные потоки и проблемы дорожного движения. – 2015 – № 6. – С. 93–96.
3. Быков Л. Н., Кондрашов С. И., Шиманский В. А. Пособие по проектированию авиационно-технических баз. – М. : МГА, Государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт «Аэропроект», 1986.
4. Шепелев В. В., Егоров А. Н. Пневмоангар как быстровозводимое сооружение Colloquium-journal. – 2020. – № 2. – С. 46–48.
5. Строй-Техника.ру: [сайт]. URL: <https://stroy-technics.ru/article/iznos-tipovykh-detalei-stroitelnykh-mashin/> (дата обращения: 01.07.2024).
6. Каримходжаев Н., Алматаев Т. О., Одилов Х. Р. Основные причины, вызывающие износ деталей автотранспортных средств, эксплуатирующихся в различных природно-климатических условиях // Universum: Технические науки. 2020. № 5(74). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-prichiny-vyzyvayuschie-iznos-detaley-avtotransportnyh-sredstv-ekspluatiruyuschihsya-v-razlichnyh-prirodno-klimaticheskikh/viewer/> (дата обращения: 23.10.2024).
7. Быстровозводимый ремонтный бокс, расчет строительства [сайт]: URL: <https://pkvesta.uz/about/articles/bystrovozvodimyy-remontnyy-boks-raschet-stroitelstva/> (дата обращения: 28.08.2024).
8. Типовые нормы периодичности, трудоемкости и продолжительности технического обслуживания и ремонта грузоподъемных кранов. МДС 12-32.2007/ЦНИИОМТП. – М. : ФГУП ЦПП, 2007. – 25 с.
9. Теория систем массового обслуживания: учеб. пособие / И. В. Солнышкина. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2015. 76 с.

УДК 629.3.027.3

Роман Рустамович Букиров,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: bukirov_r.r.-king@mail.ru

Roman Rustamovich Bukirov,
postgraduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: bukirov_r.r.-king@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ПЛАВНОСТИ ХОДА ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

INCREASING THE AVERAGE OPERATING SPEEDS OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES

Некоторые строительные объекты могут находиться на удаленном расстоянии от развитой дорожной инфраструктуры, что приводит к движению транспортно-технологических машин в условиях бездорожья. В таких случаях движение машины приводит к большим возмущениям со стороны дороги, что вызывает сильные удары в подвеску машины и большие колебательные процессы ее масс. Данные негативные процессы приводят к снижению эксплуатационных характеристик машины и, как следствие, к снижению ее производительности. Для снижения описанных негативных процессов, возникающих в результате сильных ударов о большие неровности дороги, предлагается использование новой конструкции пневмогидравлического амортизатора. В данной статье исследуются упругодемпфирующие способности предлагаемого пневмогидравлического амортизатора с дополнительной пневматической камерой. Рассматриваются максимальные перемещения поддрессоренной массы машины и его значения ускорений, получаемые при передвижении по сильноизношенной дороге. Проводится сравнение параметров базовой машины и машины с установленными в конструкцию подвески разработанного пневмогидравлического амортизатора.

Ключевые слова: пневмогидравлический амортизатор, колебательная система автомобиля, бездорожье, плавность хода, математическое моделирование.

Some construction sites may be located at a remote distance from the developed road infrastructure, which leads to the movement of transport-technological machines in off-road conditions. In such cases, the movement of the machine leads to large disturbances from the road, which causes strong shocks in the suspension of the machine and large oscillation processes of its masses. These negative processes lead to a decrease in the machine's performance characteristics and, as a consequence, to a decrease in its productivity. To reduce the described negative processes resulting from strong impacts on large road irregularities, a new design of pneumohydraulic shock absorber is proposed. In this paper, the elastogempering abilities of the proposed pneumohydraulic shock absorber with an additional pneumatic chamber are investigated. The maximum displacements of the sprung mass of the machine and its acceleration values obtained when traveling on a heavily worn road are considered. The parameters of the base machine and the machine with the developed pneumohydraulic shock absorber installed in the suspension design are compared.

Key words: pneumohydraulic shock absorber, oscillating system of the car, off-road, smooth running, mathematical modeling.

Введение

На строительных объектах широко используются транспортно-технологические машины (ТТМ) повышенной проходимости на базе шасси грузовых автомобилей, пока-

завшие высокие эксплуатационные свойства в данных условиях эксплуатации, которые почти не уступают гусеничным машинам. Данные шасси позволяют разместить на своем борту различное оборудование. Строительным машинам, находящимся на удаленных строительных объектах, необходимо производить техническое обслуживание и ремонт. С целью снижения затрат на простои строительной техники и выполнения аварийных работ различных теплосетей, водоотводов, трубопроводов и т. п. применяют ТТМ, называемые передвижными мастерскими (ПРМ), на борту которых установлено специальное оборудование для проведения технического обслуживания строительных машин непосредственно на строительном объекте. Преимуществами данной машины являются повышенная маневренность и функциональность, а также ее способность в течение короткого времени добраться к удаленным строительным объектам.

Из-за географических, климатических особенностей местности, отсутствия водоотводных дорожных сооружений и несвоевременных работ по устранению возникающих дорожных неровностей, дорога к удаленным строительным объектам имеет сложные дорожные условия [1]. Из-за движения тяжелой строительной техники под действием больших нагрузок грунтовые дороги быстро изнашиваются, образуются глубокие впадины и выступы глубиной и высотой $0,1 \dots 1,2$ м с чередованием по длине с интервалом $1 \dots 25$ м (рис. 1, а) [2]. В период распутицы возникают еще более глубокие колеи. При проезде машины по колее происходит самопроизвольное скатывание то к одной, то к другой стенке колеи, что значительно снижает скорость движения и может привести к застреванию или поломке машины.

На наиболее тяжелых участках дорог, описанных выше, с целью повышения несущей способности грунта укладывают отсыпную дорогу с бетонными плитами (рис. 1, б) [1]. Строительство данной дороги имеет низкие трудовые затраты и позволяет за короткое время повысить качество дороги. Однако движение по данным плитам на больших скоростях приводит к возникновению резонанса в связи с частым силовым возмущением со стороны дороги, обусловленным наличием стыков между плитами, а также неровностей, образованных на них в результате воздействия климатических и силовых нагрузок.

При движении ПРМ по грунтовым типам дорог со скоростью $50 \dots 60$ км/ч возникают частые пробой подвески, которые приводят к ухудшению управляемости. Для того, чтобы снизить данные негативные последствия, водителю приходится снижать скорость движения до $20 \dots 30$ км/ч [2, 3], тем самым машина тратит больше времени на дорогу к строительному объекту. Это приводит к ухудшению главного технико-экономического показателя машины – ее производительности.

Динамические характеристики движения ПРМ зависят от параметров подвески, характеризующие ее упругодемпфирующие способности, которые в совокупности обеспечивают эффективное поглощение ударов и толчков, а также снижение колебательных процессов, вызванных проездом по неровности. Данные способности подвески имеют важное значение в условиях отсутствия дорог с усовершенствованным покрытием, влияющих на динамические показатели машины [1, 4].



а)

б)

Рис. 1. Дорожные неровности на подъездных дорогах к строительным площадкам:
а – разбитая грунтовая дорога [5]; б – отсыпная дорога с бетонными плитами [6]

Согласно проведенным исследованиям [2, 3, 7–13] для улучшения динамических показателей в условиях движения по сильноизношенным грунтовым дорогам и обеспечения условия «непробоя» подвески необходимо либо увеличить жесткость упругого элемента, либо повысить динамический ход подвески. Однако увеличение динамического хода имеет конструктивные ограничения, обусловленные особенностями ходовой части транспортного средства, и может привести к увеличению высоты центра масс, что приведет к снижению безопасности эксплуатации ТТМ. Увеличение жесткости упругого элемента приводит к негативным ощущениям у водителей при увеличении частоты возмущения.

В конструкциях современных машин применяют дополнительные упругие пневматические элементы в виде резиновых пневматических баллонов (пневматические рессоры), позволяющие повысить плавность хода. Однако применение таких баллонов в условиях бездорожья приводит к их быстрому выходу из строя, так как в результате воздействия агрессивной среды (грязи, пыли и камней) возникают трещины, проколы и т. п. на резиновых баллонах, что в конечном итоге приводит к выходу из строя пневматической рессоры.

Кроме того, баллоны воспринимают частые и большие усилия на растяжения и на сжатие, что характерно для грузовых автомобилей и рассматриваемых условий эксплуатации. Данные упругие элементы обеспечивают на неглубоких неровностях показатели плавности хода, однако при проезде больших неровностей наблюдаются сильные удары, это объясняется тем, что ближе к концу хода подвески пневматический упругий элемент имеет более высокие параметры жесткости.

Помимо пневматических упругих элементов в конструкциях подвески применяют пневмогидравлические амортизаторы (ПГА), которые кроме гидравлической (демпфирующей) части имеют пневматические емкости с сжатым газом, выполняющие роль упругого элемента подвески [2, 7, 14].

Однако и этим амортизаторам присуще высокое значение жесткости в конце хода сжатия. Смягчение упругой характеристики таких амортизаторов возможно за счёт применения внешней пневматической камеры, связанной с внутренней пневмокамерой, что

в конечном итоге дает уменьшение относительного изменения объема газа в конце хода сжатия. В качестве такого амортизатора предлагается новое техническое решение в виде ПГА с дополнительной пневматической камерой [15], позволяющий в значительной степени повысить упругодемпфирующие способности подвески.

Колебания машины и упругодемпфирующие способности подвески зависят в первую очередь от параметров машины и соотношений между ними. Основными параметрами являются [1, 11–13]: жесткость подвески; жесткость шин; массы поддрессоренных и не поддрессоренных частей машины и степень демпфирования подвески. Изменение перечисленных параметров в значительной степени сказывается на колебательных процессах машины.

В данной статье изучается главный показатель плавности хода машины – среднеквадратичные ускорения её масс при движении машины по неровностям дороги. Для оценки эффективности предлагаемого технического решения проводится сравнение конструкций двух подвесок базового автомобиля КамАЗ-43502 с использованием предлагаемого технического решения и без него.

Предлагаемое техническое решение

Разработанный ПГА, представленный на рис. 2 [15], снабжен дополнительной пневматической камерой 5, установленной параллельно относительно самого ПГА. Сам ПГА имеет жидкостную полость (полости *B* и *C*), заполненную амортизационной жидкостью и направленной на демпфирование колебаний, а также имеет цилиндрический резервуар (полость *D*), заполненный сжатым воздухом под расчетным давлением и установленный на гидравлическую часть амортизатора соосно, который воспринимает совместно с дополнительной пневмокамерой усилия от дороги.

Такая конструкция позволяет в значительной степени снизить энергоемкость упругого элемента ПГА и обеспечивает требуемую упругодемпфирующую характеристику в условиях бездорожья. По мимо этого, данное устройство позволяет проводить регулировку характеристик газовой пружины, что существенно повышает адаптационные возможности подвески.

Таким образом, предлагаемое техническое решение позволяет исключить дополнительные и основные упругие элементы подвески, облегчая тем самым конструкцию подвески.

При движении ТТМ удар от неровностей дороги гасится в основном за счет упругости сжатого азота в полостях *D* и *E* при движении цилиндра 3 вверх относительно цилиндра 4 и частично за счет сжатия азота в полости *A*. Объем полости *A* уменьшается во время такта сжатия за счет вытеснения жидкости штоком 15, движущимся вниз относительно цилиндра 3, так как движение поршня 8 компенсирует вытеснение жидкости штоком.

Гашение амплитуды колебаний после удара (т. е. затухание колебаний) происходит за счет гидравлического сопротивления поршня 7, вызванного протеканием жидкости через каналы и клапаны поршня 7.

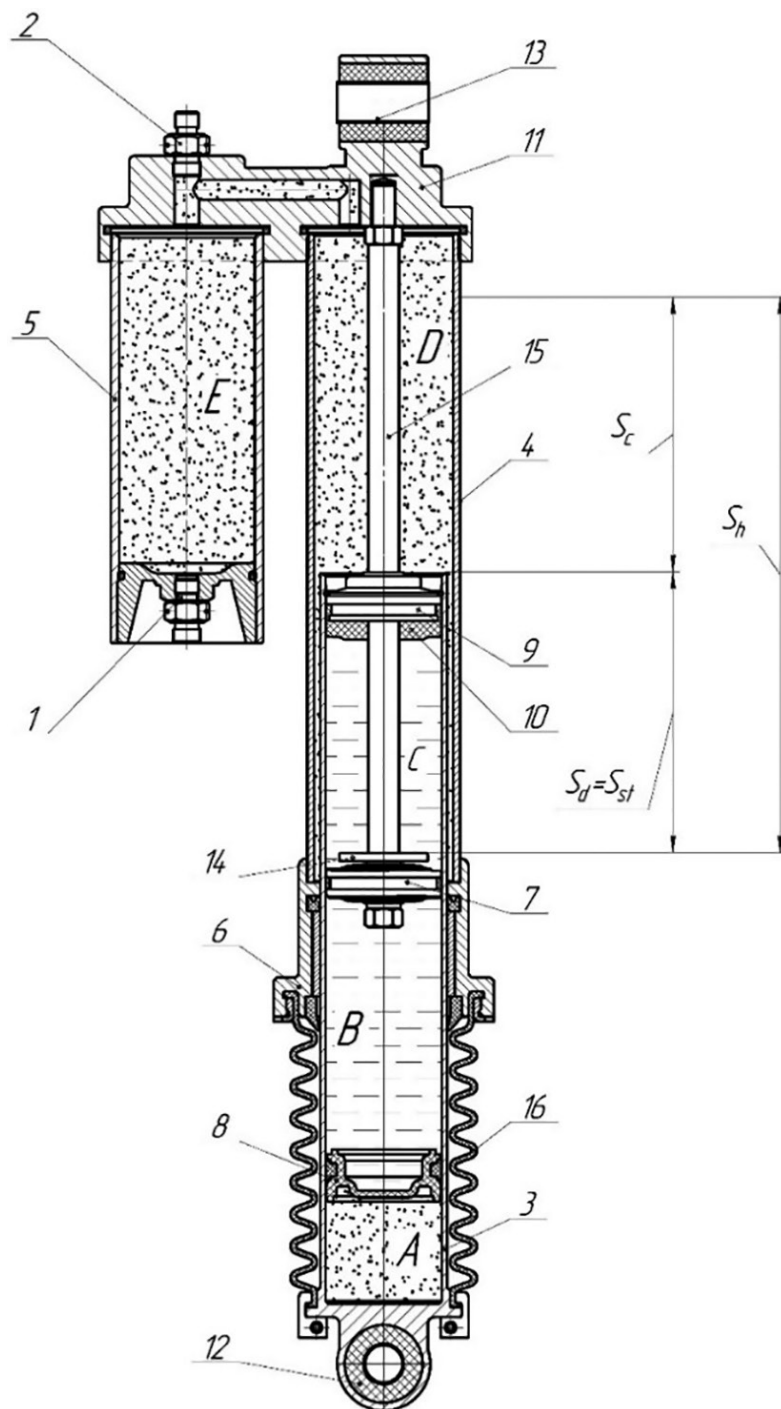


Рис. 2. Конструктивные параметры ПГА с дополнительной пневматической камерой по патенту на полезную модель RU № 218675: *A* – газовая компенсационная полость; *B* и *C* – нижняя и верхняя жидкостная полость; *D* и *E* – газовая пружина; S_h – общий ход амортизатора; S_d – ход отбоя; S_c и S_{st} – ход сжатия и статическая деформация; 1 – предохранительный клапан; 2 – регулировочный клапан; 3 – нижний цилиндр; 4 – верхний цилиндр; 5 – дополнительная пневматическая камера; 6 – уплотнительная втулка; 7 – гидравлический поршень; 8 – пневматический поршень; 9 – направляющая (разделительная) втулка; 10 – амортизирующая прокладка; 11 – верхняя крышка амортизатора; 12, 13 – проушины для установки амортизатора; 14 – стопорное кольцо; 15 – шток; 16 – защитный кожух

Максимальные перемещения кузова и соответствующих им ускорений при колебаниях масс машины

Предлагаемое техническое решение за счет подключения дополнительного пневматического цилиндра с газом существенно снижает жесткость и максимальные силы в подвеске, что уменьшает силовое воздействие и собственную частоту колебаний кузова, увеличивая относительный коэффициент затухания колебаний кузова и колёс. В результате следует ожидать улучшения всей динамики колебаний масс машины. Для подтверждения этого рассмотрим базовую машину без ПГА, где в качестве упругого элемента выступает металлическая рессора, и машину без металлических рессор с установленными в конструкцию подвески предлагаемыми ПГА. Проведем сравнительный анализ получаемых значений перемещений кузова и его ускорений в случае вынужденных колебаний.

При исследовании дорожного покрытия с учетом скоростного режима движения на данном участке его подразделяют на: малоизношенные дороги, сильноизношенные дороги, разбитые дороги и пересеченная местность [2]. Поскольку в данной работе рассматриваются условия бездорожья проанализируем использование предлагаемого технического решения в условиях сильноизношенного покрытия. При движении по данному дорожному покрытию на пути движения машины будут встречаться такие неровности, как впадины и выступы с наиболее вероятной глубиной 5...10 см и высотой 10...20 см [2, 11].

Значения максимальных перемещений подрессоренной массы машины и его значений ускорений определяется с помощью следующих уравнений [2]:

$$z_{\max} \cong q_0 \sqrt{1 + \frac{1}{4\psi_0^2}}, \quad (1)$$

$$\ddot{z}_{\max} = z_{\max} \cdot \Omega_0^2, \quad (2)$$

где q_0 – половина наиболее вероятной глубины неровностей дороги, м; Ω_0 – собственная частота колебаний подрессоренной массы, Гц; ψ_0 – относительный коэффициент затухания колебаний подрессоренной массы.

Собственные частоты колебаний подрессоренной массы во многом зависят от жесткости упругого элемента [2, 3]:

$$(3)$$

где M – подрессоренная масса, приходящая на ось, кг; c_p – жесткость упругого элемента подвески, Н/м.

Жесткость упругого элемента была определена по следующей зависимости [1, 4, 16]:

$$\Omega_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot c_p}{M}}, \quad (4)$$

где S – текущая деформация амортизатора (изменяется от 0 до $S_{\text{общ}} = S_{\text{сж}} + S_{\text{отб}}$); F_η – эффективная площадь рабочей полости ПГА; V – текущий объем воздуха в пневмокамерах D и E (см. рис. 2).

Согласно представленным данным от НТЦ Камаз, жесткость металлической рессоры, установленной на задней оси машины КамАЗ-43502, составляет 300 кН/м, соответственно собственная частота колебаний поддрессоренной массы в данном случае составляет 1,57 Гц, а относительный коэффициент затухания колебаний поддрессоренной массы равен 0,223. А в случае установки в конструкцию подвески предлагаемого ПГА были получены следующие значения: жесткость упругого элемента ПГА составляет 177,6 кН/м, собственная частота колебаний поддрессоренной массы составляет 1,35 Гц и относительный коэффициент затухания колебаний поддрессоренной массы равен 0,279.

Результаты значений перемещений поддрессоренных масс и их ускорений, полученных по уравнениям (1) и (2), представлены на рис. 3.

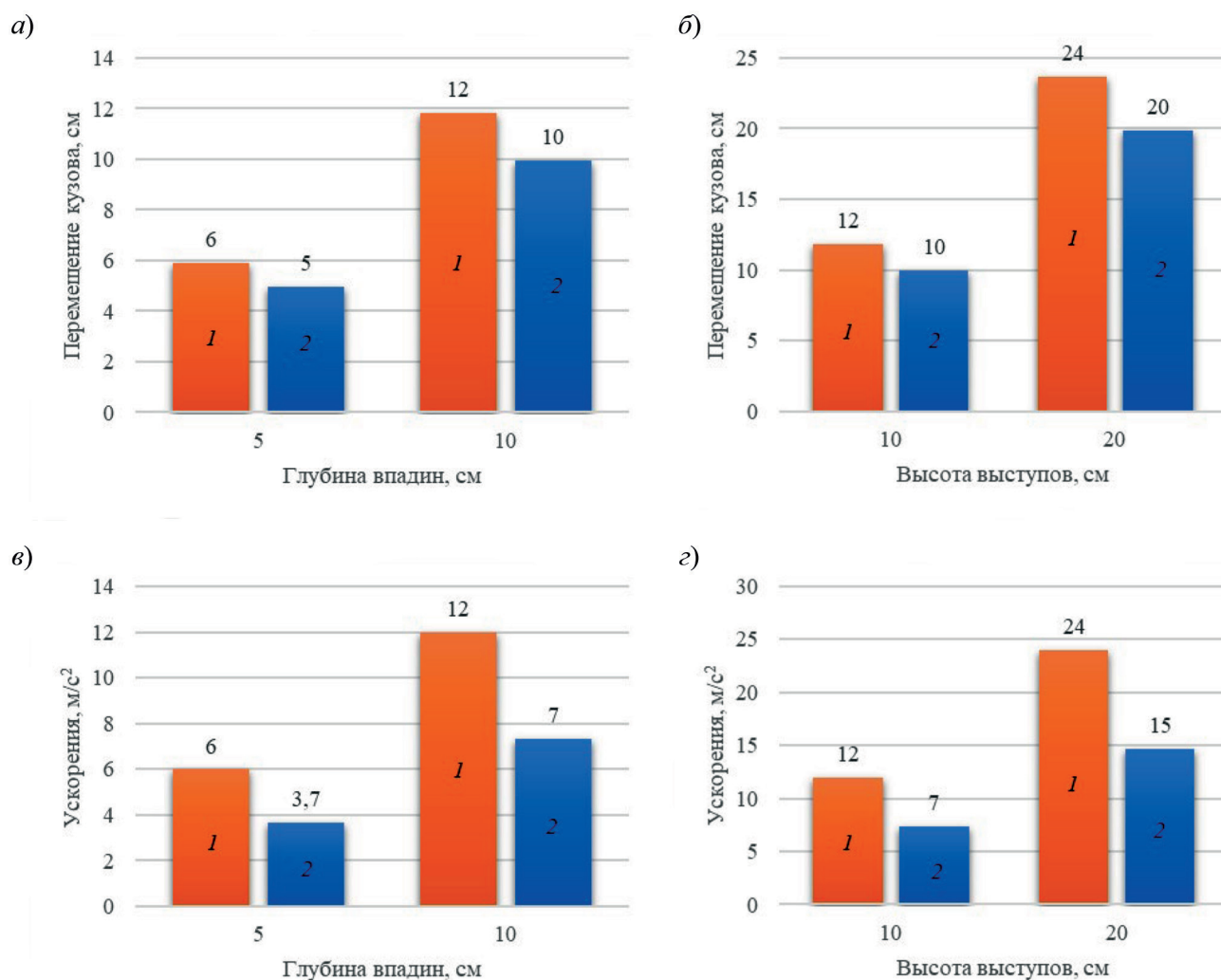


Рис. 3. Результаты исследований: а – перемещения поддрессоренной массы при проезде впадин глубиной 5 до 10 см; б – перемещения поддрессоренной массы при проезде выступов глубиной от 10 до 20 см; в – ускорения поддрессоренной массы при проезде впадин глубиной 5 до 10 см; г – ускорения поддрессоренной массы при проезде выступов глубиной от 10 до 20 см; 1 – значения базовой машины; 2 – значения модернизированной машины

Результаты показывают, что при проезде впадин глубиной 5 см (рис. 3, а) перемещения кузова снижаются с 6 см до 5 см. При этом ускорения кузова также снижаются

(рис. 3, в) с $6,0 \text{ м/с}^2$ до $3,7 \text{ м/с}^2$. В случае проезда впадины глубиной до 10 см наблюдается снижение перемещений кузова с 12 см до 10 см (рис. 3, а), а его ускорений с 12 м/с^2 до 7 м/с^2 (рис. 3, в). В случае же проезда выступов высотой в 10 см (рис. 3, б и г) значения перемещений кузова и его ускорений соответствуют случаю проезда впадин глубиной 10 см, а при движении машины по выступам высотой в 20 см происходит снижение перемещений кузова с 24 см до 20 см, а его ускорений с 24 м/с^2 до 15 м/с^2 .

Полученные результаты показывают, что применения в конструкции подвески предлагаемого ПГА приводит к снижению собственной частоты колебаний кузова, что увеличивает относительного коэффициента затухания колебаний кузова, а это в свою очередь существенно снижает ускорения поддрессоренных масс машины.

Заключение

Сравнение двух подвесок показало снижение жесткости упругого элемента ПГА примерно на 41 %, что привело к снижению собственной частоты колебаний поддрессоренной массы на 14 % и увеличению относительного коэффициента затухания колебаний поддрессоренной массы примерно на 20 %. Так при проезде неровности в виде впадин глубиной от 5 см до 10 см и выступов высотой в 10 см до 20 см перемещения кузова в среднем снижаются на 16,7 %, а ускорения кузова на 39 %.

Представленные результаты показывают, что предлагаемый ПГА позволяет существенно повысить плавность хода машины при движении по сильноизношенному дорожному покрытию, тем самым повышая эксплуатационные характеристики машины.

Литература

1. Букиров Р. Р. Повышение упругодемпфирующих характеристик пневмогидравлического амортизатора транспортно-технологических машин в условиях Крайнего Севера / Р. Р. Букиров // Русский инженер. – 2024. – № 1(82). – С. 36–41. – EDN: ZZIBPT.
2. Новиков В. В. Расчет систем поддрессирования автотранспортных средств : учебник / В. В. Новиков, К. В. Чернышов, А. В. Поздеев ; под общ. ред. В. В. Новикова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 316 с. – ISBN 978-5-9729-1833-1.
3. Дубровский А. Ф. Выбор параметров подвески грузовых автомобилей «Урал» для повышения скорости движения по изношенным грунтовыми дорогам / А. Ф. Дубровский, М. И. Абрамов, Ю. А. Сакулин // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – № 10(171). – С. 66–75. – EDN: TPNREB.
4. Букиров Р. Р. Исследование оптимальных параметров пневмогидравлического амортизатора с выносной пневмокамерой для демпфирования колебаний в транспортно-технологических машинах / Р. Р. Букиров, С. В. Репин // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2024. – № 1(144). – С. 58–69. – EDN: EGXDOD.
5. Цитата дня: правда о дорогах в России. [Электронный ресурс]. URL: <https://auto.mail.ru/article/63330-tsitata-dnya-pravda-o-dorogah-v-rossii/> (дата обращения: 10.11.2024).
6. Строительство подъездной автомобильной дороги. [Электронный ресурс]. URL: <https://edacept.ru/stroitelstvo/podezdnoy/avtomobilnoy/dorogi/18/> (дата обращения: 10.11.2024).
7. Новиков В. В. Виброзащитные свойства подвесок автотранспортных средств : монография / В. В. Новиков, И. М. Рябов, К. В. Чернышов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Инфра-Инженерия, 2021. – 384 с. – EDN: FRSPKX.

8. Тарасик В. П. Теория движения автомобиля. – 2-е изд., перераб. и доп. – учебник для вузов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2022. – 576 с. – EDN: FOWIQZ.
9. Сахно В. П. Эксплуатационные свойства автомобилей. Плавность хода и проходимость : учебное пособие для вузов / В. П. Сахно, А. В. Костенко, А. В. Лукичев [и др.]. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 308 с.
10. Ролле В. Е. Эскизное проектирование ходовой части АТС : учеб. пособие / В. Е. Ролле, А. Г. Семенов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 576 с.
11. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля. Колебания и плавность хода. – М. : Машиностроение, 1972. – 393 с.
12. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Амортизаторы, шины и колеса. – М. : Машиностроение, 1986. – 320 с.
13. Дербаремдикер А. Д. Гидравлические амортизаторы автомобилей. – М. : Машиностроение, 1969. – 236 с.
14. Патент № 204114 РФ, МПК F16F 9/06 (2006.01), B60G 13/06 (2006.01). Пневмогидравлический амортизатор : № 2020143768 заявл. 28.12.2020 : опубл. 07.05.2021 / Артемьев В. Н., Репин С. В., Добромиров В. Н., Букиров Р. Р., Васильева П. В. ; заявитель СПбГАСУ. – 8 с. : 2 ил. – Текст : непосредственный.
15. Патент № 218675 РФ, МПК F16F 9/06 (2006.01). Пневмогидравлический амортизатор с выносной пневматической камерой : № 2023100475 заявл. 10.01.2023 : опубл. 05.06.2023 / Букиров Р. Р.; заявитель Букиров Роман Рустамович. – 10 с. : 3 з.п. ф-лы, ил. – Текст : непосредственный.
16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024618164 Российская Федерация. Программа расчета прогрессивно-регрессивной упругой характеристики пневмогидравлической подвески машины / Букиров Р.Р. ; Букиров Роман Рустамович. – № 2024616840 ; дата поступления 02.04.2024 ; дата государственной регистрации в реестре программ для ЭВМ 09.04.2024.

УДК 621.8

Екатерина Максимовна Мисюра,
аспирант
Сергей Аркадьевич Евтюков,
д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: Missyura122199@gmail.com,
s.a.evt@mail.ru

Ekaterina Maksimovna Misiura,
postgraduate student
Sergey Arkadevich Evtyukov,
Dr. Sci. Tech., Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: Missyura122199@gmail.com,
s.a.evt@mail.ru

**АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ НА КОЛЕСАХ
И РОЛИКАХ НА МОСТОВЫХ КРАНАХ В ПАО «СЕВЕРСТАЛЬ»**

**ANALYSIS OF MALFUNCTIONS ON WHEELS AND ROLLERS
ON OVERHEAD CRANES AT PAO SEVERSTAL**

Мостовые краны являются наиболее востребованной техникой на производстве. Они выполняют ряд операций, направленных на перемещение груза в трех плоскостях. Несмотря на проведение ежедневного осмотра, своевременного технического обслуживания и ремонта, во многих мостовых кранах возникают неисправности, которые приводят к отказу оборудования и простоя. В статье проведен анализ возникновения неисправностей на колесах и роликах на мостовых кранах в ПАО «Северсталь». В результате выявлены наиболее уязвимые элементы и детали, в которых чаще всего возникают неисправности. Более того, определены мостовые краны, которые в наибольшей степени подвержены возникновению дефектов.

Ключевые слова: мостовой кран, механические дефекты, периодичность неисправностей, ролики в сборе, колеса.

Overhead cranes are the most in-demand equipment in production. They perform a number of operations aimed at moving cargo in 3 planes. Despite the daily inspection, timely maintenance and repair, many overhead cranes have malfunctions that lead to equipment failure and downtime. The article analyzes the occurrence of malfunctions on wheels and rollers on overhead cranes in PAO Severstal. As a result, the most vulnerable elements and parts have been identified, in which malfunctions most often occur. Moreover, overhead cranes have been identified, which are most susceptible to defects.

Keywords: overhead crane, mechanical defects, frequency of malfunctions, complete castors, wheels.

Введение

Мостовые краны широко используются в промышленности для перемещения тяжелых грузов. Они способны транспортировать самые разнообразные грузы на необходимые расстояния. Мостовые краны представляют собой грузоподъемные машины, которые передвигаются по рельсам на определенной высоте от пола или земли. Эти устройства позволяют перемещать груз в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Благодаря тому, что они передвигаются по путям, расположенным выше уровня пола, мостовые краны не занимают полезную площадь в цехах или на складах, при этом обеспечивая доступ ко всем необходимым точкам [1].

В конструкцию мостового крана входит множество отдельных механизмов, от правильной работы которых зависит работоспособность машины в целом. Однако по ряду

причин узлы и детали такого грузоподъемного оборудования со временем выходят из строя, что связано с простоем оборудования, необходимостью дорогостоящего ремонта и, как следствие, убытками для его владельца.

При выполнении качественного ежедневного осмотра, проведение своевременного технического обслуживания и надлежащего ремонта мостовые краны способны исправно работать в течении продолжительного времени. Несмотря на это, многие предприятия пренебрегают или не проводят в полной мере операции, направленные на поддержание работоспособного состояния крана, а также своевременное выявление повреждений. Также, многие предприятия не выполняют рекомендации по режимам работы мостового крана, которые прописаны в паспорте крана, что также приводит к значительному уменьшению срока службы машины и увеличению вероятности возникновения непредвиденных поломок и неисправностей, которые могут привести к простоям, что приводит к материальным потерям на предприятии.

Так, по данным Ростехнадзора, в РФ примерно 65 % грузоподъемных кранов отработали нормативный срок службы.

Выполнения анализа неисправностей на мостовых кранах в ПАО «Северсталь» позволит выявить узлы, которые в большей мере подвержены возникновению неисправностей.

Обзор литературы

Теме механических неисправностей мостовых кранов посвящены многие исследования отечественных и иностранных ученых. Внимание вопросу о неисправностях мостовых кранов уделял Каспер Фюглем провел исследования в возможности внедрения принципов индустрии 4.0 в обслуживание мостовых кранов. Цель ученого, повысить эффективность обслуживания и работы мостовых кранов с помощью применения новых концепций (технологии цифрового двойника, автономность, облачные технологии, адаптивность, дополненная реальность), а также выявить основные препятствия и проблемы, связанные с применением данных концепций [2].

В последние годы рынок мостовых кранов демонстрирует заметный рост, что подтверждается данными о производстве и среднегодовом приросте. Увеличение производства мостовых электрических кранов в 2022 году до 2200 единиц, что на 13,4 % выше, чем в 2021 году, свидетельствует о позитивной динамике и увеличении спроса на данные устройства. Среднегодовой прирост на уровне 9,2 % за период 2017–2022 годов также подчеркивает устойчивость этой тенденции [3].

Немаловажный вклад в исследование неисправностей мостовых кранов внесли мексиканские ученые Лизангела Гуэра и Марко Хермандез проведя анализ троса в системе мостового крана. Они провели визуальный осмотр, стереоскопический анализ и испытания на твердость с целью определения возможных причин сбоев в работе мостового крана. В результате был представлен возможный вариант возникновения усталостного разрушения троса мостового крана, которое было связано с работой подъемного оборудования и условиями монтажа мостового крана на производстве [4].

Исследование вероятности возникновения отказов в механизмах передвижения грузовых тележек мостовых электрических кранов очень важно для обеспечения их надеж-

ности и безопасности в эксплуатации. Немаловажный вклад в исследование вероятности возникновения отказов при эксплуатации механизма передвижения грузовой тележки мостового электрического крана провел И. Л. Ритенман. Так, лимитирующими элементами в конструкции механизма подъема электрического мостового крана являются колесо, редуктор и рельс. Несоблюдение режимов работы и условий эксплуатации приводит к увеличению числа лимитирующих элементов и увеличению риска возникновения отказов [5].

Значительный вклад в изучение мостовых кранов был сделан Д. А. Троценко, Ю. И. Пишминым, И. Л. Ритенманом и А. А. Коротким. Д. А. Троценко считает, что наиболее вероятным местом, где может произойти разрушение металлоконструкции мостового крана, является сварное соединение между надбуксовой пластиной и стенкой концевой балки [6]. Пишмин Ю. И. предложил методику определения положения крана, соответствующей его ненапряженному состоянию, которое будет оптимально для выполнения ремонта [7].

Исследования Короткого А. А. подтверждают важность оптимизации технологических процессов сварки в производстве концевых балок мостовых кранов. Снижение конструктивной безопасности на 45 % от необходимой несущей способности является значительным показателем, который указывает на высокие риски, связанные с эксплуатацией таких конструкций [8].

Методы

В рамках исследования используется аналитический метод научного исследования, включая анализ механических неисправностей, произошедших в период с 2020 по 2023 год у мостовых кранов, находящихся в эксплуатации на предприятии ПАО «Северсталь». ПАО «Северсталь» является российским предприятием, специализирующимся на производстве стали и добыче полезных ископаемых [9]. Статистические данные о выявленных дефектах получены из источников компании. Исследование сосредоточено на оценке эффективности мостовых кранов в производственной зоне, выявлении слабых мест в их конструкции, а также на определении возможных путей для улучшения узлов крана, подверженных поломкам. В данной статье представлены итоги исследования, в котором применён графический подход. Этот метод способствует визуализации и анализу собранной информации путем создания соответствующих графиков.

Основные результаты и обсуждения

На предприятии используется 37 мостовых кранов как отечественных, так и зарубежных фирм. Грузоподъемность эксплуатируемых машин варьируется от 10 до 400 тонн.

Компания выполняет ряд мер, которые нацелены на своевременное предупреждение возникновения неисправностей:

- Периодический осмотр мостовых кранов, проведение диагностирования узлов;

- Планы по снижению неплановых простоев;

- Оперативное реагирование на сигналы тревоги, возникающие в системах диагностики и мониторинга;

Периодическое обучение и повышение квалификации персонала, управляющего и обслуживающего мостовые краны [10].

Современные подъемно-транспортные машины (ПТМ) обладают разнообразными характеристиками, включая широкий диапазон грузоподъемности и размеры обслуживаемых территорий, а также демонстрируют высокую эффективность работы. [11].

Распределение исследуемых дефектов по типам неисправностей представлено на рис. 1. На нем можно заметить, что механические дефекты значительно преобладают над другими категориями неисправностей, их количество в два раза превышает число электрических дефектов достигая 70 %.

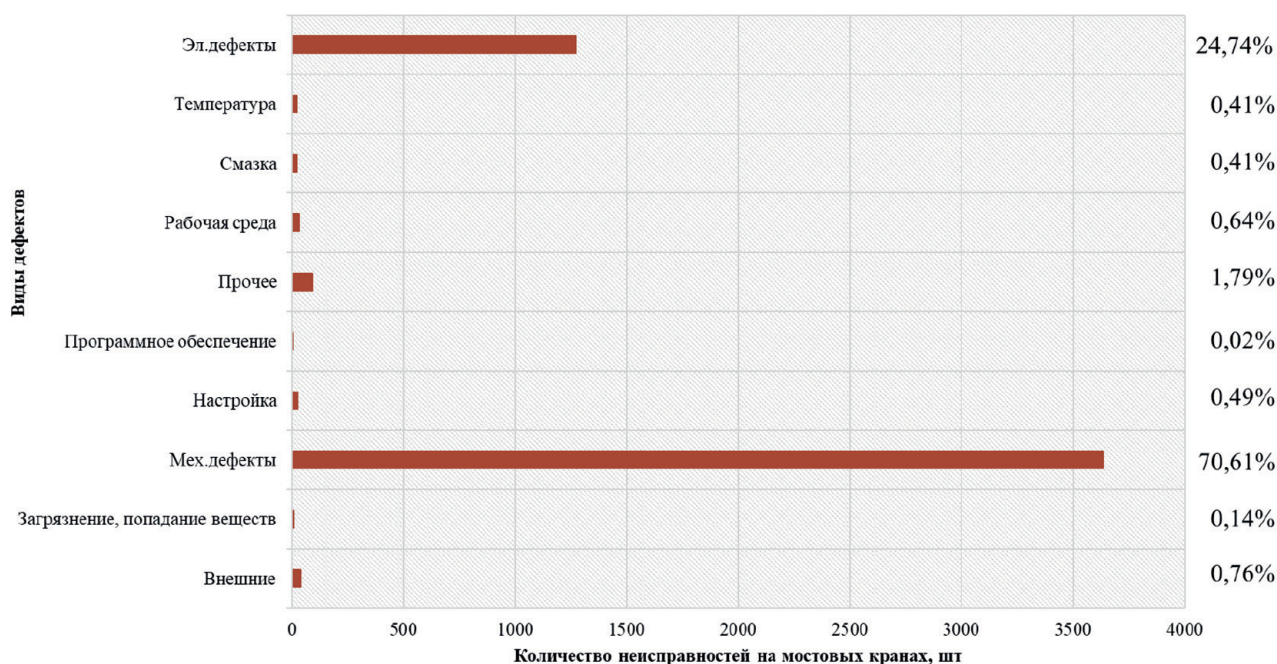


Рис. 1. Распределение неисправностей по видам дефектов мостовых кранов

Конструктивные компоненты, где наблюдаются механические неисправности на мостовых кранах, а также их количество, показаны на рис. 2. Из него видно, что такие дефекты могут возникать в различных частях мостовых кранов. Самые распространенные места возникновения дефектов – колеса и ролики в сборе. Многие элементы конструкции подвержены износу и старению, что и приводит к появлению этих неисправностей.

Среди причин возникновения неисправностей в колесах и роликах можно выявить:

- износы реборды;
- износы поверхности катания;
- износы смазывающих элементов;
- ослабление крепления.

Анализируя мостовые краны, в которых возникает наибольшее количество неисправностей в колесах было выявлено, что в электромостовом кране № 3 (ЭМК № 3) грузоподъемностью 125 тонн возникает больше всего дефектов. Данный кран предназначен для штабелирования, загрузки и выгрузки слябов на складе (рис. 3). Также в ЭМК № 2 и ЭМК № 4 возникает большое количество неисправностей.

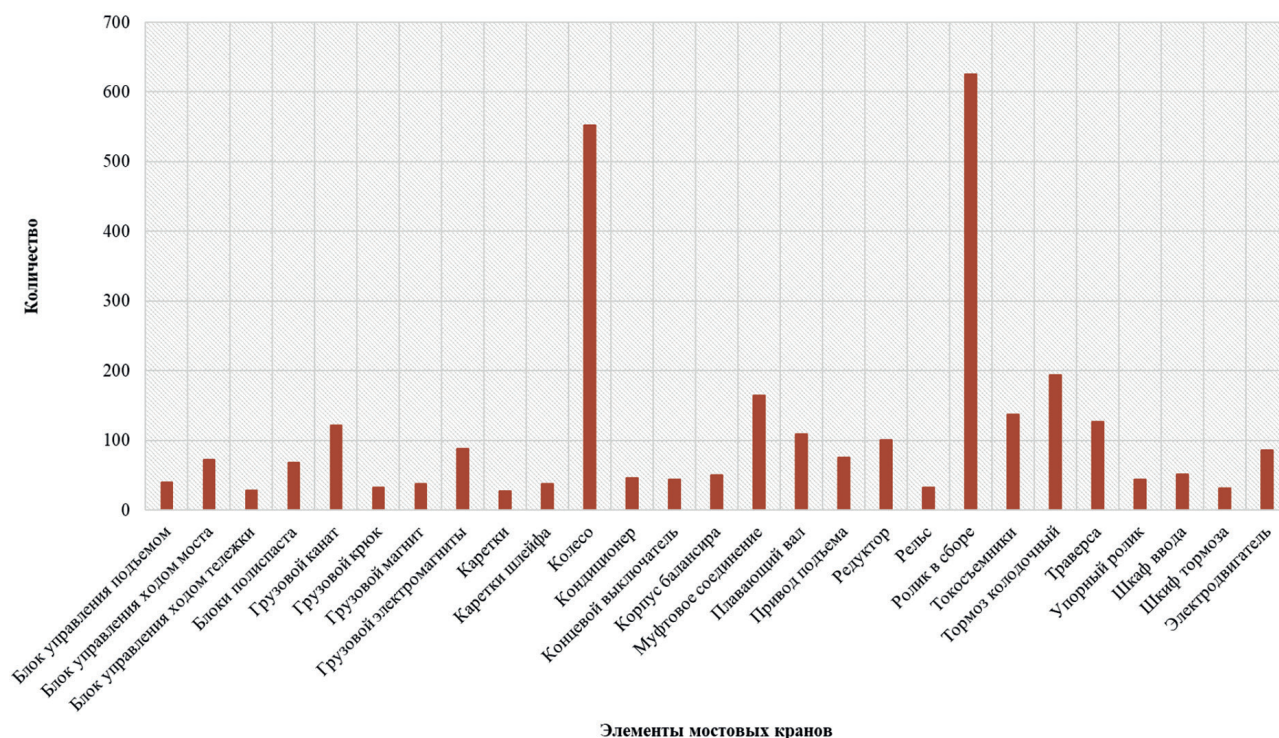


Рис. 2. Места возникновения механических дефектов

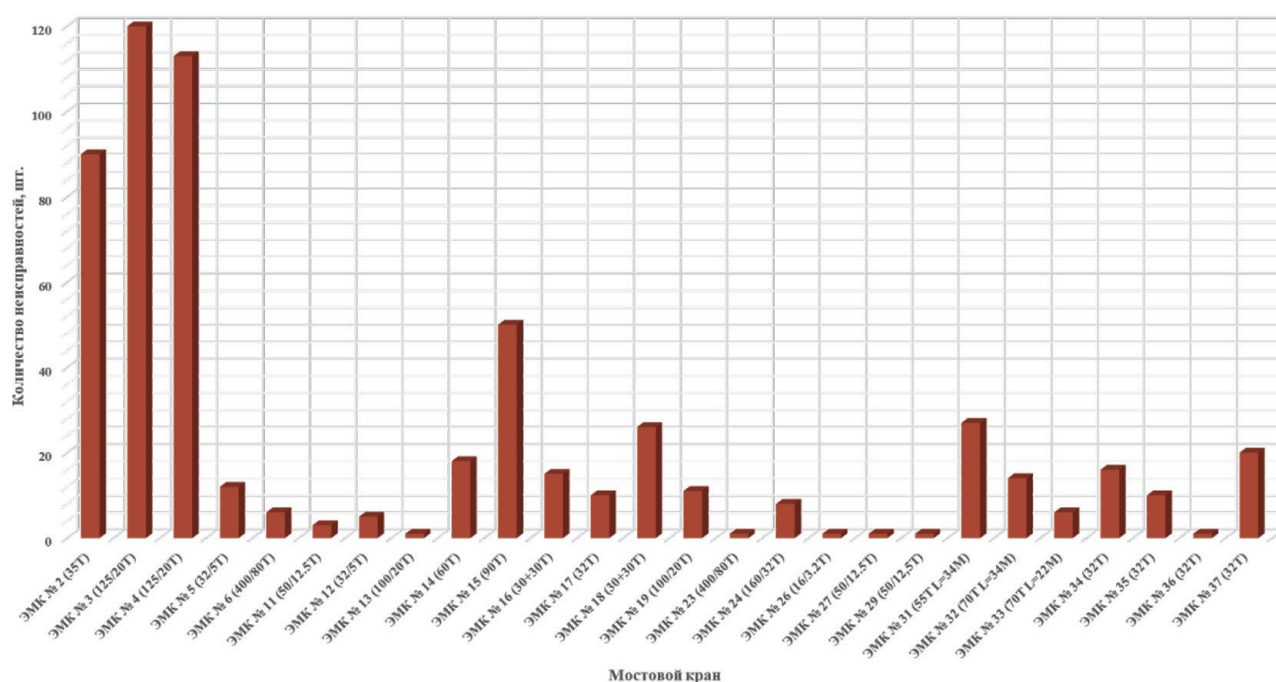


Рис. 3. Количество неисправностей на колесах мостовых кранов

Проводя анализ в количестве неисправностей в роликах на мостовых кранах выявлено, что в ЭМК № 31 возникает самое большое количество дефектов (рис. 4). Грузоподъемность данной техники – 55 тонн, а предназначен он также для штабелирования, загрузки и выгрузки слябов на складском помещении.

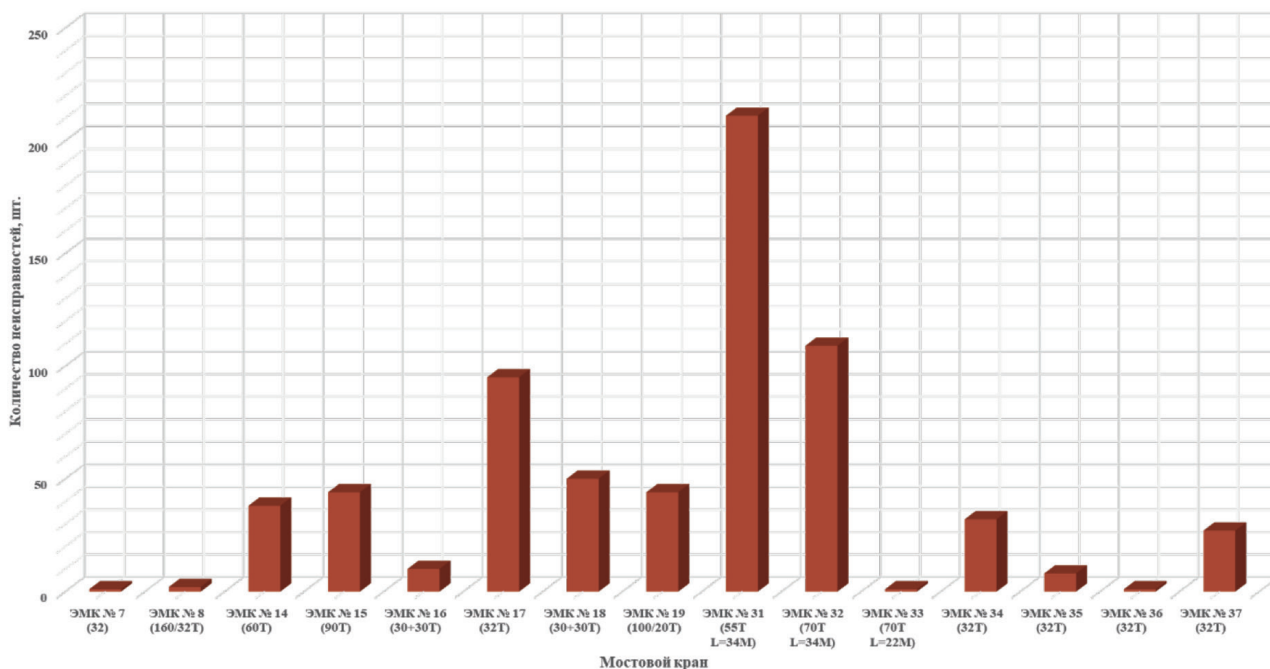


Рис. 4. Количество неисправностей на роликах мостовых кранов

Рассматривая периодичность возникновения неисправностей на ЭМК № 3 и ЭМК № 31 за 2022 год было выявлено:

На ЭМК № 3 в месяц происходит в среднем 2 неисправности с периодичностью возникновения примерно раз в 2 недели. График возникновения неисправностей показан на рис. 5.

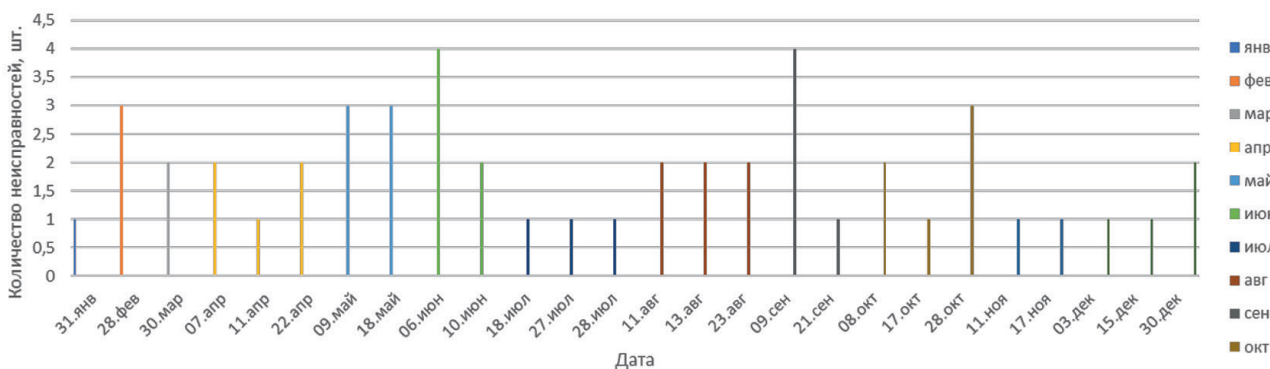


Рис. 5. Периодичность возникновения неисправностей на ЭМК № 3 за 2022 год

На ЭМК № 31 в месяц происходит в среднем 4 неисправности с периодичностью возникновения примерно 1 неделя. График возникновения неисправностей показан на рис. 6.

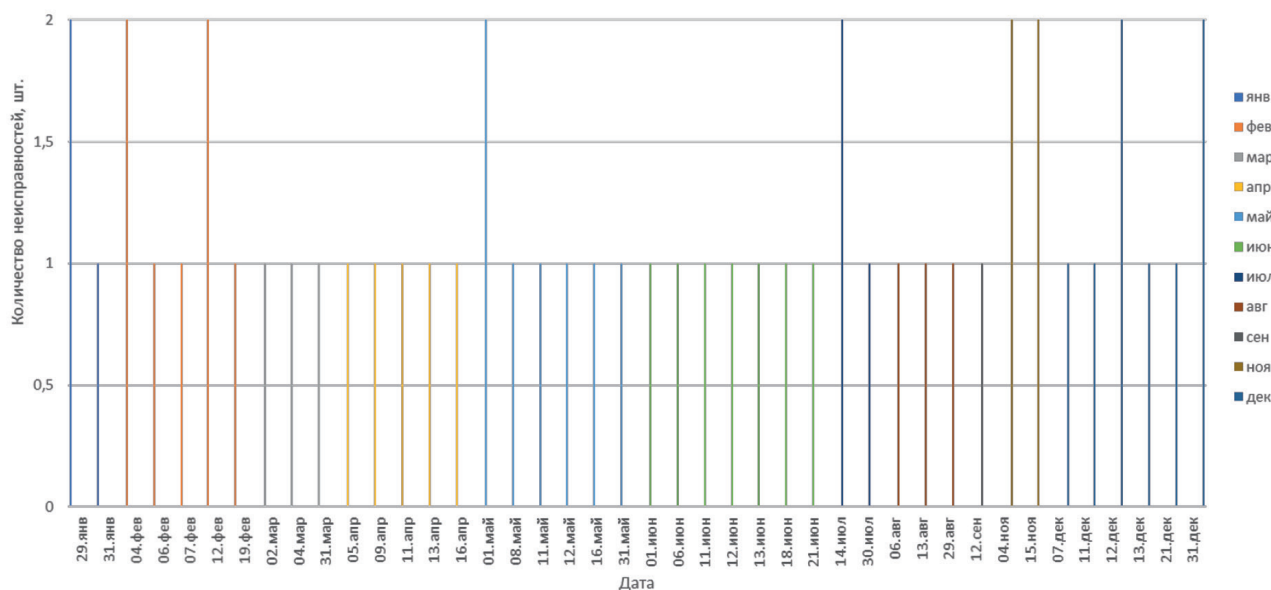


Рис. 6. Периодичность возникновения неисправностей на ЭМК № 31 за 2022 год

Выводы

В результате исследования были проанализированы эксплуатирующийся мостовые краны в предприятии «Северсталь» за 2020–2023 годы. В наибольшей степени неисправностям подвержены колеса и ролики. Данные дефекты способны вызвать простой, что может сказаться на работе производства и, как следствие, дальнейшим материальным потерям.

Наиболее распространенные причины возникновения неисправностей в роликах и колесах различные виды механического износа, среди которых:

- износы реборды;
- износы поверхности катания;
- износы смазывающих элементов;
- ослабление крепления.

Возникновение неисправностей на колесах и роликах может быть связано с неправильным режимом эксплуатации мостового крана, ошибках в монтаже конструкций, а также в некачественном проведении ежедневного осмотра и выполнении технического обслуживания и ремонта.

Необходимо пересмотреть методику обслуживания и ремонта мостовых кранов. Кроме того, следует обратить внимание на наиболее уязвимые элементы, провести анализ доступных на рынке аналогов, которые способны выполнять те же требования, что и существующие компоненты, но с меньшим уровнем износа и большим сроком эксплуатации. Данные меры позволят повысить надежность оборудования, а также оптимизировать процессы его обслуживания. Таким образом, правильная стратегия по выбору деталей, выполнению осмотра, технического обслуживания и ремонта позволит существенно продлить срок службы колес и роликам, и также снизить вероятность возникновения неисправностей.

Литература

1. Александров М. П. Подъемно-транспортные машины: учеб. для вузов. – М. : Высшая школа, 1985. – 520 с.
2. Kasper Fuglem Røkke Crane Maintenance in the Era of Industry 4.0. // Norwegian University of Science and Technology: Subsea Technology, 2017. – 136 p.
3. Анализ рынка электрических мостовых кранов в России в 2014–2018, прогноз на 2019–2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://businessstat.ru/images/demo/electric_overhead_traveling_cranes_russia_2019_demo_businessstat.pdf?clckid=ef2719fc. (дата обращения: 12.11.2024).
4. Guerra-Fuentes L., Hernandez-Rodriguez M. A. L., Garcia-Sanchez E. Failure analysis of steel wire rope used in overhead crane system // Engineering Failure Analysis, Volume 118, Mexico, 2020. P. 58–63.
5. Ритенман И. Л., Ритенман В. И., Блейшмидт Л. И. Вероятность возникновения отказов при эксплуатации механизма передвижения грузовой тележки мостового крюкового электрического крана // Научно-технический вестник Брянского государственного университета, 2018. – № 1. – С. 426–446. – Doi.org/10.22281/2413-9920-2017-03-04-426-446.
6. Троценко Д. А., Давыдов А. К., Зайцев А. Н., Москвин П. В., Лисихин И. В. Прогнозирование остаточного ресурса металлоконструкции мостового крана // Вестник Курганского государственного университета, 2005. – № 2. – С. 9–11.
7. Пишмин Ю. И., Наугольнов В. А., Пишмин И. Ю. Общие принципы технической диагностики мостовых кранов // Инженерный вестник Дона, 2012. – № 4–2. – С. 201.
8. Короткий А. А., Павленко А. Н., Панфилова Э. А., Симонов Д. Н. Повышение безопасности эксплуатации мостовых кранов со сварной модульной конструкцией на основе анализа их аварий // Безопасность техногенных и природных систем, 2022. – № 4. – С. 42–50. – Doi.org/10.23947/2541-9129-2022-4-42-50/ (дата обращения: 12.11.2024).
9. Северсталь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://severstal.com/rus/> (дата обращения: 12.11.2024).
10. Управление эффективностью оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://it.severstal.com/products/po-nadezhnost/> (дата обращения: 12.11.2024).
11. Курбацкая С. В., Курбацкая О. В. Краткий обзор мостовых кранов // Научные труды молодых ученых, аспирантов и студентов: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки (с международным участием). Межвузовский сборник. Вып. 9. – Омск : СиБАДИ, 2012. – С. 127–130.

УДК 656.091

Ксения Геннадьевна Нужная,
аспирант
Олеся Владимировна Малихина,
канд. экон. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: nugnaya_ks@mail.ru,
lesya265@gmail.com

Ksenia Gennadievna Nuzhnaya,
postgraduate student
Olesya Vladimirovna Malikhina,
PhD in Sci. Ec., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: nugnaya_ks@mail.ru,
lesya265@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ ДЛЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В РАЗРЕЗЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF A DRIVER TRAINING SYSTEM FOR TRUCK TRANSPORT IN THE CONTEXT OF THE APPLICATION OF A COMPETENCE-BASED APPROACH

В рамках работы было проведено обзорное исследование системы организации подготовки водителя грузового транспорта, изучена статистика трудового рынка, образовательных организаций и их программ подготовки. Изучена система нормативно-правовой документации регламентирующей обязанности человека по специальности «водитель грузового транспорта» и программы обучения данной специальности. По итогам анализа были выявлены проблемы и несоответствия, а также рассмотрена возможность применения многокритериальной компетентностной модели для ликвидации установленных несоответствий.

Ключевые слова: обучение, подготовка, водитель, грузовой транспорт, компетенция.

In the framework of the work was carried out a review study of the system of organization of training of truck driver. For this research the analysis of the situation on the labor market in the direction of “truck driver” was conducted, as well as the statistics of organizations engaged in training/retraining of these specialists and their training programs was studied. The system of normative-legal documentation regulating the duties of a person in the specialty “truck driver” and training programs for this specialty was studied. According to the results of the analysis the trends, problems and inconsistencies were identified, and the possibility of applying a multi-criteria competence model to eliminate the identified inconsistencies was considered.

Keywords: education, training, driver, freight transport, competence.

Введение

Как и любой вид деятельности, управление грузовым транспортом имеет свои особенности, например большие габариты грузовика создают «слепые зоны» [1], которые требуют особого контроля при движении и маневре. Так же крупные габариты и масса не только самой машины, но и груза значительно усложняют маневренность и сильно увеличивают тормозной путь машины, что требует постоянного контроля траектории движения. Эти очевидные факторы, в свою очередь, оказывают влияние на последствия ДТП с грузовым автотранспортом – количество серьезных аварий с тяжелыми последствиями как для машин, так и для людей с участием грузовиков в три раза превосходит

аналогичные случаю с легковыми автомобилями. При этом, согласно статистике ГИБДД, только 30 % из них обусловлены не человеческим фактором, т. е. не по вине водителя.

Правительство РФ и ГИБДД комплексно работают над повышением безопасной ситуации на дорогах за счет снижения как количества аварий, так и снижая их тяжесть. Для разработки и планирования мероприятий в данной сфере была разработана и принята Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018–2024 годы. Схематичную основную суть Стратегии можно представить в виде следующей структуры, рис. 1. [2]

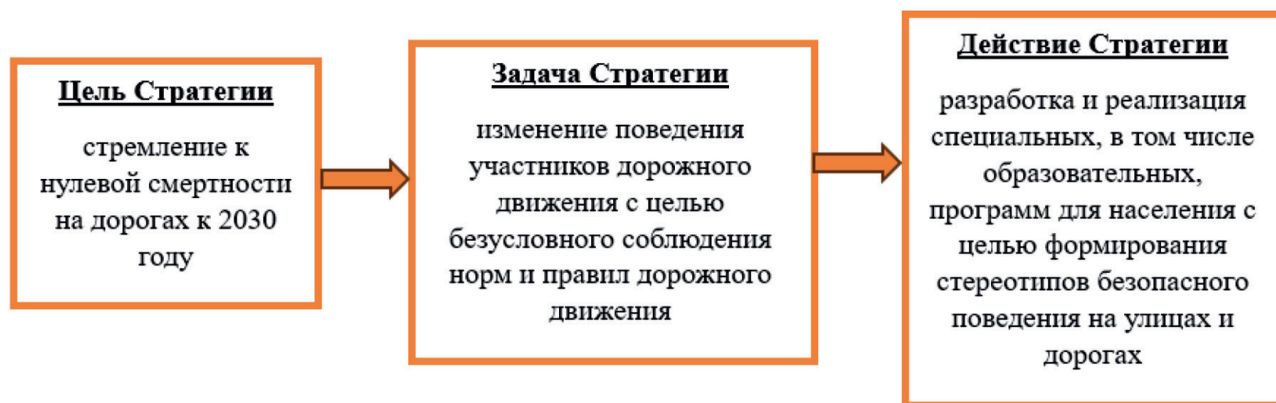


Рис. 1. Суть Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации

Как видно основное внимание уделяется процессу обучения водителей, т. е. его изменения с целью снижения к минимуму случаев нарушения правил дорожного движения и за счет этого снижения как количества, так уровня аварийности. На сегодняшний день подводятся итоги реализации Стратегии, с целью принятия дальнейших решений.

Методы

Подведем статистику данных влияния различных аспектов на организацию подготовки водителей в 2023 г.

Информация «Ассоциации автомобильных грузоперевозчиков и экспедиторов» по возрастному составу водителей перевозчиков следующая: средний возраст 52 года [3], что означает «устаревание» профессии – уменьшение количества успешно обучившихся и сданных квалификационные испытания, а также точ факт, что уровень образования устарел, но частично компенсируется опытом работников, но сложности в освоение инновационных методов и технологий в профессиональной деятельности остаются.

Изучим данные рынка труда на 2023 г.:

- в РФ количеств профессиональных водителей около 7 млн чел. – вакантных рабочих мест около 100 тысяч [4] – частично такую нехватку кадров можно списать на последствия пандемии и СВО;
- дефицит водителей категорий С и Е, которые управляют грузовиками массой свыше 3,5 тонны, вырос и достиг 25 % [4] – что можно объяснить таким фактом как повышение требований в процессе обучения и сдаче квалификационного экзамена.

Рассмотрим данные ГИБДД по обучавшихся и сдавших на права (для оценки динамики возьмем 2022 и 2023 гг.) [5, 6], данные приведены в табл. 1 и на рис. 2.

Таблица 1

Данные статистики по выданным правам на 2022–2023 гг.

Выдано водительских удостоверений	2022 г.		2023 г.	
	млн шт.	%	млн шт.	%
Всего:	1,35		1,37	
Категория А	0,0595	4,41	0,074	5,4
Категория В	1,1	81,48	1,06	77,4
Категория С	0,12	8,89	0,1287	9,4
Категория D	0,0326	2,41	0,0314	2,3
прочие категории	0,0379	2,81	0,0759	5,5

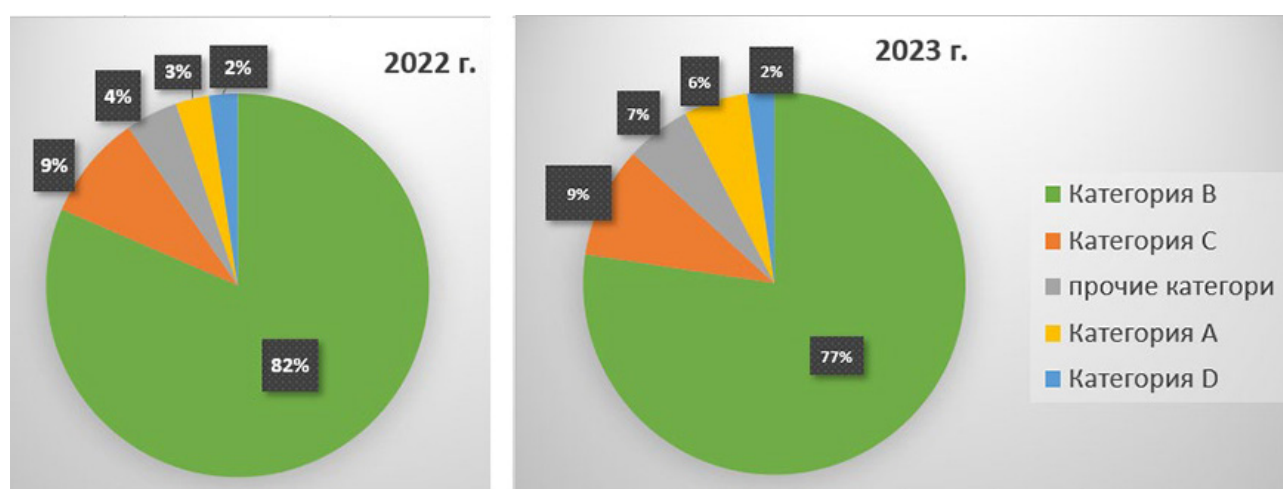


Рис. 2. Структура выданных водительских удостоверений на 2022 и 2023 гг.

Внедрение новых, более строгих норм подготовки и аттестации привели к отрицательному влиянию – кол-во выданных водительских удостоверений категории С, как и общее количество выданных прав расчет очень медленно. С учетом количества ДТП данный показатель нельзя трактовать положительно.

Изучим ситуацию с организациями, которые обеспечивают подготовку водителей, т. е. автошколы. Данные портала «Автошкола.ру» [7], для анализа был взят город Санкт-Петербург – как один из транспортных центров страны и для сравнения региональный центр с количеством жителей до 1 млн чел. – Краснодар, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Данные по автошколам Санкт-Петербурга и Краснодара

Показатель	Санкт-Петербург		Краснодар	
	Количество, шт.	Доля, %	Количество, шт.	Доля, %
автошколы	97	100	23	100
категории С и СЕ	15	15,5	5	15,5
в т. ч. обе категории	5	5,2	3	5,2

Данные не только подтверждают информацию о том, что «только четверть автошкол готовят водителей грузовиков массой свыше 3,5 тонны» [6], но и показывают, что ситуация немного хуже. Количество автошкол готовящих и просто водителей грузовых автомобилей и водителей грузовиков с прицепами очень мало – желающим обучиться и работать просто тяжело найти автошколы.

Подобная ситуация объясняется сложностью организации материально-технической базы для проведения процесса обучения, в частности:

- обучение проводится на устаревших тягачах, которые в реальности не используются;
- по факту в школах нет полуприцепов, с которыми на практике работают водители грузовиков;
- обучение идет по созданию навыков вождения, но не преподается, например, безопасное вождение;
- преподаются только знания и навыки в области ПДД, а сопутствующие навыки по профессиональным обязанностям (например, работа с базами данных, с документами, экспедирование) – нет.

«Ассоциация автомобильных грузоперевозчиков и экспедиторов» предлагает решение проблемы материально-технической базы за счет создания современных высокотехнологичных региональных центров подготовки, но это не сильно исправит ситуацию, если нет рабочей системы нормативно-регламентирующей документации [3].

Результаты

Данные о документах, регламентирующих требования к профессии водителя грузового транспорта и обучению, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Данные о регламентирующих документах

Учреждение	Документ	Дата принятия / состояние
Минтруд РФ	Профессиональный стандарт [8]	нет / (проект с 2013 г. не принят)
Минтруд РФ	Постановление об утверждении тарифно-квалификационных характеристик по общеотраслевым профессиям рабочих [9]	Действующий / 10 ноября 1992 года № 31, ред. от 24.11.2008
Государственный комитет СССР по труду и социальным вопросам	Квалификационный справочник профессий рабочих, которым устанавливаются месячные оклады [10]	Действующий / 20 февраля 1984 года № 58/3-102, ред. от 15.04.1991
Росстандарт РФ	«ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий» [11]	Действующий / 12.12.2014 № 2020-с, ред. от 18.02.2021

Учреждение	Документ	Дата принятия / состояние
Министерство просвещения РФ	Приказ об утверждении примерных программ профессионального обучения водителей транспортных средств соответствующих категорий и подкатегорий [12]	Действующий / 8 ноября 2021 г. № 808
Образовательные учреждения (автошколы)	Программы профессиональной подготовки Программы переподготовки [13]	Действующие, утверждены согласно регламенту
Компании	Должностные инструкции	Действующие, утверждены согласно регламенту

Профессиональные стандарты введены в законодательство с 2012 года, когда был опубликован ФЗ-236. Профессиональный стандарт водителя грузового автомобиля выступает образцом при написании документов с описанием квалификационных требований и должностных обязанностей работников.

Дополнительные области его применения – основа для составления КРП, аттестация сотрудников и т. д. В рамках данной системы в 2013 году был разработан проект «Профессионального стандарта «Водитель грузового транспорта» [8], но до сих пор он не принят.

«Постановление об утверждении тарифно-квалификационных характеристик по общеотраслевым профессиям рабочих» определяет обязанности и знания водителя, а также его квалификацию – разряд. Для водителя грузового транспорта предусмотрено всего два разряда 5 и 6, при этом водитель 6-го разряда должен не только уметь работать на более широком круге ТС, но и знать основы экономики и нести ответственность за безопасность работы ТС. Естественно, программы подготовки не включают эти дополнительные знания [9].

«Квалификационный справочник профессий рабочих, которым устанавливаются месячные оклады», дает рекомендации по присвоению класса специалисту. Приятный еще в советское время документ априори не может соответствовать требованиям современности [10].

«Общероссийский классификатор занятий» – документ действующий и современный (последняя редакция была в 2021 году), но в нем перечислены только обязанности водителя грузового транспорта, но нет никакой информации, по квалификационной оценке, перечисленных действий [11].

В 2021 году была утверждена «Программа профессиональной подготовки водителей транспортных средств категории «С». Как указано в пояснительной записке программа создавалась в соответствии с требованиями ФЗ «О безопасности дорожного движения» и «Об образовании в Российской Федерации», т. е. получается, что программа обучения никак не связана с профессиональными требованиями специалиста «Водителя» [12].

На основании примерной программы. Автошколы разрабатывают свои программы обучения, которые в обязательном порядке соответствуют требованиям примерной программы, а не потребностям современного рынка, табл. 4 и 5.

Таблица 4

**Структура рабочей программы обучения
«Водитель грузового транспорта» [12]**

Учебные предметы	Количество часов		
	Всего	В том числе	
		Теоретические занятия	Практические занятия
Учебные предметы базового цикла			
Основы законодательства Российской Федерации в сфере дорожного движения	42	30	12
Психофизиологические основы деятельности водителя	12	8	4
Основы управления транспортными средствами	14	12	2
Первая помощь при дорожно-транспортном происшествии	16	8	8
Учебные предметы специального цикла			
Устройство и техническое обслуживание транспортных средств категории «С» как объектов управления	60	52	8
Основы управления транспортными средствами категории «С»	12	8	4
Вождение транспортных средств категории «С» (с механической трансмиссией/с автоматической трансмиссией)	72/70	—	72/70
Учебные предметы профессионального цикла			
Организация и выполнение грузовых перевозок автомобильным транспортом	12	10	2
Квалификационный экзамен			
Квалификационный экзамен	4	2	2
Итого	244/242	130	114/112

Реальные требования к знаниям водителя [11]

Знать устройство и грамотно пользоваться органами управления, современными системами высокотехнологичного оборудования автотранспортного средства	Оборудования гидравлических, механических, пневматических, электрических и электронных систем для надёжной и безопасной его эксплуатации и ремонта (инженерная и операторская деятельность)
Знать и грамотно применять требования нормативно-правовых документов, действующих в области пассажирских перевозок:	ПДД РФ для недопущения ДТП, а также особенностей психофизиологии труда водителя, КоАП РФ, УК РФ и ГК РФ, грамотно участвовать в процессе оформления наступившего события (нарушения ПДД или ДТП), инструкций для водителей по: охране труда, безопасности движения, пожарной безопасности, экологической безопасности для недопущения несчастных случаев на производстве, исключения негативного воздействия на природу и окружающую среду, оформлению путевой документации для недопущения нарушений существующих требований гражданского, административного и даже уголовного законодательства, что может привести к финансовым потерям автопредприятия (исполнительская и контролирующая деятельность)
Знать законы рыночной экономики и оперировать приёмами ведения бизнеса для индивидуальных предпринимателей	

Как видно, знания, которые даются в рамках программы обучения не полностью отвечают реальным потребностям. Помимо технических знаний, знаний нормативов и документов, знаний систем электронного документооборота необходимым становится знание законов рыночной экономики и понимание приёмов ведения бизнеса для индивидуальных предпринимателей, каковыми является часть водителей грузовых авто.

Поэтому компаниям-грузоперевозчикам приходится самим доводить до ума выпускников автошкол при подготовке их к выпуску на линию, т. е. происходит двойная система обучения, что для компаний экономически не выгодно.

Также можно отметить, что в условиях конкурентного рынка программа подготовки водителей нацелена на освоение базовых предметов, обеспечивающих успешную сдачу квалификационного экзамена. Аналогичная ситуация с должностными инструкциями – они составляются на основании Общероссийского классификатора занятий, а качественную оценку компании вынуждены придумывать самостоятельно

Обсуждение

По итогам исследования можно получить следующие выводы о подготовке водителей грузового транспорта. Устаревшие и противоречивые стандарты профессиональных

требований и обучения. Основным требованием к специалистам – профессионалам является обладание только базовыми и общими (ключевыми) навыками и знаниями – что не соответствует требованиям современности. Исходя из вышесказанного можно сделать вывод о несовершенстве системы подготовки специалистов данной области.

Исследуем сущность понятий «компетенция» и «компетентность». Наиболее распространенная ошибка считать их тождественными.

«Компетентность» – это характеристика человека, которая описывает его общие качества относительно конкретного стандарта (например, насколько человек способен быть компетентным водителем). А «компетенция» – это более узкое понятие, отдельный компонент, который относится к конкретной задаче/действию – например, выполнение маневра обгона. Исходя из этого, как нам кажется, правильно использовать понятие «компетентность» – для определения общего уровня навыков и знаний человека, а «компетенция» – в более узких, конкретных значениях. [14] Опираясь на данное различие вполне очевидно сделать следующий вывод: чтобы считаться компетентным сотрудником, человек должен показать и доказать, что он обладает необходимым набором компетенций.

В реальных условиях современного мира водитель часто является не только исполнителем обязанностей перевозчика, а играет роль представителя бизнес – оказывая услугу перевозки водитель вынужден постоянно взаимодействовать с клиентами, партнерами и поставщиками. Отсюда возникает необходимость деления компетенций на разные виды/уровни так как нельзя объединить в одну группу, например навык «вождения» и навык «заполнения накладной online». Как минимум необходимо выделение базовых- специализированных на функциональной основе компетенций, владение которым позволит водителю эффективно выполнять свои основные профессиональные обязанности и поведенческих (общих) компетенций которые обеспечат эффективную коммуникацию, что является основным залогом успеха в социальном взаимодействии.

Так как на процесс вождения влияет большое количество различных факторов, то для успешного выполнения своих профессиональных обязанностей водитель должен обладать большим количеством компетенций, при этом не обязательно иметь высокий уровень владения каждой из них. Данное обстоятельство приводит нас к понятию «Многомерные компетенции». Т. е. базовые компетенции необходимо расширить, добавив дополнительно те, которые будут давать возможность повышения производственной эффективности сотрудника и управления им. Под многомерными компетенциями водителя грузового транспорта можно понимать компетенции, направленные на повышение эффективности профессиональной деятельности, в условиях обеспечения безопасности процесса перевозки. [14] Таким образом, в профессиональные стандарты интегрируются дополнительные в сфере изучения менеджмента, психологии, конфликтологии и т. д.

Выводы

Решением выявленной проблем по несоответствию нормативной документации между собой и отсутствию принятого профессионального стандарта, на начальном этапе может стать разработка многомерной модели компетенций водителя грузового транспорта на основе проекта профессионального стандарта.

Данная модель может быть использована как для перехода от требований нормативной документации к требованиям представителям бизнес-сообщества, так и как основа для организации эффективной и современной системы обучения, обеспечивающей воспитание нового отношения и повышение уровня безопасности на дорогах, как единая основа по составлению должностных инструкций, поиска, отбора и аттестации сотрудников компаний на должности «водитель грузового транспорта». И в заключение можно сделать вывод, что применение компетентностного подхода для развития системы подготовки водителей грузового автомобильного транспорта малоизученный вопрос и имеет большие перспективные.

Литература

1. *Ильина И. Е.* Методология обеспечения безопасности дорожного движения с учётом подготовки водителей : автореферат дис. ... д-ра техн. наук : 2.9.5. / Ильина Ирина Евгеньевна; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» ; Диссовет 24.2.352.01 (Д 212.181.02)]. – Омск, 2024. – 32 с.
2. Правительство Российской Федерации Распоряжение от 8 января 2018 года № 1-р «Об утверждении Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018–2024 годы» – URL: <https://docs.cntd.ru/document/556323639> (дата обращения: 15.11.2024).
3. Дефицит дальнбойщиков в России: чем это грозит и что будет с ценами –URL: <https://www.autonews.ru/news/66e2ffb9a7947048646e95f> (дата обращения 17.11.2024).
4. Дефицит водителей в отрасли: экспертный взгляд на проблему –URL: <https://cargonomica.com/deficit-voditeley/> (дата обращения: 17.11.2024).
5. *Буранов И. В.* России за год выдано 1,37 млн водительских удостоверений // Газета «Коммерсантъ» № 34 от 27.02.2024, стр. 5.
6. *Турбин А. В.* ГИБДД назвали количество выданных прав в 2022 году – URL: <https://www.autonews.ru/news/63fdae4e9a7947cf614956fc?from=copy> (дата обращения: 18.11.2024).
7. Портал Автошколы.Ру – URL: <https://avtoshkoli.ru/> (дата обращения: 18.11.2024).
8. Текст проекта профессионального стандарта «Водитель грузового «автомобиля – URL: <https://liga.group/wp-content/uploads/2022/02/Professionalnyj-standart-voditelya-gruzovogo-avtomobilya.pdf> (дата обращения 18.11.2024).
9. Постановление Минтруда РФ от 10.11.1992 № 31 (ред. от 24.11.2008) «Об утверждении тарифно-квалификационных характеристик по общеотраслевым профессиям рабочих» – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_85715/ (дата обращения: 19.11.2024).
10. «Квалификационный справочник профессий рабочих, которым устанавливаются месячные оклады» (утв. Постановлением Госкомтруда СССР, ВЦСПС от 20.02.1984 № 58/3-102) (ред. от 15.03.1991) – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_79131/ (дата обращения: 19.11.2024).
11. «ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий» (принят и введен в действие Приказом Росстандарта от 12.12.2014 N 2020-ст) (ред. от 18.02.2021) – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_177953/ (дата обращения: 19.11.2024).
12. Приказ Минпросвещения России от 08.11.2021 № 808 (ред. от 26.09.2022) «Об утверждении примерных программ профессионального обучения водителей транспортных средств соответствующих категорий и подкатегорий» (Зарегистрировано в Минюсте России 10.03.2022 № 67672) – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_411245/ (дата обращения: 19.11.2024).
13. Автошкола Мегapolis – URL: <https://megapolis-car.ru/spb/kategoriya-c> (дата обращения: 19.11.2024).
14. *Кайманов А. Д.* Модель формирования многомерных компетенций у водителя пассажирского автотранспорта // Казанский педагогический журнал. 2013. № 2(97). С. 130–136.

УДК 656.02

Александр Михайлович Фигичев,
аспирант

Иван Дмитриевич Бешенцев,
студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: figichev@mail.ru,

ivanbeshentsev@yandex.ru

Alexander Mikhailovich Figichev,
postgraduate student

Ivan Dmitrievich Beshentsev,
student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: figichev@mail.ru,

ivanbeshentsev@yandex.ru

**АНАЛИЗ ДАННЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ ПАССАЖИРОПОТОКОВ
ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА ЛЕНИНГРАДА
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ
СИСТЕМЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

**ANALYSIS OF THE DATA OF SURVEYS OF PASSENGER TRAFFIC OF PUBLIC
TRANSPORT IN LENINGRAD FOR THE FORMATION OF A STRATEGY FOR
THE DEVELOPMENT OF THE TRANSPORT SYSTEM OF ST. PETERSBURG**

Во время прохождения стажировки в СПб ГУП «Горэлектротранс» была посещена Группа анализа пассажиропотоков, располагавшаяся на базе 2-го отделения. Специалист, ответственная за группу, рассказала о различных архивных научно-исследовательских работах, написанных на основе данных о проведении транспортных обследований. Была запрошена информация непосредственно из первоисточника – материалов обследований пассажиропотоков – так как требовалось сформировать определённые выводы. В данной статье, не углубляясь в детали, будет рассмотрена историческая ретроспектива развития трамвая и троллейбуса, и сделаны выводы касательно стратегии развития транспортной системы Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: история Санкт-Петербурга, трамвай, троллейбус, городской наземный электротранспорт (ГНЭТ), транспортные обследования.

During the internship at St. Petersburg State Unitary Enterprise «Gorelektrotrans», the Passenger Flow Analysis Group, located on the basis of the 2nd department, was visited. The specialist in charge of the group spoke about various archival research works written on the basis of data from transport surveys. Information was requested directly from the primary source - the materials of passenger traffic surveys – since it was necessary to draw certain conclusions. In this article, without going into details, we will consider the historical retrospective of the development of trams and trolleybuses, and draw conclusions regarding the strategy for the development of the transport system of St. Petersburg.

Keywords: the history of Saint-Petersburg, tram, trolleybus, civil ground electric transport, transport surveys.

Развитие городского пассажирского транспорта необходимо осуществлять в увязке с градостроительными и экономическими перспективами. Но есть то, что отличает транспорт от всех остальных сфер жизни: он должен быть всегда, и работать по расписанию. Застройку можно притормозить, экономические кризисы также возможны, и в этих условиях наиболее сложной задачей представляется обеспечение бесперебойной работы транспорта. Огромное значение для работы транспорта имеет инфраструктура: на её грамотном содержании и своевременном обновлении базируется высокая

эффективность электротранспорта. Поэтому данный вид транспорта необходимо развивать планомерно, и, вне зависимости от расходов на его содержание, закладывать в бюджет определённую сумму, как минимум их превышающую. Доказательством этой гипотезы послужит почти 70-летний опыт развития системы электрического транспорта Ленинграда (с 1925 по 1991 г.).

С 1925 года развитие трамвайного сообщения в Санкт-Петербурге приобрело системный характер – началось комплексное проведение транспортных обследований (рис. 2). До 1930 года проводились 2 раза в год, с 1931 по 1940 г. – 1 раз в год. Они позволили синхронизировать показатели работы трамвайной системы и определить причины их роста или падения. Некоторые показатели начали оценивать уже в 1925 году: выпуск вагонов, вагоно-километры, число пассажиров, пассажиро-километры, число пересаживающихся пассажиров, среднее наполнение на вагон/на перегоне и коэффициент неравномерности. На следующий год ко всем перечисленным добавился показатель средней длины поездки, ещё через 2 года – протяжение маршрутов, а с 1930-х годов стало возможным оценить вагоно-рейсы и число пассажиров на 1 вагоно-километр по 4-осным вагонам. И лишь к 1940-му году подошла необходимость оценивать среднюю мощность пассажиропотока. В табл. 1 представлена общая структура сводной таблицы различных показателей по годам обследования [1].

Ряд показателей, выросших относительно значений предыдущих обследований, отмечены зелёным цветом; ряд тех, которые сохранились без изменений – оранжевым; ряд снизившихся относительно предыдущих – красным. Пояснение к каждому из этапов развития ленинградского трамвая представлены в табл. 2.

Таблица 1

Общая структура сводной таблицы различных показателей по годам обследования ленинградского трамвая [авторский анализ данных обследований]

Показатели/ Период обследования	Протяжение маршрутов	Приведение к 4-осным вагонам			Число пассажиров	Пассажиры-километры	Число пассажиров, совершивших пересадки	Средняя длина поездки	Среднее наполнение на вагон		Коэффициент неравномерности	Пассажиры на 1 ваг/км	Средняя мощность пассажиропотока
		Выпуск вагонов	Вагоно-рейсы	Вагоно-километры					На маршруте	На перетоне			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Октябрь 1987	1 073,7	1 712	22 346	352 040	3 031 450	8 873 870		2,86	24,0	40,0	1,70	9,1	8,1
Октябрь 1981	960,5	1 666	15 108	258 000	2 857 393	9 704 000		3,3	38,3	59,8	1,65	11	5,0
Октябрь 1976	932,7	1 541	17 386	282 000	3 325 800	11 268 900	1 507 662	3,4	36,7	59	1,64	12	12,1
Октябрь 1972	902,8	1 466	19 083	321 053	3 054 900	11 196 000	1 007 130	3,7	35,2	53,7	1,54	9	12,4
Октябрь 1968	776,9	1 365	18 648	317 648	3 322 585	11 753 177	1 043 131	3,54	37,0	56,0	1,51	10,5	15,13
Апрель 1966	693,1	1 295	16 111	275 595	3 112 604	10 382 548	939 605	3,34	37,7	58,3	1,55	11,3	14,97
Ноябрь 1963	665,0	1 295	17 354	298 721	2 995 229	11 069 288	956 421	3,7	37,1	55,1	1,49	10,0	16,62
Показатели, приведенные к 2-осным													
Апрель 1958	592,81	1 984	26 631	422 981	2 715 762	11 326 119	1 097 528	4,17	26,8	41,2	1,54	6,4	19,11
Апрель 1953	563,87	1 658	23 663	363 159	2 679 533	10 563 154	1 054 812	3,94	29,1	45,0	1,55	7,4	18,77
Апрель 1949	476,63	1 641	22 417	319 853	2 548 545	9 522 957	1 029 658	3,74	29,8	45,0	1,54	8,0	20,19
Май 1947	413,75	1 531	19 576	275 188	3 223 565	10 861 143	1 174 405	3,37	39,5	60,0	1,55	11,7	26,25
Ноябрь 1946	356,04	1 394	15 414	216 602	2 562 454	3 316 590	399 318	3,24	38,4	58,3	1,52	11,8	23,35

Июнь 1945	302,70	1 083	14 360	192 260	2 346 413	6 956 529	784 438	2,95	36,0	54,6	1,52	12,20	22,82
Ноябрь 1940	703,53	2 085	29 039	475 356	3 754 753	14 668 097	1 382 347	3,91	30,3	48,2	1,56	7,90	20,85
Апрель 1939	695,49	2 173	29 916	479 715	3 856 049	14 651 181	1 405 312	3,83	30,5	47,9	1,57	8,00	—
Апрель 1938	705,12	2 012	27 736	536 105	3 736 954	14 948 165	1 443 317	4,0	27,9	43,4	1,56	6,97	—
Апрель 1937	699,16	2 064	28 507	495 910	3 445 544	14 155 171	1 379 178	4,11	28,5	44,8	1,57	6,95	—
Декабрь 1935	539,69	2 129	30 621	461 341	3 321 817	13 158 455	1 336 636	3,96	28,5	44,3	1,55	7,21	—
Декабрь 1934	613,56	2 031	29 306	441 994	3 453 286	13 660 041	1 376 128	3,86	30,9	47,2	1,53	7,80	—
Март 1933	592,66	1 681	24 556	354 208	3 800 557	14 457 978	1 471 589	3,80	40,8	61,4	1,50	10,73	—
Февраль 1932	545,74	1 644	23 816	344 269	3 323 053	12 953 607	1 315 109	3,90	30,7	56,6	1,50	9,65	—
Февраль 1931	465,56	1 458	—	325 471	3 008 160	11 121 926	1 182 804	3,73	34,5	53,8	1,56	3,24	—
Ноябрь 1929	431,85	1 137	—	246 001	1 905 098	7 542 449	834 760	3,97	30,7	43,2	1,57	—	—
Май 1929	358,59	1 041	—	217 130	1 720 785	6 165 021	718 450	3,58	28,4	42,3	1,49	—	—
Декабрь 1928	363,46	926	—	184 388	1 360 260	4 759 604	571 870	3,49	25,8	38,9	1,51	—	—
Февраль 1928	349,87	882	—	169 851	1 245 510	4 349 115	526 040	3,49	25,6	38,4	1,50	—	—
Декабрь 1926	—	763	—	160 859	1 175 300	4 007 145	527 520	3,41	25,0	38,2	1,53	—	—
Май 1926	—	686	—	148 754	1 061 174	3 590 866	490 148	3,38	24,1	36,3	1,50	—	—
Октябрь 1925	—	613	—	127 168	879 600	2 963 176	406 382	-	23,3	35,4	1,52	—	—

Таблица 2

**Хронология этапов развития ленинградского трамвая
по данным транспортных обследований [авторские исследования]**

Периоды/ Показатели	Довоенный (1925–1940)	Послевоенный (1945–1966)	«Золотой век» (1966–1987)
Периодичность обследований	Ежегодно	Раз в 5 лет	Раз в 4 года
Ключевое направление развития города	Окраина центральной части города (1-й пояс застройки)	Окраинные районы (2-й пояс застройки)	Окраинные районы (3-й пояс застройки)
Основные мероприятия в рамках направления	Все маршруты проходят через центральные районы города	– Продление части маршрутов во 2-й пояс, сократив в центре города – Ввод маршрутов, соединяющих 1-й и 2-й пояса застройки с ТПУ 2-го уровня (на границе зоны 1-го пояса и центрального р-на)	– Продление части маршрутов в 3-й пояс, сократив в центре города – Ввод маршрутов, соединяющих 2-й и 3-й пояса застройки с ТПУ 3-го уровня (на границе зоны 2-го и 1-го поясов)
Цвет			

Исследована хронология изменения основных показателей, влияющих на величину транспортной работы: протяжённость маршрутной сети, объём выпуска вагонов, число пассажиров, пассажиро-километров и пересадок, среднее наполнение на вагон (на маршруте, на перегоне). Рассмотрим причины изменения данных показателей – первично-предполагаемые, на основе опыта различных городов; и фактические – научное объяснение исходя из влияния различных показателей, внешних и внутренних [2], [3]. Некоторые критерии стало возможным подсчитывать с определённого года, поэтому информацию о них невозможно получить с начала обследований. Систематизируем информацию в табл. 3.

Таблица 3

Хронология изменения основных показателей работы трамвая [авторские исследования]

Год	Фактор	Причина	
		Первично предполагаемая	Фактическая
Протяжённость маршрутной сети			
1935, 1939	Сокращение протяжённости маршрутной сети	– Демонтаж путей – Сокращение кол-ва маршрутов	– Длительный ремонт – Эксперименты с маршрутной сетью
1941–1945	Сокращение всех показателей (кроме среднего наполнения)	– Деградация предприятия	– Отключение энергохозяйства – Работа 4 диаметральных маршрутов

Год	Фактор	Причина	
		Первично предполагаемая	Фактическая
1968	Лишь через 25 лет удалось добиться довоенных показателей по всем критериям	– Послевоенный кризис – Сокращение населения	– В 1945–1948 годы менее активный ввод линий – Ввод лишь 4 новых маршрутов
Объём выпуска вагонов (вагоно-рейсы, вагоно-километры)			
1937, 1938 (вагоно-рейсы)	Небольшое развитие маршрутной сети и её потребностей	– Деградация трамвайного хоз-ва – Отсутствие финансирования	– В центральных районах развитие больше, чем на окраинах
1976–1981 (вагоно-километ-ры)	– Недостаток подвозящих м-тов – Сокращение диаметральных м-тов	Нехватка подвижного состава на всех маршрутах (списанных ед. > приобретённых)	Проведение исследований зависимости длины маршрута от пассажиропотока
Число пассажиров			
1947–1949	Колебания с 3,5 млн до 2,5 млн	Зависимость от уровня транспортного спроса (сложно определить в настоящее время)	Бурное развитие конкурентов (метро, тб, автобус) – перенос трамвайных линий на параллельные улицы
1949–1972	Постепенный рост (+0,1 млн за 5 лет)		
1972–1987	Колебания с 3,5 млн до 3,0 млн		
Пассажиро-километры и число пересадок			
1941–1947	Сокращение доли пересадочности в 2 раза	Формирование наиболее удобных для пассажира маршрутных связей	Безальтернативность диаметральных маршрутов
1947–1972	Стабильный рост кол-ва пересадок – итого +1 млн	Беспересадочные и удобные магистральные м-ты	Искривление маршрутов (перенос трамвайных линий)
к 1972	Рост кол-ва пересадок в геометрической прогрессии	Нестабильная работа трамвая	Полноценное формирование сетей троллейбуса и метро, которые на 1/3 разгрузили трамвай
Среднее наполнение на вагон (на маршруте + на перегоне)			
1934, 1935	Снижение наполнения на 1/3	Появление конкурентов (тб)	Проведение рокировок м. сети
1941–1945	Рост наполнения на 2/3	Улучшение работы м. сети	Снижение кол-ва маршрутов и сокращение оставшихся
1949–1958	Снижение наполнения на 1/3	Повышение комфорта перевозок	Рост кол-ва маршрутов

Год		Фактор	Причина	
			Первично предполагаемая	Фактическая
1958–1968		Рост наполнения на уровень 1945 года	Улучшение работы м. сети	Активная застройка 1-го пояса
1968–1972		Снижение наполнения на 2 порядка	Повышение комфорта перевозок	Проведение рокировок м. сети
1972–1981		Рост наполнения на уровень 1968 года	Улучшение работы м. сети	Активная застройка 2-го пояса
1981–1987	на м-те	Снижение наполнения на 1/2	Появление конкурентов в виде подвозящих маршрутов	Подвозящие маршруты ориентированы на метро (в метро рост показателей на м-те + на перегоне)
	на перегоне	Снижение наполнения на 1/3		

Исходя из хронологии изменения основных показателей транспортной работы трамвая, очевидно, что с ростом города и развитием маршрутной сети конкурентов – метрополитена, троллейбуса и автобуса – трамвай на определённый период терял пассажиров, но, тем не менее, восстанавливал эти показатели за счёт расширения сети в окраинных районах. Также, способность трамвая масштабироваться без ущерба пропускной способности и повышенная вместимость создавали те условия, при которых трамвай перевозил наибольшее количество пассажиров при наименьших затратах. Именно поэтому при всех научно-обоснованных прогнозах превышения доли метрополитена над трамваем ситуация фактически развивалась наоборот – трамвай, хоть и на 5 %, превышал долю перевезённых метрополитеном пассажиров [4].

Однако для полноценной оценки работы транспортного комплекса недостаточно опираться лишь на магистральные виды транспорта, как трамвай и метрополитен. Ниши, которые не были заняты вышеупомянутыми видами транспорта, заполнялись троллейбусом и автобусом. Суммарная доля автобуса (как регулярные, так и таксомоторные перевозки) в отдельные часы превышала аналогичные показатели трамвая и метрополитена. Однако рассмотрим в первую очередь так называемый «безрельсовый трамвай» – так известный транспортный инженер А. Х. Зильберталь охарактеризовал троллейбус [5]. В табл. 4 представлена общая структура сводной таблицы различных показателей по годам обследования.

По цветам различий с данными по трамваям нет – также: зелёный, оранжевый и красный. Однако, разницу можно заметить по этапам развития. Как и по трамваю, в довоенное время обследования проводились раз в год, а сеть развивалась преимущественно в центре города. В послевоенный этап началась застройка 1-го пояса (территория от границ с центральными районами до ближайших линий железной дороги), соответственно ряд маршрутов был направлен к основным объектам притяжения жителей новых домов.

Таблица 4

Общая структура сводной таблицы различных показателей по годам обследования
ленинградского троллейбуса [авторский анализ данных обследований]

Месяц	Год	Протяжение маршрутов	Выпуск тб	Машино-рейсы	Машино-километры	Число перевезённых пассажиров	Пассажиры-километры	Средняя длина поезди	Среднее наполнение		коэффициент неравномерности	пасс. на 1 м-км	ср. мощность пассажиропотока
									на м-те	на тах перроне			
окт	1987	949,9	962	16 102	198 580	2 230 110	5 459 460	2,44	25,7	43,3	1,70	10,7	12,2
окт	1981	564,0	937	12 702	149 000	1 698 379	4 859 000	2,80	30,9	48,7	1,59	11,3	4,3
окт	1976	600,6	807	13 241	139 000	1 707 800	5 246 200	3,10	31,6	48,0	1,53	12,0	8,7
окт	1972	429,3	671	11 811	163 586	1 296 400	4 615 000	3,60	31,2	41,4	1,37	7,0	10,8
окт	1968	261,7	511	11 067	109 718	1 091 705	3 393 347	3,11	30,9	41,8	1,35	10,0	13,0
апр	1966	200,5	415	9143	90 654	993 756	2 828 969	2,85	31,2	44,4	1,42	11,0	14,2
ноя	1963	161,0	344	7495	72 674	719 991	2 306 328	3,20	31,7	42,5	1,34	9,9	14,3
апр	1958	124,6	226	5919	52 990	670 172	1 591 801	2,37	30,0	40,8	1,36	12,6	12,8
апр	1952	64,3	131	3579	32 018	427 713	958 334	2,24	29,9	45,4	1,52	13,4	14,9
апр	1949	56,8	120	3308	27 599	261 508	569 376	2,19	20,7	31,4	1,52	9,5	10,2
май	1947	25,4	77	2572	16 236	228 108	529 210	2,32	32,6	41,0	1,26	14,0	20,8
май	1940	30,6	61	1966	14 005	143 803	405 293	2,53	28,9	40,3	1,39	10,3	13,3
апр	1939	28,2	76	2197	14 984	129 423	327 512	2,53	21,9	29,6	1,35	8,6	11,6
апр	1938	13,5	56	1468	9 268	81029	183 837	2,59	19,8	29,1	1,47	8,7	13,8
апр	1937	5,8	35	1030	6 000	52463	109 696	2,09	18,3	27,6	1,31	8,7	19,1

В «южный» этап началась застройка 2-го (территория от линий железной дороги до основных внутригородских хордовых магистралей) и 3-го (территория от основных внутригородских хордовых магистралей до КАД) поясов, преимущественно на юге города – и троллейбус до 1968 г. развивался преимущественно там. Далее, на «северо-восточном» этапе началась застройка аналогичных южным поясов, и так до 1987 года троллейбус развивался в большей степени на севере города. Пояснение к данным этапам и подробная информация о развитии сети в каждом из них представлены в табл. 5.

Таблица 5

**Хронология этапов развития ленинградского троллейбуса
по данным транспортных обследований [авторские исследования]**

Периоды/ Показатели	Довоенный (1937–1940)	Послевоенный (1947–1952)	«Южный» (1958–1966)	«Северо- восточный» (1968–1987)
Периодичность обследований	Ежегодно	В среднем раз в 3 года	В среднем раз в 4 года	В среднем раз в 5 лет
Ключевое направление развития города	Центральная часть города	Окраина центральной части города (1-й пояс застройки)	Окраинные южные районы (2-й и 3-й пояса застройки)	Окраинные северные и восточные районы (2-й и 3-й пояса застройки)
Основные мероприятия в рамках направления	Все маршруты проходят через центр города, не сильно заходя за его границы	– Продление части маршрутов в 1-й пояс, не сократив в центре города	– Продление части маршрутов во 2-й и 3-й пояса южных районов, не сократив в центре города – Ввод маршрутов, соединяющих 1-й и 3-й пояса застройки с ТПУ 2-го уровня (на границе зон 1-го пояса и центра)	– Продление части маршрутов во 2-й и 3-й пояса северных и восточных районов, сократив в центре города – Ввод маршрутов, соединяющих 1-й и 3-й пояса застройки с ТПУ 2-го уровня (на границе зон 1-го пояса и центра)
Цвет				

Рассмотрим аналогичную трамвайной хронологию изменения основных показателей, влияющих на величину транспортной работы. Критерии сохраняются, лишь некоторые изменяются: по объёму выпуска вместо вагонов, вагоно-рейсов и вагоно-километров

будут машины, машино-рейсы и машино-километры соответственно, вместо среднего наполнения на вагон (на маршруте и на перегоне) будет среднее наполнение на машину. В отличие от трамвая, по троллейбусам все критерии стало возможным подсчитывать с первого же года проведения обследований. Систематизируем информацию в табл. 6.

Таблица 6

**Хронология изменения основных показателей работы троллейбуса
[авторские исследования]**

Год	Фактор	Причина	
		Первично предполагаемая	Фактическая
Протяжённость маршрутной сети			
1947	Сокращение протяжённости маршрутной сети	– Демонтаж линий – Сокращение кол-ва маршрутов	– Послевоенное восстановление
1981	Сокращение практически всех показателей (кроме выпуска и машино-километров)	– Деградация предприятия	– Уход ряда маршрутов из центральных районов города
Объём выпуска машин (машино-рейсы, машино-километры)			
1940, 1981 (машино-рейсы)	Небольшое развитие маршрутной сети и её потребностей	– Деградация трамвайного хоз-ва – Отсутствие финансирования	– В центральных районах (1940) и в окраинных (1981) развитие на тот момент было достаточным
1940, 1976 (машино-километры)	– Кол-во маршрутов осталось тем же при снижении выпуска (1940) – Рост количества подвозящих м-тов (1976)	Нехватка подвижного состава на всех маршрутах (списанных ед. > приобретённых)	– Малая развитость троллейбуса (1940) – Проведение исследований зависимости длины маршрута от пасспотока (1976)
Число пассажиров			
Всё время обследований, за исключением 1981 г.	Стабильный прирост пассажиропотока на 30–40 %	Стабильный рост численности населения города	Стабильное открытие 12 км линий/год, по 1,5–2 маршрута в год
1981	Снижение пассажиропотока на 0,55% к 1976 г.	Зависимость от уровня транспортного спроса (сложно определить в настоящее время)	– Ошибка подсчёта – Восприятие пассажирами результатов исследований зависимости длины маршрута от пасспотока (с 1976)

Год	Фактор	Причина	
		Первично предполагаемая	Фактическая
Пассажиро-километры и число пересадок			
1937–1940	Двукратный разброс (70–140 тыс.) 104878,5	Скачкообразное соотношение количества маршрутов с выпуском машин	Интенсивное развитие маршрутной сети: покрытие всех диаметральных направлений в центральных районах города – Увеличение средней длины поездки
1947–1952	Троекратный разброс (40–380–640 тыс.) 354197		Интенсивное развитие маршрутной сети: покрытие всех диаметральных направлений в районах 1-го пояса городской застройки – Стагнация и уменьшение средней длины поездки
1958–1968	600515 (500–700 тыс.)	Равномерное соотношение количества маршрутов с выпуском машин	– Равномерное развитие маршрутной сети: покрытие всех диаметральных направлений в районах 2-го и 3-го поясов городской застройки – Увеличение средней длины поездки
1966–1987 (включая 1981)	Десятикратный разброс (–400 – 600 – 1,2 млн) 516513	– Сокращение маршрутов конкурентов (автобус, трамвай) – Чрезмерное развитие определённого вида транспорта в наиболее населённых районах – Недовыпуск ПС/сокращение маршрутной сети в других районах	– Ошибка подсчёта – Интенсивное развитие маршрутной сети: покрытие всех диаметральных направлений в районах 2-го и 3-го поясов городской застройки – Уменьшение средней длины поездки
1981	-387200	– Появление подвозящих маршрутов, нарушивших стабильность работы диаметральных маршрутов	– Ошибка подсчёта – Восприятие пассажирами результатов исследований зависимости длины маршрута от пасспотока (с 1976)

Год	Фактор	Причина	
		Первично предполагаемая	Фактическая
Среднее наполнение на машину (на маршруте / на максимальном перегоне)			
1937–1940	Рост по обоим показателям на ежегодно (на 3,5 и 4,2 соответственно)	– Повышение количества пассажиров при сохранении выпуска	– Рост кол-ва маршрутов и пассажиров опережал рост выпуска
1947–1949	Снижение по обоим показателям (на 10 пунктов)	– Снижение количества пассажиров при сохранении выпуска	– Восстановление системы из кризиса, расконсервация ПС, не сильно пострадавшего от боевых действий
1952–1963	Рост по показателю на маршруте на 2 п., снижение по показателю на перегоне на 3 п.	– Разгрузка тб конкурентами на наиболее загруженных перегонах без повышенной задублированности	– Изменение вектора развития (из центра на юг) системы повлияло на загрузку перегонов, соединяющих точки притяжения в центре
1966–1968	Снижение по обоим показателям (на 1 и 3 п. соответственно)	– Формирование полноценной сети альтернативных видов подвозящего транспорта (автобус)	– Стабилизация системы (без резких перекосов в сторону центральных или южных районов)
1972–1976	Незначительный рост по показателю на маршруте (на 0,5 п.), рост по показателю на перегоне (на 7 п.)	– Кол-во пассажиров вне зависимости от маршрута увеличилось на определённых направлениях	– Неравномерное развитие северных и восточных районов загрузило основные перегоны, соединяющие СВР между собой или с центром
1981–1987	Снижение по обоим показателям (на 5 п.)	– Заключительный этап формирования транспортной системы, с соответствующим потребностям выпуском и характеристиками маршрутной сети	– Стабилизация системы (центральные, южные, северные и восточные районы равномерно распределили нагрузку на маршрутную сеть между собой)

Таким образом прослеживается комплексная взаимосвязь различных видов электротранспорта – так называемая «пирамида приоритетов» транспортного обслуживания городов СССР, представленная на рисунке. Трамвай считался основным видом транспорта в городе – во многом как аналог метро – и ходил по магистральным улицам. По крайней мере в окраинных районах городов было так, в центральной же части зачастую троллейбус замещал трамвай, а последний переносился на второстепенные улицы [6]. Этому есть объяснение – пропускная способность многих улиц не представляла возможным эксплуатацию трамвая, а троллейбус в те годы активно развивался. Но уже преимущественно в глубине микрорайонов, и был тем эффективен, что наименее

недоступные кварталы связывал с наиболее доступными объектами притяжения. В некоторых случаях, когда планировочная структура города сложилась вокруг одного крупного проспекта, соединяющего центральный и окраинный районы, троллейбус и трамвай обслуживали непосредственно проспект – альтернативных вариантов не было [7]. Особенно это характерно для путепроводов и тоннелей – «узких» мест – мест с ограниченной пропускной способностью.

Трамвай	Магистральные улицы В малых городах = метро	Дорогостоящая стройка Долгосрочный результат	Темпы ввода – 3 км/год
Троллейбус	Улицы местного значения Основной вид НГПТ	Запуск ТУАХ – временно Строить КС – эффективно	Темпы ввода – 12 км/год
Автобус	Внутрирайонные связи Постепенная замена на Тб	Закупка бенз/диз машин Экологичная ОНС/ИМС	Темпы ввода – 48 км/год
Ж/Д	Альтернатива метро при грамотной интеграции	Обустройство доступных и комфортных ТПУ	Тактовые – 1 маршрут/год
Метро	Развитие метрополитена в городах от 2 млн. человек	Система метро с нуля Метротрам/LRT/BRT	Темпы ввода – 2 станции/год

Пирамида приоритетов транспортного обслуживания городов СССР
[авторские исследования]

Аналогичную систему планирования необходимо было бы применить и сегодня. Ещё на этапе планирования землепользования и застройки новых территорий должна быть чётко выстроена транспортная сеть, вне зависимости от расходной части бюджета. Трамвайная линия – серьёзный инфраструктурный объект, и построить её в ближайшие сроки затруднительно – поэтому по центру магистральной улицы для неё необходимо зарезервировать территорию [8]. Троллейбусные линии возможно реализовать быстрее трамвайных, а на момент их отсутствия в район можно запустить ТУАХ (троллейбус с увеличенным автономным ходом). Оба упомянутых вида электротранспорта должны работать на диаметральных и магистральных маршрутах [9]. На автобус, в период освоения района, выпадет наибольшая доля пассажиропотока, поэтому его маршрутная сеть должна стабильно работать на подводящих маршрутах.

Переходя от этапа планирования к эксплуатации, стоит напомнить о важном аспекте – содержании инфраструктуры. Ремонтные работы должны быть спрогнозированы на годы вперёд, так как наиболее сложные работы без закрытия сети не провести, и необходимо распланировать ремонт по отдельным участкам. В этом ключе показателен опыт СПб ГУП «Горэлектротранс», в ведении которого насчитывается до 600 км контактно-кабельной сети [10]. При текущей загрузке инфраструктуры необходимо ежегодно ремонтировать от 20 до 30 км. Исходя из этих значений рассчитывается, что долгосрочный план ремонтных работ должен быть рассчитан и обеспечен на 25 лет вперёд. За это время произойдёт износ первоначально отремонтированных участков, и через 25 лет необходимо их вновь ремонтировать. Таким образом обеспечивается высокая надёжность инфраструктуры, быстрота и малое влияние ремонтных работ. Таким образом доказывается планово-циклический характер развития и содержания электротранспорта.

Литература

1. *Исполнительный комитет Ленинградского городского совета народных депутатов. Трамвайно-троллейбусное управление. Приказ от 27.09.1984 № 95 «О проведении обследования пассажирских потоков на трамвае и троллейбусе»* // Архив СПб ГУП «Горэлектротранс» – Ф. ГАП-1984 – Оп. 3. Д. 207. Ед. хр. 493
2. *Новиков А. В, Ерёмин С. В.* Методика оценивания пассажиропотоков городской сети общественного транспорта и конкретных параметров маршрутной сети с почасовым объёмом перевозок // *Мир транспорта и технологических машин*, 2019. № 4 (67). С. 50–56.
3. *Рогавинчене Л. И., Парамонов, С. Б* Сравнение методов анализа пассажиропотока маршрутной сети и остановочных пунктов // *Научное обозрение: теория и практика*. 2020. № 5 (73), том 1. С. 911–922.
4. *Саломатов Е. М., Колларж С. А.* Способы обследования пассажиропотоков для оптимизации маршрутной сети крупных городов // *Материалы 31-ой Региональной научной студенческой конференции в 7 частях «Интеллектуальный потенциал Сибири»*. Новосибирск: НГТУ, 2023. С. 424–427.
5. *Зильберталь А. Х.* Трамвайное хозяйство. Ч. 1: Руководство для работников и учащихся // Москва; Ленинград : ОГИЗ – Трансиздат, 1932. – 300 с.
6. *Петров Н. С.* К итогам обследования пассажиропотоков по новым и старым маршрутам // Газета «Ленинградские магистрали», № 24 от 3 марта 1989 г.
7. *Бешенцев И. Д., Белехов А. А.* Сравнение городского пассажирского транспорта мегаполисов на основе показателей различных лет и способы выхода из кризиса // *Мир транспорта и технологических машин*, 2024. № 3–3 (86). С. 3–13.
8. *Бешенцев И. Д.* Ряд мер по повышению эффективности городского общественного транспорта на примере исторического центра Санкт-Петербурга // *Материалы национального (всероссийского) круглого стола «Наука на иностранном языке – шаг в будущее профессионала»*. СПб. : СПбГАСУ, 2024. С 39–48.
9. *Коминаров З. Л.* К вопросу развития и работы разных видов городского пассажирского транспорта // *Комплексное развитие городского пассажирского транспорта*. Л. : Знание, 1970. С. 42–54.
10. *Степанов П. С.* Пространственное взаимодействие сетей электротранспорта в городах России // *Региональные исследования*, 2020. № 1(67). С. 110–121.

УДК 656.13:004.9

Артём Владимирович Хлыбов,
канд. физ.-мат. наук
Кирилл Вячеславович Никитин,
канд. техн. наук
Антон Максимович Ключев,
науч. сотр.
(ООО «НИР Фотоника»,
Санкт-Петербург)
E-mail: info@nirfotonika.ru

Artem Vladimirovich Khlybov,
PhD in Sci. Phys.-Math.
Kirill Vyacheslavovich Nikitin,
PhD in Sci. Tech.
Anton Maximovich Kluev,
research worker
(ООО «NIR Fotonika»,
St. Petersburg)
E-mail: info@nirfotonika.ru

ОПТОВОЛОКОННАЯ СИСТЕМА АВТОДОРОЖНОГО МОНИТОРИНГА

FIBER OPTIC TRAFFIC MONITORING SYSTEM

Оптоволоконная система автодорожного мониторинга основана на технологии распределённых оптоволоконных виброакустических датчиков. Чувствительным элементом выступает уложенная вдоль автомагистрали протяжённая оптоволоконная трасса (протяжённость 50–100 км), являющаяся приёмной антенной для виброакустических сигналов, создаваемых транспортными средствами. В статье рассматриваются методы обработки сигналов подобной системы применительно к задачам автодорожного мониторинга в реальном времени и при условии разреженного сценария движения. Предлагаемая система мониторинга может применяться в составе интеллектуальных транспортных систем, обеспечивающих поддержку подключённых и беспилотных автомобилей, предоставляя для них альтернативные источники данных.

Ключевые слова: распределённые датчики вибрации, оптоволоконный мониторинг, виброакустические сигналы, анализ трафика, интеллектуальные транспортные системы, обнаружение транспортных средств, классификация транспортных средств, сопровождение транспортных средств.

The proposed fiber optic traffic monitoring system uses the technology of fiber-optic distributed vibration sensing. A long (up to 100 km) fiber optic trace placed along a highway acts as a sensing element of the system and represents a receiving antenna for vibration and acoustic signals generated by moving vehicles. In this paper, various methods of signal processing in such a system are considered in regard to the tasks related to real-time traffic monitoring at the condition of sparse scenario of traffic movement. The proposed monitoring system can be used as a part of intelligent transport systems supporting connected and unmanned vehicles by providing them alternative data sources.

Keywords: distributed vibration sensing, fiber optic monitoring, traffic analysis, vibration-acoustic signals, intelligent transportation systems, vehicle detection, vehicle classification, vehicle tracking.

Введение

Технология мониторинга, основанная на распределённых оптоволоконных интерферометрических датчиках, предполагает использование протяжённой оптоволоконной трассы в качестве чувствительного элемента регистрируемых сигналов. Оптоволоконный кабель для мониторинга укладывается в кабель-канал вдоль края дороги, также для этого могут использоваться уже проложенные кабели, используемые для телекоммуникаций. Для опроса трассы применяются различные оптические рефлектометрические техники, схожие с радиолокационными, когда зондирующий импульс света отражается или

рассеивается на неоднородностях среды. Принцип работы технологии заключается в создании вдоль оптоволоконной трассы динамических оптических интерферометров, позволяющих регистрировать сигналы продольных вибраций оптического волокна вдоль всей оптоволоконной трассы.

Распределённые оптоволоконные интерферометрические датчики применяются для обнаружения источников сигналов вибраций, сейсмических сигналов и звуковых сигналов в различных областях техники: охрана протяжённых периметров [1], мониторинг транспортных систем (железные дороги, трубопроводы [2, 3]). Существуют проекты применения подобных систем для автодорожного мониторинга [4]. Преимущества оптоволоконных систем автодорожного мониторинга: экономическая эффективность за счёт большой протяжённости обслуживаемых участков дорог, отсутствие слепых зон, обнаружение объектов, не имеющих взаимодействующего оборудования. Рассмотренный в статье подход отличается от предложенных ранее тем, что мониторинг автотранспорта осуществляется в реальном времени с минимально возможной задержкой.

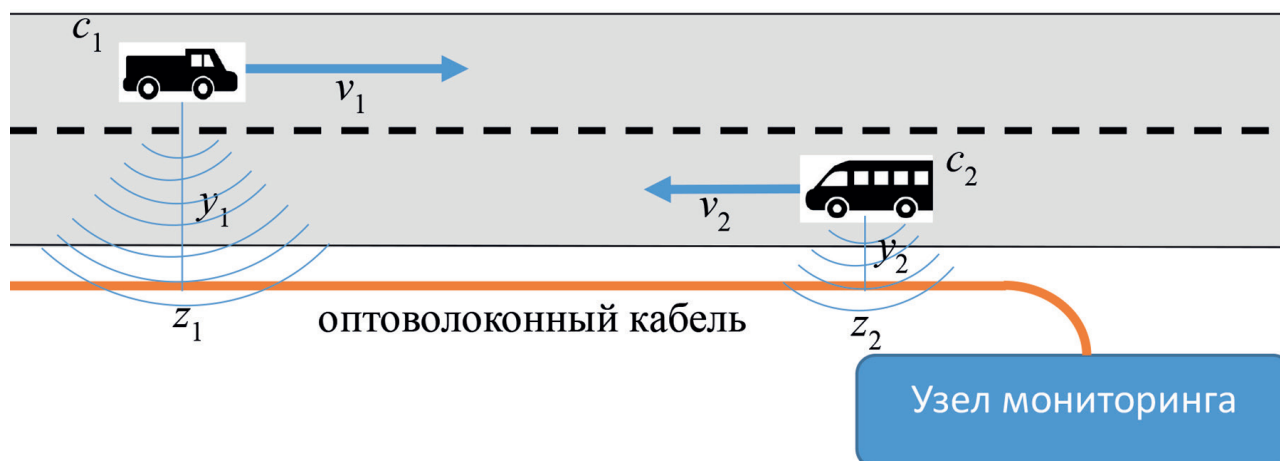


Рис. 1. Схема оптоволоконной системы автодорожного мониторинга

На рис. 1 показан способ применения узла мониторинга участка дороги длиной до 100 км. Протяжённый оптоволоконный кабель, уложенный вдоль автодороги, подключается к аппаратной части узла. Для каждого объекта на дороге в реальном времени система определяет продольную координату объекта z , поперечную координату y , скорость v и метку класса объекта c .

Узел мониторинга является основой территориально-распределённой сети автодорожного мониторинга, охватывающей множество участков дорог и использующей оптоволоконные кабели не только в качестве чувствительных элементов, но и как каналы обмена данными между узлами и центром мониторинга. Интеллектуальная транспортная система, основанная на системе оптоволоконного мониторинга, позволяет наблюдать и контролировать перемещение всех участников дорожного движения, прогнозировать, обнаруживать и быстро реагировать на опасные или нежелательные дорожные события и сценарии движения. Интеллектуальная транспортная система может включать, кроме этого, мобильные сети сотовой связи для передачи информации подключенным к системе автомобилям в реальном времени, что улучшает ситуационную осведомлённость как водителей, так и робототехнических транспортных средств.

Задачи и методы обработки сигналов транспортных средств

Особенности оптоволоконной технологии распределённых виброакустических измерений определяют возможности и ограничения системы автодорожного мониторинга на её основе. Технология позволяет одновременно принимать виброакустические сигналы всех источников вибраций дорожного покрытия, находящихся вблизи оптоволоконного кабеля, в реальном времени, с высоким пространственным разрешением порядка 1 м на участках дорог длиной до 100 км.

Перед применением алгоритмов, относящихся к высокоуровневой обработке данных, необходимо осуществить подготовку входных данных для извлечения сигналов продольных вибраций оптического волокна. Результатом предобработки является формирование пространственных приёмных каналов и временных кадров, совокупность которых представляет собой двумерную сетку пространственно-временных ячеек данных одинакового размера.

Одна ячейка содержит фрагмент сигнала вибраций длительностью, равной времени кадра, и соответствующего одному пространственному каналу. Дискретность пространственных каналов определяется скоростью работы подсистемы оцифровки сигналов. Длительность временного кадра выбирается из требования допустимой задержки с учётом свойств сигналов вибраций. Для каждой ячейки данных реализуется одна из трёх альтернатив:

1. Ячейка содержит фоновый белый шум;
2. Ячейка содержит сигнал вибраций от одного источника сигналов на фоне шума;
3. Ячейка содержит сумму сигналов вибраций от нескольких источников сигналов на фоне шума.

В стек алгоритмов высокоуровневого программного обеспечения оптоволоконной системы мониторинга входят: метод обнаружения и определения координат транспортных средств, метод классификации транспортных средств и фоновых событий, метод сопровождения движущихся транспортных средств. Далее эти методы будут рассмотрены подробно при условии так называемого разреженного сценария движения, когда среднее расстояние между транспортными средствами намного превышает их средний размер; в этом случае вариант 3 реализуется редко.

Обнаружение

Различные методы обнаружения медленно движущихся объектов для оптоволоконных систем мониторинга виброакустических сигналов ранее предлагались в [5–7]. Метод обнаружения быстро движущихся автомобилей на основе применения нейронной сети-автокодировщика к временному распределению квазистатических продольных деформаций оптоволоконка предложен в [8].

Предлагаемый нами метод обнаружения объектов [9] применяется к извлечённым в результате предобработки сигналам вибраций, соответствующих длительности одного кадра времени. Метод основан на кластеризации пространственного распределения энергии регистрируемых сигналов вибраций в ячейках данных и состоит из следующих стадий обработки:

1. Вычисление пространственного распределения энергии сигналов вибраций;
2. Обнаружение уединённых или слабо перекрывающихся кластеров пространственного распределения энергии, соответствующих транспортным средствам;
3. Подгонка параметров распределения для каждого кластера.

Простейшим способом оценки энергии сигналов является вычисление эмпирической дисперсии для каждого вектора в наборе ячеек данных. Ниже приведён пример (рис. 2) пространственно-временного распределения энергии в ячейках данных при проезде двух встречных автомобилей, яркость соответствует логарифму энергии в ячейках данных.

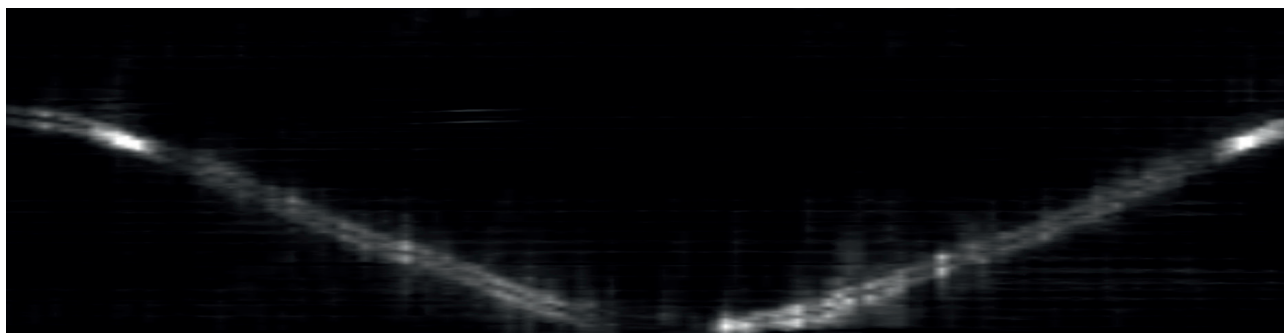


Рис. 2. Движущиеся автомобили на пространственно-временной карте событий.
По горизонтали – кадры времени, по вертикали – пространственные каналы

Анализ пространственного распределения энергий сигналов использует свойства затухания энергии вибраций. Известно, что энергия колебаний экспоненциально затухает в однородной среде, при этом скорость затухания описывается декрементом α , величина которого определяется свойствами среды распространения сигнала. Следует также учитывать геометрическую расхожимость поверхностных волн вибрации, в связи с чем пространственное распределение энергии сигналов от точечного источника обратно пропорционально корню расстояния до него. Будем называть кластером распределение энергии сигналов вибраций точечного источника.

Кластер описывается четырьмя параметрами: продольной координатой центра, максимальной величиной распределения энергии, поперечным расстоянием между источником сигналов и оптоволоконной трассой, а также декрементом затухания. Положение центра кластера (z_0) вдоль трассы соответствует одномерной координате точки минимального расстояния между оптоволоконной трассой и источником сигналов, как показано на рис. 3. Расстояние (y) между источником сигналов и оптоволоконной трассой определяется в направлении, поперечном по отношению к направлению трассы. Пример пространственного распределения энергии регистрируемых сигналов $E(z)$ вдоль оптоволоконной трассы показано на том же рисунке.

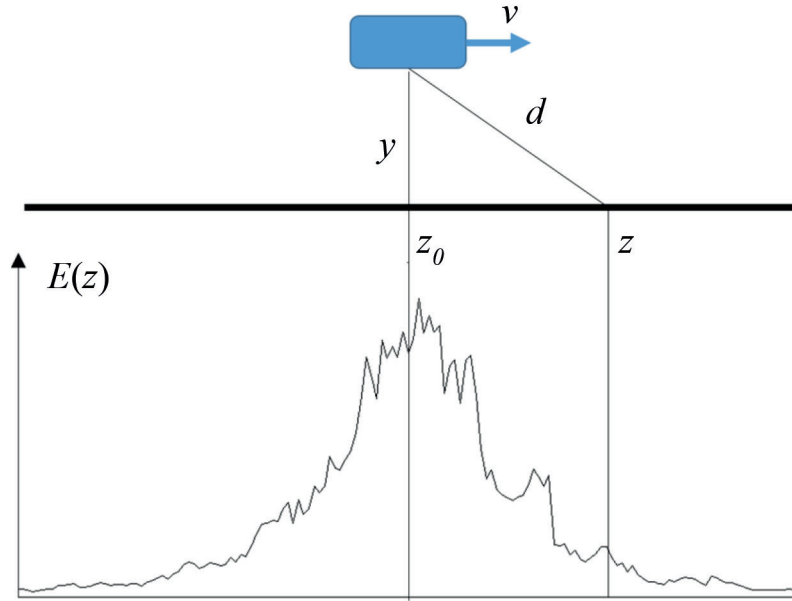


Рис. 3. Пример эмпирического распределения энергии $E(z)$ источника виброакустических сигналов с координатами (z_0, y) вдоль трассы. Линейный масштаб по оси энергии

Обозначим энергию источника сигналов в точке $E(z_0, y)$ как E_0 . Эта величина является функцией массы транспортного средства и его скорости. Энергия регистрируемых вдоль трассы сигналов $E(z)$ меньше, чем E_0 , вследствие затухания энергии с увеличением расстояния до источника; она максимальна в центре кластера z_0 . Обозначим расстояние d от источника сигналов с координатами (z_0, y) до некоторого приёмного канала с координатами $(z, 0)$:

$$d(z) = \sqrt{(z - z_0)^2 + y^2} \quad (1)$$

Также на вид распределения $E(z)$ оказывают влияние следующие параметры: скорость движения источника сигнала v , длительность временного кадра Δt , на котором вычисляется энергия сигналов, продольная длина L источника сигнала, ширина зондирующих световых импульсов Δz (для схемы опроса типа «рефлектометрия во временной области»; в общем случае Δz – это разрешающая способность оптоволоконного датчика по пространству).

Учёт всех параметров, включая энергию источника сигнала E_0 , позволяет выразить $E(z)$ в виде двойного интеграла по длительности кадра и ширине пространственного канала:

$$E(z) = E_0 \cdot \int_0^{\Delta t} \int_{z+v \cdot t}^{z+v \cdot t + \Delta z} \exp\{-\alpha \cdot d(z_1)\} \cdot \sqrt{\frac{d_0}{d_0 + d(z_1)}} dz_1 dt \quad (2)$$

В случае $z \gg y$, что верно для хвостов кластера, распределение $E(z)$ прямо пропорционально величинам E_0 и Δt . В дальней зоне «хвосты» распределения энергии $E(z)$ становятся экспоненциальными. На рис. 4 и 5 приведены примеры расчёта по формуле (2) при некоторых комбинациях параметров.

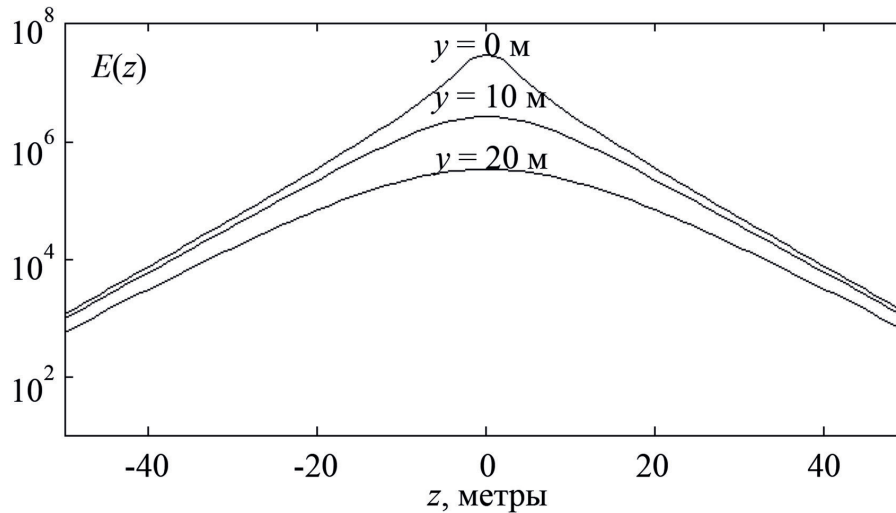


Рис. 4. Семейство расчётных зависимостей мгновенного пространственного распределения энергии сигналов вибраций движущегося источника сигналов при изменении поперечной координаты источника. При этом ширина импульса света $\Delta z = 5$ м, длительность кадра $\Delta t = 1$ с, скорость $v = 0$ м/с, продольная координата $z_0 = 0$ м. Логарифмический масштаб по оси энергий

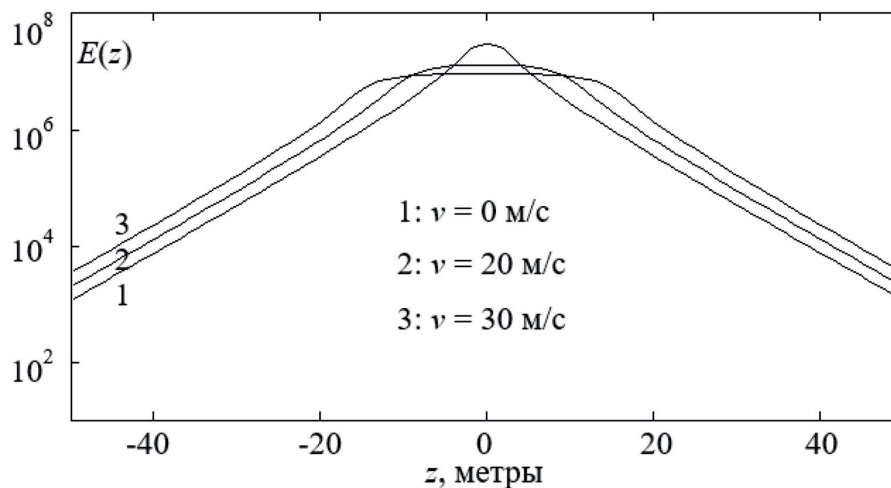


Рис. 5. Семейство расчётных зависимостей мгновенного пространственного распределения энергии сигналов вибраций движущегося источника сигналов при изменении скорости v движения источника сигнала. При этом ширина импульса света $\Delta z = 5$ м, длительность кадра $\Delta t = 1$ с, поперечная координата $y = 0$ м, продольная координата $z_0 = 0$ м. Логарифмический масштаб по оси энергий

Для рисунков 4 и 5 источник сигнала имеет координату $z_0 = 0$ м, энергия источника $E_0 = 10^7$, пространственное разрешение $\Delta z = 5$ м, длительность кадра $\Delta t = 1$ с, декремент затухания энергии сигнала $\alpha = 0.175$ м⁻¹, длина источника сигналов предполагается малой (точечное воздействие). На графиках масштаб по оси энергий логарифмический. На рис. 4 приведено семейство зависимостей $E(z)$ при изменении поперечной координаты y до источника сигнала, при нулевой скорости. На рис. 5 приведено семейство зависимостей $E(z)$ при изменении скорости v движения источника сигнала, при этом поперечная

координата $y = 0$ м. Во всех случаях хвосты распределения являются линейными зависимостями от координаты в логарифмическом масштабе энергий.

Обнаружение источника сигнала производится выделением соответствующего кластера из измеренного распределения энергии $E(z)$. В основе метода используется априорная информация о линейном характере зависимости хвостов распределения энергии при рассмотрении этого распределения в логарифмическом масштабе. Порог алгоритма обнаружения имеет смысл отклонения участка эмпирического распределения $E(z)$ от прямой линии с известным наклоном. Алгоритм обнаружения кластеров был испытан на виртуальном стенде, для которого оценки параметров случайных распределений были взяты из эмпирических распределений, соответствующих движению реальных транспортных средств.

Характеристики алгоритма были определены по отношению к динамическому диапазону кластера – это отношение максимальной энергии кластера, соответствующей координате его центра z_0 , к энергии фоновых шумов. На рисунке 6 показано, как определяется динамический диапазон кластера, шкала энергий логарифмическая. На рисунке 7 приведена зависимость эмпирической вероятности пропуска алгоритма обнаружения от динамического диапазона в логарифмическом масштабе. Вероятность пропуска (ошибка второго рода) P_2 равна 0 при динамическом диапазоне более 10 дБ. При этом эмпирическая вероятность ложного срабатывания P_1 равна 0 во всём исследуемом динамическом диапазоне.

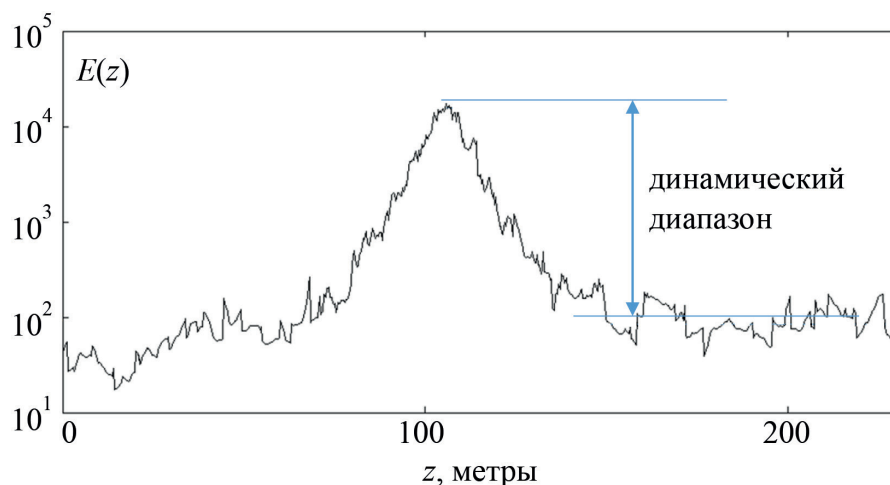


Рис. 6. Пояснение к введению величины динамического диапазона пространственного кластера энергии сигналов вибраций, относящегося к уединённому источнику сигналов. В логарифмическом масштабе для шкалы энергий эта величина равна разности максимальной величины распределения и уровня фонового шума

Метод обнаружения способен не только обнаруживать пространственные кластеры распределения $E(z)$, но и оценивать их параметры: декремент затухания, координату центра кластера z_0 . Форма вершины кластера позволяет приближённо оценить параметры скорости $|v|$ и поперечного удаления объекта y при заданном пространственном разрешении системы Δz . Оценки $|v|$ и y могут впоследствии использоваться для завязки траектории в методе сопровождения.

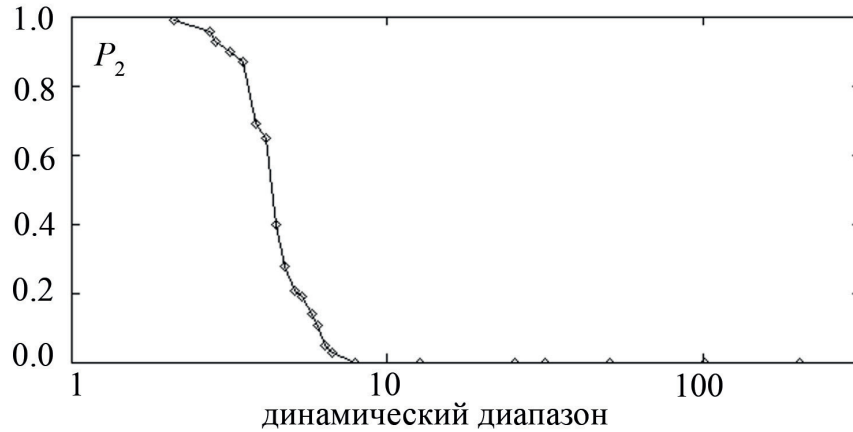


Рис. 7. Зависимость вероятности пропуска P_2 от величины динамического диапазона для способа обнаружения источников сигналов вибраций, основанного на поиске экспоненциальных хвостов мгновенного распределения энергии сигналов вибраций

Так как координата центра кластера z_0 в алгоритме обнаружения определяется по совокупности точек, соответствующих линейным участкам логарифмического распределения, точность оценки z_0 высока и превышает пространственную разрешающую способность оптоволоконного датчика. При достаточно большом динамическом диапазоне регистрируемых энергий можно определять координату z_0 с ошибкой менее 1 м. На рис. 8 показана эмпирически найденная зависимость среднеквадратичной ошибки определения центра кластера z_0 в метрах в зависимости от динамического диапазона кластера в логарифмическом масштабе. Ширина оптического импульса Δz равна 5 м. Видно, что при динамическом диапазоне более 10 дБ ошибка определения координаты z_0 меньше 1 м. Уменьшение среднеквадратичной ошибки при дальнейшем уменьшении динамического диапазона объясняется тем, что кластеры при этом существенно уменьшаются в размерах.

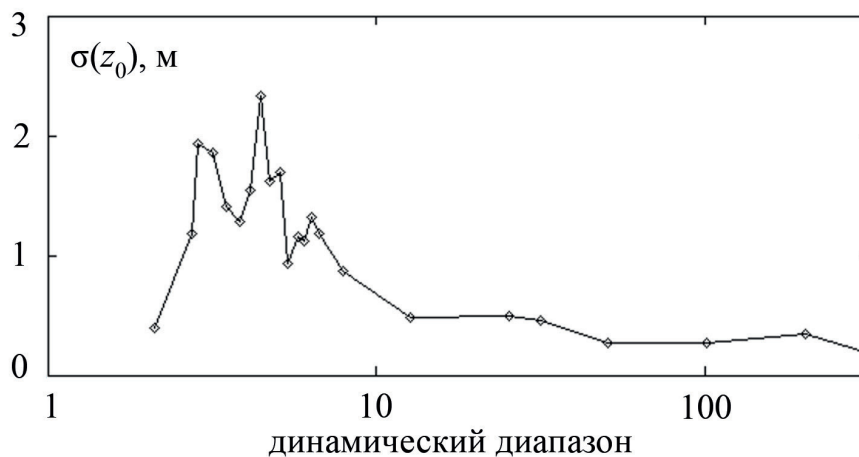


Рис. 8. Зависимость среднеквадратичного отклонения ошибки в оценке продольной координаты z_0 от логарифма динамического диапазона для способа обнаружения источников сигналов вибраций, основанного на поиске экспоненциальных хвостов мгновенного распределения энергии сигналов вибраций

Практика показала, что предложенный алгоритм обнаружения кластеров энергий способен различать кластеры с небольшой степенью перекрытия, не превышающей 30 % площади в линейном масштабе энергий. На рис. 9 показан пример двух перекрывающихся кластеров и найденные алгоритмом линейные участки эмпирического распределения $E(z)$.

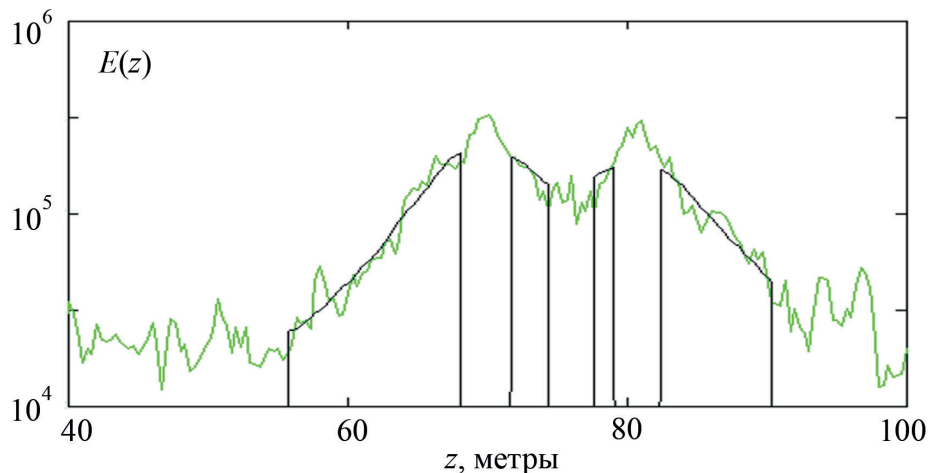


Рис. 9. Пример обнаружения перекрывающихся в пространстве кластеров, соответствующих двум источникам сигналов вибраций по мгновенному эмпирическому распределению энергии вибраций. Показаны найденные пространственные диапазоны, соответствующие линейным участкам (для логарифмического масштаба по оси энергий)

После обнаружения кластеров в пространственном распределении энергии $E(z)$ осуществляется проверка наличия остаточных кластеров, которые могли быть закрыты большими кластерами. Для этого распределение найденных на данном шаге кластеров вычитается из $E(z)$, после чего осуществляется повторный поиск кластеров для разностного распределения.

Вероятность пропуска цели алгоритмом оценена в 9,5 % по эмпирическим данным. Вероятность ложного срабатывания 14,6 %. Эмпирическое распределение ошибки определения координаты z_0 близко к гауссову. Алгоритм пропускает цели или даёт заметную ошибку в определении координат цели в случаях значительного пересечения хвостов распределений энергии соседних кластеров, поэтому без доработки неприменим для плотного сценария движения.

Классификация

Классификация транспортных средств с помощью оптоволоконной системы мониторинга может осуществляться различными способами. Например, нами рассматривался подход, когда все обнаруженные события, локализованные во времени и пространстве, проходят распознавание, затем осуществляется слияние локальных решений во времени и пространстве на основе апостериорной информации. Выяснилось, что такой подход имеет существенный недостаток, поскольку требует больших вычислительных мощностей в виду большого количества возникающих событий в задаче автодорожного мониторинга.

В настоящее время принят другой подход, намного более экономичный с точки зрения вычислительных затрат. Он основан не на слиянии решений, а на слиянии данных и применении к результату слияния алгоритмов распознавания. Следует иметь в виду, что объединяемые ячейки данных соседних пространственных каналов имеют относительный фазовый сдвиг, поэтому складывать необходимо не сами сигналы, а их энергетическое разложение, например, спектральную плотность мощности или вейвлет-пакетное представление.

Вследствие доплеровского эффекта наблюдается смещение частот виброакустических сигналов, создаваемых быстро движущимся объектом, что позволяет грубо оценить мгновенную скорость объекта. Следовательно, суммирование энергетических признаков, соответствующих ячейкам данных на левом и правом склонах пространственного кластера, необходимо производить по отдельности. Классификация результатов суммирования для склонов также осуществляется по отдельности. Окончательный результат классификации определяется слиянием локальных решений для левого и правого склонов. В случае, если спектр сигнала объекта содержит выделяющиеся дискретные энергетические компоненты, становится возможным определить направление движения и оценочно скорость по разности частот дискретных компонент. Точность определения скорости зависит от спектрального разрешения по времени и, в случае коротких временных кадров, невелика.

Для классификации объектов мы применили классификатор в виде одномерной свёрточной нейронной сети. Подобные нейронные сети отлично зарекомендовали себя для распознавания одномерных сигналов, например, сейсмических сигналов, электрокардиограмм и аудиосигналов, а также виброакустических сигналов распределённых оптоволоконных интерферометрических датчиков [10]. Как показал сравнительный анализ, в рассматриваемой задаче данный метод превосходит другие альтернативные методы, такие как SVM, EM-GMM и другие, по различению признаков сигналов и по обобщающей способности. Операция свёртки позволяет эффективно выделить абстрактные признаки в свёрточных слоях нейронной сети. Слои исключений обеспечивают устойчивость сети при обучении и уменьшают эффект переобучения. Чем больше количество свёрточных слоёв в нейронной сети, тем больше уровень абстракции выделяемых признаков. Количество свёрточных слоёв является основным гиперпараметром, который следует оптимизировать. Применение свёрточных сетей позволило полностью отказаться от стадии преобразования пространства первичных признаков, необходимой при применении других методов классификации, – эту операцию оптимальным образом осуществляет сама свёрточная сеть.

В процессе оптимизации структуры свёрточной сети были определены наилучшие величины гиперпараметры, такие как размерность фильтров, количество свёрточных слоёв и слоёв исключений. Их значение определяется количеством отсчётов в ячейке данных, которое зависит от длительности кадра времени и от частоты посылки зондирующих импульсов. Для обучения нейронной сети была взята библиотека отдельных событий, состоящая из 92 745 экземпляров четырёх классов: колёсный автомобиль, гусеничный, пешеход, фоновые шумы. Данные были собраны во время полевых испытаний системы, слияние данных при составлении библиотеки не осуществлялось. При формировании

подвыборок эта выборка была перемешана и 70 % значений были использованы как обучающая, 15 % – как контрольная, 15 % – как тестовая.

Полученная в результате обучения нейронная сеть имела около 300 000 параметров; средняя ошибка второго рода, полученная методом перекрёстной проверки, составила 4 %. Операции слияния данных и слияния локальных решений по времени позволяют уменьшить эту величину до пренебрежимо малой.

Сопровождение

Сопровождение объектов в реальном времени позволяет точно определять их мгновенную скорость и другие кинематические параметры за счёт анализа предыстории, а также осуществлять слияние решений классификации во времени.

Для сопровождения движущихся объектов был принят подход ассоциаций на основе плотности вероятности [11, 12]. Подход отличается хорошей точностью, нетребовательностью к вычислительным ресурсам за счёт рассмотрения только текущего состояния кинематических параметров (координат и скорости) объектов на каждом шаге и допускает различные модификации и расширения. Разработанный метод сопровождения требует оптимизации внутренних параметров, которую можно провести только при условии проведения контролируемых экспериментов. Для проведения контролируемых экспериментов с различными сценариями движения, включающих пересекающиеся траектории, близкие траектории, маневрирующие цели, использовался программный симулятор сценариев движения. Симулятор позволял эмулировать синтетические сигналы с учётом шума, удалённости объектов, скорости звука и декремента затухания для виртуальных целей с заданными пользователем параметрами.

В рамках метода в каждом временном кадре вычисляются вероятностные ассоциации «цель – отметка» в предположении гауссовских распределений, где отметками являются центроиды найденных на этапе обнаружения кластеров пространственного распределения энергии. Метод основан на математической модели, которая использует для каждой сопровождаемой цели вероятностный фильтр Калмана для хранения её текущих кинематических параметров. Необходимый порядок фильтра Калмана был определён в результате экспериментов. С помощью виртуального испытательного стенда были реализованы сценарии равноускоренного движения для определения эмпирической величины максимального ускорения, при которой алгоритм сопровождения способен сопровождать равноускоренную цель. При этом в модели движения ускорение не учитывалось. График на рисунке 10 показывает скачкообразное увеличение ошибок сопровождения при ускорениях объектов $0,85 \text{ м/с}^2$ и выше. Это связано с тем, что алгоритм сопровождения слишком слабо корректирует предполагаемое состояние сопровождаемой цели по полученному измерению и постепенно отходит от истинной траектории цели. Для предотвращения подобных случаев в фильтр Калмана добавлено ускорение.

Виртуальный стенд позволил найти границы применимости предложенного метода сопровождения. На рисунке 11 показана зависимость между максимальным шумом процесса и максимальной пространственной плотностью равномерно движущихся объектов, при которой допускается лишь одна ошибка сопровождения на заданный временной интервал. Искомая зависимость близка к линейной.

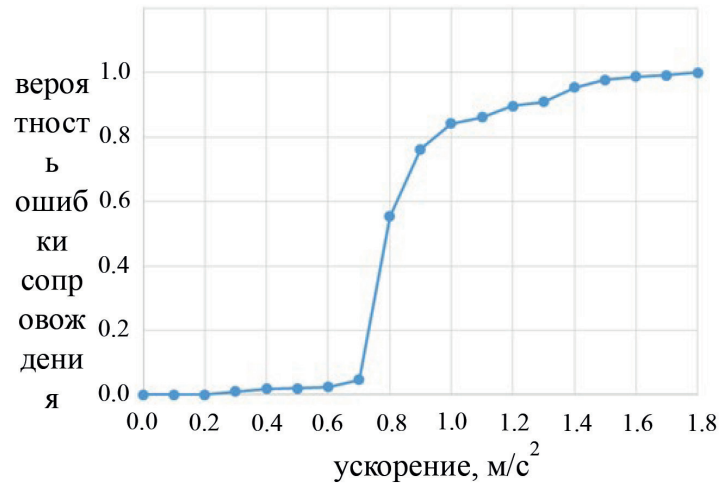


Рис. 10. Зависимость доли ошибок сопровождения от модуля ускорения цели (в м/с²)

Под плотностью целей понимается величина, обратная среднему расстоянию между объектами. Очевидно, что существует критическая плотность целей для заданного шума процесса движения, при которой наблюдаются множественные срывы сопровождения. Среднеквадратичная ошибка определения продольной координаты объекта приблизительно равна 1 м, что соответствует трём пространственным каналам; следовательно, критической плотности соответствует среднее расстояние 60 метров между объектами.

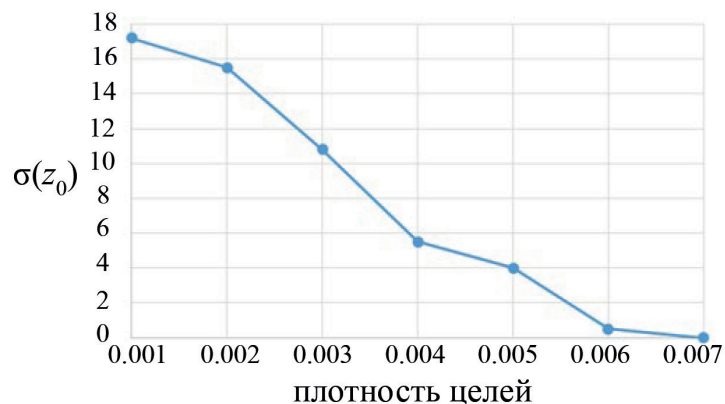


Рис. 11. Эмпирическая зависимость шума процесса движения от пространственной плотности целей. Обе величины выражены в пространственных каналах, ширина одного канала равна 0,33 метра

Задача сопровождения в плотном сценарии движения ещё не решена. Эксперименты с виртуальным стендом показали, что модификации метода вероятностных ассоциаций, включающие рассмотрение совместных вероятностей при наличии близких целей, не дают значимого преимущества в терминах сопровождения при увеличении плотности объектов, но при этом значительно увеличивают вычислительную нагрузку. В будущем будут опробованы методы, основанные на ассоциациях апостериорных вероятностей, таких как класс цели и её спектральная плотность мощности.

Выводы

Рассмотрен метод автодорожного мониторинга, основанный на программно-аппаратном комплексе, реализующем распределённый оптоволоконный виброакустический датчик и алгоритмы обработки виброакустических сигналов. Особенностью метода является то, что виброакустические сигналы движущихся объектов регистрируются одновременно на всём протяжении трассы с высоким пространственным разрешением; при этом энергия распространяющихся в грунте вибраций экспоненциально убывает с увеличением расстояния от объекта. Сигналы, создаваемые транспортными средствами, регистрируются одновременно во множестве приёмных пространственных каналов, что требует их группирования и совместной обработки. Поперечную координату, соответствующую удалённости объекта от волоконной трассы, возможно определить только косвенными методами и с большой ошибкой.

Рассмотренные в данной работе методы применимы для разреженного сценария движения, когда пространственные кластеры обособлены или имеют небольшое перекрытие. Для данного случая были разработаны алгоритмы обнаружения объектов и оценки их мгновенных кинематических параметров, использующие априорно известный вид пространственного распределения энергии сигналов. Алгоритмы позволяют определять продольную координату с ошибкой не более ± 1 метр; а также оценочно модуль скорости и поперечную координату. Был предложен метод распознавания, предполагающий слияние спектральной плотности мощности сигналов на склонах пространственных кластеров и применение классификатора на основе одномерных свёрточных нейронных сетей. Предложен метод сопровождения на основе вероятностных ассоциаций с фильтром Калмана второго порядка.

В рамках работ по проекту планируется расширить алгоритмы на случаи, соответствующие плотному сценарию движения.

Литература

1. Owen A., Duckworth G., Worsely J. OptaSense: Fibre Optic Distributed Acoustic Sensing for Border Monitoring // European Intelligence and Security Informatics Conference. 2012. 362–364.
2. Strong A., Sanderson N., Lees G., Hartog A., Twohig R., Kader K., Hilton G., Khlybov A. An integrated system for pipeline condition monitoring and pig tracking // J. of Pipeline Engineering. 2009. № 2(8), 127–139.
3. Duan N., Peng F., Rao Y.-J., Du J., Lin Y. Field test for real-time position and speed monitoring of trains using phase-sensitive optical time domain reflectometry (Φ-OTDR). // Proceedings of the SPIE, Volume 9157, id. 91577A 4 pp. (2014). DOI: 10.1117/12.2059188.
4. Pinchen R., Wu H., Swift-Hoadley D. Congestion and incident management application for Distributed Acoustic Sensing technology – NZTA case study // New Zealand 2014. ITS Asia Pacific Forum, Auckland. <https://fiberbroadband.org/wp-content/uploads/sites/2/2023/03/Congestion-and-Incident-Management-Applications.pdf> (дата обращения: 30.05.2025).
5. Mei X., Pang F., Liu H., Yu G., Shao Y., Qian T., Mou C., Lv L., Wang T. Fast coarse-fine locating method for Φ-OTDR // Optics express 2018. № 3(20), 2659–2667.
6. Патент JP2021512340A (Япония), «Spatial noise removal for distributed sensors», приоритет 28.06.2018, дата публикации 13.15.2021, Espacenet.

7. Патент US11131578B2 (США), «Two stage detection method for distributed vibration detection», приоритет 28.06.2018 (дата публикации: 28.09.2021), USPTO Patent Center.
8. *Ende M., Ferrari A., Sladen A., Richard C.* Deep Deconvolution for Traffic Analysis with Distributed Acoustic Sensing Data // IEEE Transactions on ITS. 2023. № 3(24), 2947–2962.
9. Патент RU2803396C1 (Россия), «Метод обнаружения объектов и определения их местоположения в реальном времени с помощью распределённых оптоволоконных интерферометрических датчиков вибраций», приоритет 05.12.2022, дата публикации 12.09.2023, бюллетень ФИПС № 26, 2023.
10. *Wu H., Chen J., Liu X., Xiao Y., Wang M., Zheng Y., Rao Y.* One-Dimensional CNN-Based Intelligent Recognition of Vibrations in Pipeline Monitoring With DAS // J. Lightwave Technol. 2019. 37, 4359–4366.
11. *Kirubarajan T., Bar-Shalom Y.* Probabilistic data association techniques for target tracking in clutter // Proceedings of the IEEE. 2004. № 3(92), 536–557.
12. *Bar-Shalom Y., Daum F., Huang J.* The probabilistic data association filter // IEEE Control Systems Magazine. 2009. № 6(29), 82–100.

Раздел 4. ЭКОНОМИКА

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

УДК 69.003

Алексей Брониславович Белоус,
д-р экон. наук
Марина Анатольевна Васильева,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: 9645450@gmail.com,
metaklyuch@mail.ru

Alexey Bronislavovich Belous,
Dr. Sci. Ec.
Marina Anatolyevna Vasilyeva,
postgraduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: 9645450@gmail.com,
metaklyuch@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ НА ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

THE IMPACT OF DIGITAL TRANSFORMATION ON CONSTRUCTION PROJECT PRICING

В статье исследуется влияние процессов цифровой трансформации на механизм ценообразования в контексте вызовов институциональной среды, характеризующейся высоким уровнем расщеплённости и тревожности. На основе комплексного анализа выявлены ключевые факторы изменения процессов формирования стоимости строительных проектов в условиях цифровизации. Методология исследования базируется на системном подходе, сочетающем количественные и качественные методы анализа данных. Авторы выявили влияние цифровых издержек на методологические подходы к формированию стоимости строительных проектов в аспекте автоматизации процессов расчета и корректировки изменений структуры ожидаемых результатов и затрат, согласования расхождения экономических интересов между объективной необходимостью цифровизации и субъективным восприятием ее ценности заинтересованными сторонами. Предложено внести в Методику определения сметной стоимости строительства двух новых статей расходов («цифровая грамотность» и «цифровая инфраструктура») с последующим определением и дополнением их величины в составе лимитированных затрат.

Ключевые слова: цифровая трансформация, ценовой механизм, ценообразование инвестиционно-строительного проекта, цифровые издержки, прозрачность, BIM-технологии, сметное нормирование, управленческие отношения, интеграция разделенного труда, строительная отрасль, объекты недвижимости, инвестиции, человеческий капитал, региональная и отраслевая экономика.

The article examines the impact of digital transformation processes on the pricing mechanism in the context of challenges of the institutional environment characterized by a high level of fragmentation and anxiety. Based on a comprehensive analysis, the key factors changing the processes of cost formation of construction projects in the context of digitalization were identified. The research methodology is based on a systems approach combining quantitative and qualitative methods of data anal-

ysis. The authors identified the impact of digital costs on methodological approaches to the formation of the cost of construction projects in terms of automating the processes of calculating and adjusting changes in the structure of expected results and costs, reconciling the discrepancy between economic interests between the objective need for digitalization and the subjective perception of its value by stakeholders. It is proposed to introduce two new expense items («digital literacy» and «digital infrastructure») into the Methodology for determining the estimated cost of construction, followed by determining and supplementing their value as part of limited costs.

Keywords: digital transformation, pricing mechanism, pricing of an investment and construction project, digital costs, transparency, BIM technologies, estimated rationing, management relations, integration of divided labor, construction industry, real estate, investments, human capital, regional and sectoral economy.

Внедрение цифровых технологий становится адекватным ответом на институциональные вызовы и угрозы, связанные с нарастанием экономических изменений [1]. Так или иначе, цифровая экономика трансформирует инструменты системы управления [2, 3] и выдвигает на передний план ценовой механизм взаимодействия участников процесса строительства. Деятельность строительных организаций осуществляется в условиях нелинейной динамики экономики TACI [4] и SHIVA [5], характеризующейся высокой степенью турбулентности и хаоса среды, что требует цифровой адаптации механизма ценообразования.

Участники строительства самостоятельно выбирают информацию о взаимовыгодных условиях и формализуют взаимные обещания для заключения контракта [6]. Строительный проект представляет собой совокупность контрактов и взаимосвязей, состоящих из фиксации ценовых соотношений результатов и затрат, прав и обязательств между центрами принятия решений. Однако нестабильность институциональной среды ухудшает соотношение цен между субъектами, развивается информационный диссонанс, рассогласованность и конфликтные ситуации. В этой связи и цифровизация, и механизм ценообразования призваны способствовать лучшему пониманию происходящего, обсуждению альтернативных вариантов, доверию, эмпатии и достижению консенсуса. Следует согласиться с мнением Ю. Н. Харари [7], информация служит для того, чтобы соединять нас друг с другом.

В зависимости от функциональной роли субъекта влияние цифровой экономики на механизм ценообразования воспринимается различно. Традиционно цена рассматривается как стоимость, определяемая денежным выражением, или как число для учета полученных и истраченных денег. Тем не менее для предпринимателя* [8], цена – это коэффициент обмена стоимости/ценности между сторонами, стимул к поиску возможностей и ограничений, влияющий на поведение контрагента. Цена является мерой и ориентиром управленческих отношений, которые следует рассматривать как структурные взаимосвязи, образуемые сетью обменов возросших потребностей и ограниченных возможностей стейкхолдеров строительного проекта.

Необходимо учитывать, что влияние цифровой трансформации на рост цен будет различно восприниматься с уровня макро-, мезо-, микро- и корпоративной экономики [9–11],

* Предприниматель по Р. Кантильону – индивид, готовый к потерям, покупает средства производства по известной цене и будет продавать товар по цене, ему пока неизвестной.

федеральной, региональных, муниципальных властей, либо с позиции отдельных бизнес-структур и домохозяйств. Кроме этого, цифровизация осуществляется во многих сопутствующих строительству видах деятельности и оценка влияния механизма ценообразования отдельного участника строительного проекта становится субъективной, что является основой межфирменных взаимодействий.

Ясно то, что процессы цифровизации и ценообразования, как современные инструменты, способствуют согласованию решений, исходящих из множества центров. При этом достижение результатов от цифровой трансформации ограничивается затратами на основную деятельность строительных организаций. Необходимо подчеркнуть, что процессы по разработке отечественных программ, их внедрению, применению, обновлению на этапах проектирования, строительства, эксплуатации объектов недвижимости нуждаются в огромных инвестициях для интеграции разделенного труда, роста «человеческого капитала» [12] и повышения качества жизни.

В строительных проектах квалификация сотрудников напрямую влияет на цену, качество и скорость выполнения работ [13]. Инвестиции в образование становятся обязательным условием успешного внедрения цифровых технологий. Однако, строительство значительно отстает от других сфер деятельности по цифровизации [14, 15]. Участники «разделенного труда» [16] учитывают возможности институциональной среды [17] и заключают контракт в условиях «ассиметричной информации» [18]. Как следствие, решения из множества центров, приводят к рассогласованности цен между архитекторами, проектировщиками, подрядчиками, заказчиками, инвесторами.

Каждый участник инвестиционно-строительного проекта стремится сформировать цену, которая компенсирует понесенные затраты. Однако, в строительных контрактах не все затраты, принимаются и оплачиваются. Например, внедрение цифровой технологии в деятельность строительной организации предполагает серьезные инвестиционные расходы и операционные затраты, которые влекут за собой увеличение стоимости работ. При этом заказчики считают увеличение цены не справедливым и не готовы компенсировать затраты на цифровизацию, предъявленные в стоимости строительно-монтажных работ. Все дело в том, что оцифровка элементов, участвующих в стоимости процессов внедрения, обнажает фрагментарность и противоречивость знаний о делах друг друга при координации множества локальных центров принятия решений.

Возьмем для примера информационное моделирование (BIM) в строительстве. Специалистам, занимающимся цифровыми направлениями, очевидно, что для перехода на цифру (3D BIM – объемное проектирование, 4D BIM – планирование с учетом временных параметров, 5D BIM – оценка стоимости, 6D BIM – управление и эксплуатация объектов, 7D BIM – энергопотребление и устойчивое развитие, 8D BIM – безопасность строительства и эксплуатации) нужны инвестиции на повышение квалификации для интеграции цифровых моделей. Не случайно в строительных вузах готовят различных специалистов для работы в области многомерной цифровизации на основе стратегии управления «объектами, проектами, процессами и средой» [19].

Федеральная власть определила вектор цифрового развития, создает эффективную систему мониторинга, регулирует ценообразование, повышает прозрачность управлен-

ческих отношений, что способствует созданию комфортной и безопасной среды для жизни граждан нашей страны.

Цифровые технологии позволяют визуализировать образы, систематизировать «разрозненные знания» [20], автоматизировать процессы формирования стоимости строительных проектов ресурсно-индексным методом. Ресурсный метод расчёта стоимости строительства обеспечивает оценку издержек на основе нормированных показателей материалов, эксплуатации машин и механизмов, затрат труда и косвенных расходов.

Автоматизация процессов ценообразования ведется через единый информационный ресурс ФГИС ЦС. Для удобства работы на сайте ФГИС ЦС собраны «необходимые нормативы и документы, используемые при определении сметной стоимости строительства, в том числе: 118 сборников сметных норм, 23 сборника укрупненных нормативов цены строительства, 32 методических документа, классификатор строительных ресурсов. Также ежеквартально публикуются текущие сметные цены строительных ресурсов, индексы изменения сметной стоимости строительства и индексы к группам однородных строительных ресурсов» [21].

Влияние цифровизации изменило процесс разработки смет, осуществился переход от ручного к автоматизированному расчету, сократилось время на составление смет, повысилась точность расчетов, снизилось влияние человеческого фактора при выполнении «рутины» [22]. Современные программные комплексы предлагают модули BIM, которые производят автоматический расчет объемов работ, используют оцифрованные ценовые базы данных.

Идет интеграция 5D-, 4D- и 3D BIM моделирования с календарным планированием, формированием спецификаций, автоматическим обновлением стоимостных показателей и визуализацией распределения затрат. Повысилась прозрачность формирования стоимости и оперативность отслеживания изменений, улучшилось качество сметной документации, открывается возможность вариативного моделирования.

Благодаря трехмерной визуализации объекта, обладающего геометрическими свойствами, в 3D BIM упростилась процедура выявления коллизий. Наглядность форм элементов и размеров конструкций, их взаимное расположение в пространстве позволяет образно воспринимать информацию о ресурсах на основе чертежей при формировании смет.

Серьезное уточнение цены обеспечивает 4D BIM на основе визуализации календарного-сетевого графика и 3D-модели строящегося объекта [23]. Моделирование поточной организации строительства на основе синхронизации архитектурно-инженерных и организационно-технологических решений открывает перспективу предотвращения возможных конфликтов и улучшения коммуникаций.

5D BIM – ценовое моделирование становится в центре предпроектной стадии при оценке инвестиций, технико-экономическом обосновании, вариантном проектировании, бюджетном планировании, реализации проекта и контроле затрат, управлении ценами, автоматизированном учете выполненных работ и ценообразовании величин на компенсацию отклонений от плана. Цифровые технологии значительно повышают эффективность процессов проектирования, строительства и обслуживания объектов, сокращают затраты, повышают производительность и улучшают качество.

Влияние цифры способствует совмещению цифровых компетенций и функциональных обязанностей, повышению требований к цифровой грамотности и развитию навыков работы с BIM, тем самым обеспечивается прозрачность формирования цен, улучшается контроль за целевым расходованием средств и как следствие предоставляется возможность при помощи механизма ценообразования координировать вертикально и горизонтально интегрированную деятельность участников инвестиционно-строительного проекта.

Однако, перегрев рынка жилой недвижимости и рост себестоимости строительства при отсутствии платежеспособного спроса могут привести к убыткам у 30 % девелоперов [24]. Как следствие девелоперы сворачивают проекты цифровизации строительных проектов [25].

Цифровая трансформация обнажила противоречия в экономических интересах стейкхолдеров ИСП. Так, например девелоперы (инвесторы) стремятся к минимизации стоимости строительства, повышению прозрачности ценообразования, контролю расходования средств, предсказуемости затрат без компенсации затрат подрядчикам на внедрение цифровых технологий. Напротив, подрядные организации хотят максимизировать положительную дельту между доходами и расходами, сохранить коммерческую тайну и монополию на применение расценок при формировании стоимости работ. В свою очередь, проектные организации видят выгоду от цифровых технологий в оптимизации трудозатрат, защите интеллектуальной собственности, совместимости программных продуктов. Государственные надзорные структуры интересуют стандартизация процессов и контроль расходования бюджетных средств. Разбалансировка интересов игроков рынка сформировала системные противоречия, препятствующие процессу цифровизации.

Расчет стоимости строительного проекта предполагает учет статей затрат в бюджетах доходов и расходов строительных организаций на приобретение и обслуживание цифровой инфраструктуры, внедрение программного обеспечения, обучение персонала цифровым технологиям и кибербезопасности. Однако, согласно исследованию, цифровые издержки не предусмотрены нормами прямых затрат, накладных расходов и сметной прибыли при определении сметной стоимости строительства на объектах бюджетного финансирования*. На проектах с внебюджетным финансированием заказчики отказываются компенсировать подрядчику затраты на цифровизацию. В итоге в бюджетах строительных организаций отсутствуют целевые доходные и расходные статьи на цифровизацию.

* Методика определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации // Официальный сайт Минстроя РФ. – 2020. – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/74853/> (дата обращения: 09.12.2024); Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Методика по разработке и применению нормативов накладных расходов при определении сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства // Официальный сайт Минстроя РФ. – 2020. – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/120609/> (дата обращения: 09.12.2024); Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Методика по разработке и применению нормативов сметной прибыли при определении сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства // Официальный сайт ФГИС ЦС. – 2020. – URL: <https://fgiscs.minstroyrf.ru/frsn/standard/methodical/46c3d291-86bc-46bf-9d12-3d81c5deb20b> (дата обращения: 09.12.2024).

Результат для заказчика – это построенный объект, отремонтированное здание, а не увеличение затрат на процесс строительства. Соответственно, понесенные подрядчиком затраты на цифровую трансформацию не становятся результатом для заказчика. Вопрос, за чей счет или к каким статьям расходов относить затраты на цифровизацию подрядчику, остается открытым. Нам представляется, что адекватным ответом регулятора станет внесение в Методику определения сметной стоимости строительства двух новых статей расходов («цифровая грамотность» и «цифровая инфраструктура») с последующим определением и дополнением их величины в составе лимитированных затрат.

Тем самым цифровая трансформация обретет целенаправленный характер с восполнением недостающих ресурсов. При этом, затраты одной стороны станут результатом для другой и наоборот. Постепенно подрядчики и заказчики будут воспринимать статьи доходов и расходов бюджета на цифровизацию как возможность согласования интересов и синхронизации деятельности множества центров ответственности при корректировках отклонений от плана.

Целевое назначение соотношений результатов и затрат на цифровизацию механизма ценообразования, будет способствовать эффективной координации деятельности гигантской сети участников взаимодействия строительного проекта, «гуманократии» [26] и формированию современной культуры управления, повышению человеческого капитала и улучшению качества жизни.

Литература

1. Асаул В. В. Обеспечение информационной безопасности в условиях формирования цифровой экономики // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. 2018. № 4(38). С. 5–9.
2. Кощеев В. А., Малинина К. В., Зайцева А. С. Опыт внедрения цифровых технологий в строительстве странами с развитой экономикой // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 6(77). С. 325–330.
3. Березин А. О., Ермакова М. Ю. Использование цифровых инструментов при реализации проектов в сфере строительства и ЖКХ. СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2023. 126 с.
4. Дерябин С. Трансформация миров от VUCA к TACI // URL: https://deriabin.ru/mir_taci/ (дата обращения: 29.11.2024).
5. Розин М. Манифест мира Шива // URL: <https://www.ecopsy.ru/insights/shivamir/> (дата обращения: 29.11.2024).
6. Белоус А. Б., Васильева М. А. Стратегия обеспечения управляемости бизнес-структур в строительстве и ЖКХ // Стратегическое планирование и развитие предприятий: материалы XXV Всероссийского симпозиума. Москва, 9–10 апреля 2024 г. М. : ЦЭМИ РАН, 2024. С.28–34.
7. Harari Y. N. Nexus: A Brief History of Information Networks from the Stone Age to AI, RANDOM HOUSE, 2024. 504 p.
8. Кантильон Р. Опыт о природе коммерции: общие вопросы. М. : Издательство Института Гайдара, 2024. 464 с.
9. Клейнер Г. Б. Системная экономика: шаги развития: Монография. Предисловие академика В. Л. Макарова. М. : Издательский дом «Научная библиотека», 2021. 746 с.
10. Клейнер Г. Б. Системная парадигма как теоретическая основа стратегического управления экономикой в современных условиях // Управленческие науки. 2023. № 13(1). С. 6–19.
11. Мезоэкономика России: стратегия разбега: монография / под ред. чл.-корр. РАН Г. Б. Клейнера; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный

экономико-математический институт Российской академии наук. – М. : Издательский дом «Научная библиотека», 2022. 808 с.

12. Беккер Г. С. Человеческое поведение: экономический подход. Избранные труды по экономической теории. М. : ГУ ВШЭ, 2003. 672 с.

13. Белоус А. Б., Панибратов Ю. П. Концепция времени как особого экономического ресурса в строительной сфере // Экономические науки. 2024. № 2. С. 57–64. URL: https://ecsn.ru/wp-content/uploads/202402_57.pdf/ (дата обращения: 22.11.2024).

14. Антекман А., Калабин В. Цифровая Россия: новая реальность. ООО «Мак-Кинзи и Компания СиАйЭс», 2017. URL: https://www.mckinsey.com/ru/~/_media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/russia/our%20insights/digital%20russia/digital-russia-report.pdf/ (дата обращения: 02.12.2024).

15. Теленков Р. Обзор технологических трендов от McKinsey Digital. АНО «Цифровая экономика», июль 2023. URL: <https://d-economy.ru/analitic/obzor-tehnologicheskikh-trendov-2023-ot-mckinsey-digital/> (дата обращения: 02.12.2024).

16. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. М. : ЭКСМО, 2016. 1767 с.

17. Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики / Пер. с англ. А. Н. Нестеренко; предисл. и науч. ред. Б. З. Мильнера. М. : Фонд экономической книги «Начала», 1997. 180 с.

18. Акерлоф Дж. Рынок «лимонов»: неопределенность качества и рыночный механизм // Thesis. 1995. № 5. С. 91–104.

19. Клейнер Г. Б. Системная экономика: шаги развития: Монография. М. : Издательский дом «Научная библиотека», 2021. 746 с.

20. Хайек Ф. Использование знания в обществе // Индивидуализм в экономический порядок. М. : Изограф, 2000. 256 с.

21. Представители Главгосэкспертизы рассказали о преимуществах РИМа на выставке-форуме «Россия» URL: <https://fgiscs.minstroyrf.ru/news/890/> (дата обращения: 29.11.2024).

22. Нельсон Р., Уинтер С. Эволюционная теория экономических изменений. М. : Финстатинформ, 2000. 472 с.

23. Бовтеев С. В. Определение требований к функциональным и техническим возможностям систем 4D-моделирования строительного производства // Инновации и инвестиции. 2023. № 9. С. 354–357

24. Неретина М. Третью российских девелоперов жилья могут стать убыточными в 2025 году. URL: <https://www.forbes.ru/biznes/526094-tret-rossijskih-developerov-zil-a-mogut-stat-ubytochnymi-v-2025-godu/> (дата обращения: 29.11.2024).

25. Селизарова В. Девелопер «Самолет» заморозил венчурное направление бизнеса. URL: <https://www.forbes.ru/svoi-biznes/524977-developer-samolet-zamorozil-vencurnoe-napravlenie-biznesa/> (дата обращения: 29.11.2024).

26. Хэмел Г., Занини М. Гуманократия. Как сделать компанию такой же гибкой, смелой и креативной, как люди внутри нее. М. : Манн, Иванов и Фербер, 2021. 336 с.

УДК 338.5

Сергей Александрович Кайстрюков,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: sergey.kajstrukov@rbi.ru

Sergej Aleksandrovich Kaistryukov,
postgraduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: sergey.kajstrukov@rbi.ru

**УЧЕТ РОСТА ЦЕН НА РЕСУРСЫ ПРИ ОЦЕНКЕ
ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА
ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ**

**CONSIDERING THE IMPACT OF RISING RESOURCE PRICES
ON THE EVALUATION OF A RESIDENTIAL REAL ESTATE
INVESTMENT PROJECT**

Успех инвестиционно-строительного проекта зависит от точности стоимостных оценок и качества управленческих решений, принимаемых на их основе. Это особенно актуально на начальном этапе, когда определяются предполагаемые затраты и принимается решение о старте проекта.

Точность существующих методов оценки стоимости на начальных этапах ограничена из-за отсутствия достаточного количества исходных данных о проекте и высокой сложности проведения детальной оценки.

Одним из факторов риска ИСП и задачей при стоимостной оценке затрат является учет роста производственной себестоимости во времени.

Предложен подход, который позволяет учитывать различный набор ресурсов и затрат производственной себестоимости в разных классах проектов. В основе подхода ресурсная конструктивно-технологическая модель, учитывающая структуру комплексов строительных работ, их доли в себестоимости проектов, реализуемых девелопером.

Ключевые слова: девелопмент, проекты жилищного строительства, рост себестоимости, риски проекта.

The success of an investment and construction project depends on the accuracy of cost estimates and the quality of management decisions based on them. This is especially significant at the initial stage, when estimated costs are determined and a decision is made to commence the project.

The accuracy of existing cost estimation techniques in the initial phases is limited by the lack of sufficient initial data regarding the project and the difficulty of conducting a comprehensive assessment.

One challenge for ICP (Investment Cost Planning) and cost estimation is accounting for the increase in production costs over time.

A proposed approach allows for consideration of a diverse range of resources and production costs in different types of projects. This approach is based on a resource-based, structural, and technological model that takes into account the composition of construction work packages and their proportion in the total cost of projects carried out by the developer.

Keywords: Investment Cost Planning, construction costs increase.

Любой инвестиционный проект, в том числе в жилищном строительстве, имеет своей основной целью максимизацию дохода инвестора с минимизацией его издержек. В этой связи, профессионально выполненная первоначальная оценка девелоперского проекта,

а также хорошо настроенная система управления ходом его реализации, включающая принципы:

- **вариантность** (анализ возможных вариантов и обоснование наиболее эффективного);
- **адресность** (обеспечение целевого финансирования инвестиционно-строительных проектов холдинга и жесткой их связи с планируемыми показателями) [1];
- позволит инвестору и девелоперу принимать экономически обоснованные управленческие решения в ходе реализации проекта и, в конечном итоге, получить максимальный уровень дохода на вложенный капитал.

В отечественной экономической литературе основными функциями управления затратами принято считать прогнозирование и планирование, учет, контроль (мониторинг и анализ затрат), а также координацию и регулирование [2].

В современных реалиях девелоперам необходим подход, который позволит решать задачи нахождения наиболее целесообразных для экономики проекта вариантов конструктивных, архитектурных и инженерных решений, оптимизации стоимостных характеристик за счет планирования сроков и построения оптимальных профилей потоков доходов и расходов проекта, планировать ресурсное обеспечение процессов.

Серьезной проблемой в настоящее время по-прежнему является недостаток точности прогнозных расчетов стоимости строительства при полном или частичном отсутствии рабочей документации. Это особенно актуально на начальном этапе, когда определяются предполагаемые затраты по проекту, разрабатывается концептуальный проект и обоснование инвестиций. Возможность максимально контролировать затраты по проекту на этом этапе имеет решающее значение.

Мировой опыт показывает, что здесь простой обработкой статистических данных и проектной информации по объектам-аналогам, определением инфляционных коэффициентов и др., как это делают многие российские консалтинговые и проектные организации, не обойтись. Необходимы инновации, обеспечивающие высокоточные сметные расчеты. Их создание должно базироваться на применении эффективных экономико-математических методов и информационных технологий.

Передовой зарубежный опыт показывает, что, при прочих равных условиях, точность договорных цен по строительному контракту, определенная на основе инновационных сметных расчетов, являющихся ноу-хау конкретной компании, гарантируется в пределах от 1 % до 5 % от рабочих смет по готовому проекту. К этому надо стремиться и в России [3]. Согласно мнению экспертов проектного менеджмента, анализ, оценка и управление рисками требует всестороннего учета причин проблемных ситуаций и, в первую очередь, речь о факторах, возникающих во внешней среде. Неопределенность внешней среды значительно осложняет задачи планирования, и в отсутствие достаточного уровня планирования показателей проекта было бы невозможно предпринимать правильные управленческие действия для достижения целей.

Одним из факторов риска ИСП и одновременно практической задачей при стоимостной оценке затрат, является учет роста производственной себестоимости строительства во времени. На рис. 1 представлен график изменения производственной себестоимости объектов строительства классов Комфорт и Бизнес, наблюдаемых в городе Санкт-Петербург с 2007 года.

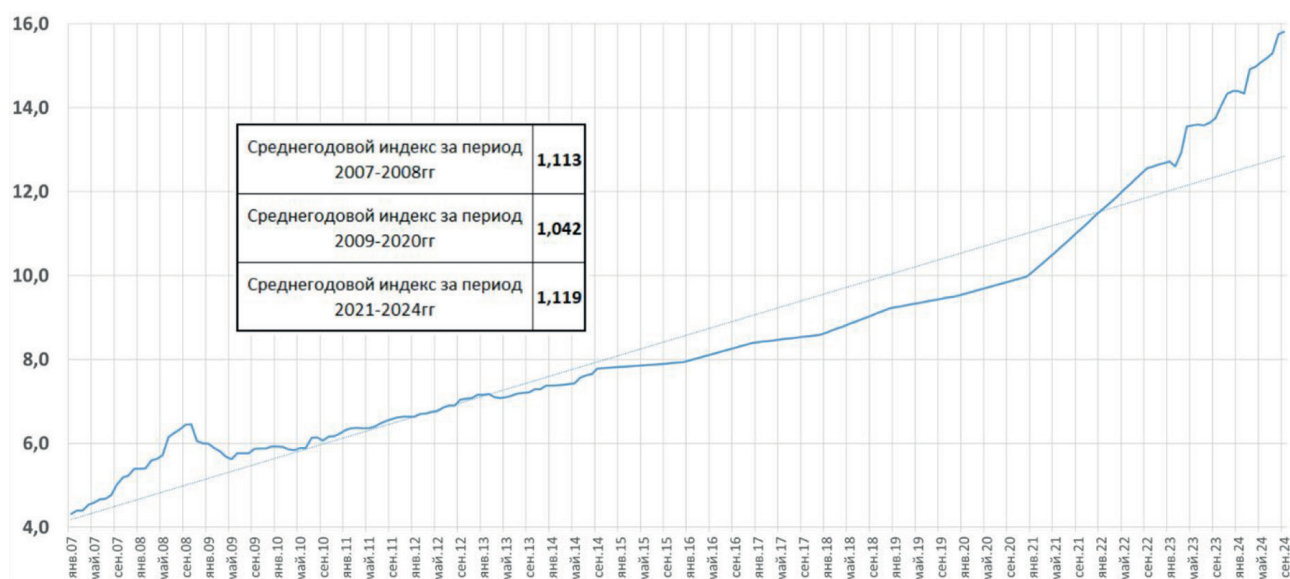


Рис. 1. Динамика производственной себестоимости за период 2007–2024 гг.

При условии, что цикл девелоперского проекта жилой недвижимости составляет 5–7 лет, ключевая задача управления стоимостью проекта – сделать максимум возможного для снижения неопределенности при моментной оценке производственных затрат, а так же спрогнозировать их изменение во времени.

В условиях высоких рыночных рисков и перемен в отрасли, важно обладать точной информацией о фактическом изменении цен на ключевые строительные ресурсы и опираясь на эту информацию давать релевантную оценку изменения цен на строительную продукцию для объектов производственной программы девелопера, а так же формировать достоверные ожидания об изменении себестоимости в будущем.

На прединвестиционном этапе ИСП прямое калькулирование затрат затруднительно в силу отсутствия проектной документации, содержащей определенные проектные решения, которые подлежат стоимостной оценке в виде конкретных расчетов и калькуляций (ведомостей объемов работ и смет).

Девелоперы чаще всего прогнозируют затраты проекта основываясь на ретроспективных данных объектов аналогов, которые к моменту принятия решения могут не в полной мере соответствовать текущим требованиям строительных норм и правил, реалиям рынка и меняющимся ожиданиям покупателей недвижимости.

Кроме того, практически каждый проект класса комфорт и выше в Санкт-Петербурге обладает существенными индивидуальными особенностями, различную структуру производственных затрат по видам строительных работ (табл. 1) и значительно различающуюся во времени динамику их роста (рис. 2), учесть которые поправками к удельной себестоимости 1 м² продаваемой площади ранее реализованных объектов аналогов было бы очень трудоемко или невозможно.

Необходим подход, который позволил бы учитывая различную структуру затрат производственной себестоимости, с учетом роста цен на ресурсы, достоверно прогнозировать расходы проекта в момент выполнения расчета, а так же с учетом прогноза строительной инфляции на период его реализации.

Таблица 1

**Структура производственных затрат ИСП жилой недвижимости
по видам строительных работ (представлено по результатам работы автора)**

Статьи затрат производственного бюджета	Бизнес-класс	Комфорт-класс
Проектно-изыскательские работы	6 %	4 %
Подготовительные работы	6 %	3 %
Земляные работы	1 %	1 %
Устройство свайного фундамента	3 %	4 %
Монолитные конструкции цокольного этажа	3 %	3 %
Устройство ростверков и фундаментов	4 %	1 %
Монолитные конструкции надземной части	11 %	19 %
Лифтомонтажные работы	2 %	2 %
Каменные ограждающие конструкции	1 %	1 %
Сборный ж/б	1 %	1 %
Внутренние стены и перегородки	3 %	4 %
Генподрядные услуги	5 %	4 %
Кровля	4 %	2 %
Фасад	15 %	12 %
Отделка, двери	9 %	13 %
Внутренние инженерные сети	14 %	13 %
Наружные инженерные сети	5 %	7 %
Благоустройство	3 %	4 %
Шпунт	5 %	1 %

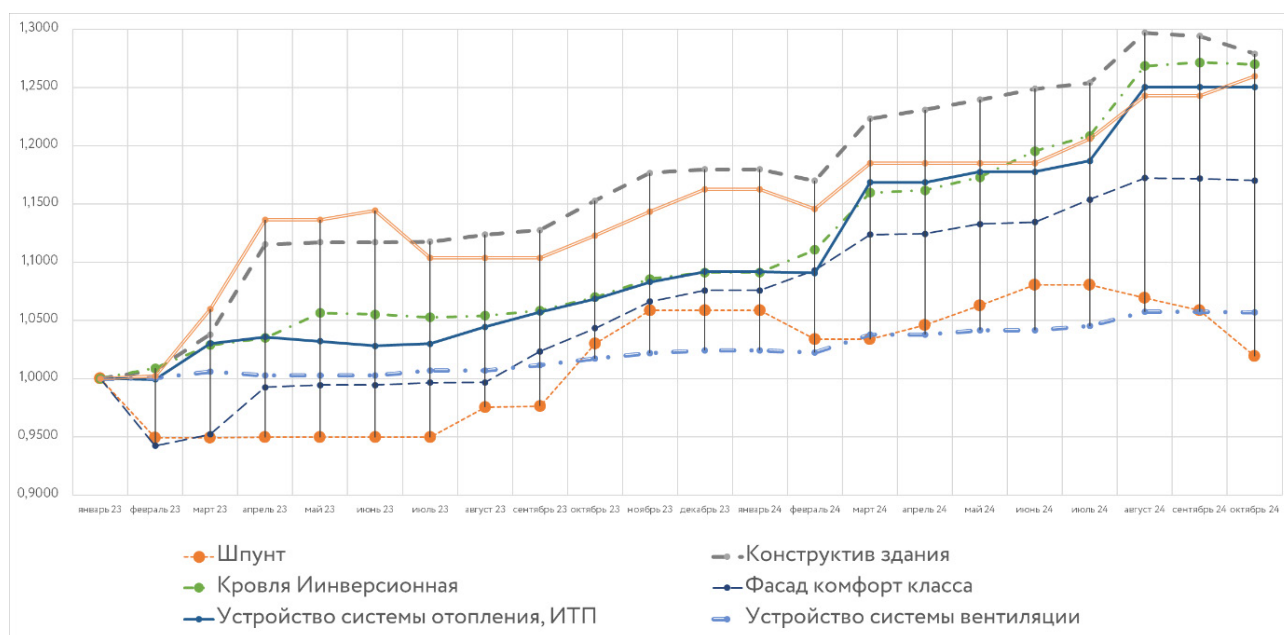


Рис. 2. Динамика изменения во времени себестоимости различных видов строительных работ

В основу подхода предлагается ресурсная конструктивно-технологическая модель, учитывающая особенности каждого класса проектов строящихся девелопером в том или ином временном периоде. Соответственно, основанием для изменения компонентов модели – набора комплексов строительных работ и их долей в структуре себестоимости, в первую очередь, является изменение конструктивно-технологических характеристик зданий. Постепенное накопление критической массы таких изменений приводит к тому, что через несколько лет возникает необходимость пересмотра технологической модели зданий того или иного класса или всех классов сразу, т. е. нормативы на интервале между изменениями технологических моделей остаются неизменными по своей структуре, но их стоимостная оценка для каждого расчета актуализируется.

Первый шаг к созданию будущей технологической модели – формирование перечня, обеспечивающего полный охват необходимых для строительства объекта комплексов и видов работ. Далее необходимо определить типопредставители – работы, на которые приходится наибольшая доля в структуре комплекса работ, а так же основные драйверы себестоимости для каждого комплекса работ – материальные и трудовые ресурсы в составе единичной расценки на строительную продукцию, имеющую наибольшую долю в комплексе работ.

Лучшей базой для построения моделей могут служить развернутые ведомости объемов работ, которые позволяют получать внедрение BIM-технологий в проектировании и оценке стоимости девелоперских проектов.

В целях нахождения разумного соответствия трудоемкости работ по мониторингу цен на трудовые и материальные ресурсы и получаемой точности оценки стоимостной динамики, при формировании технологических моделей комплексов работ целесообразно использовать принцип Парето: эмпирическое правило, в наиболее общем виде формулируемое как *«20 % усилий дают 80 % результата, а остальные 80 % усилий – лишь 20 % результата»*. Правильно выбрав минимум самых важных действий, можно быстро получить значительную часть от планируемого полного результата, при этом дальнейшие улучшения неэффективны и могут быть неоправданны.

Для целей построения ресурсной конструктивно-технологической модели применение этого правила означало бы, что 80% стоимости комплекса работ определяется стоимостью 20% наименований работ, входящих в комплекс. И, соответственно, восемьдесят процентов стоимости материалов определяется двадцатью процентами их наименований*.

Например, для создания ***технологической модели комплекса работ по озеленению*** был проанализирован состав многолетних растений, кустарников и деревьев высаженных на трех проектах. Всего перечень зеленых насаждений по этим трем проектам содержал 52 позиции, включая лиственные и хвойные деревья; низкорослые, среднерослые и сильнорослые лиственные кустарники; низкорослые и среднерослые хвойные растения; стриженные изгороди; обыкновенный и рулонный газоны. В результате анализа

* Соблюдение принципа 80/20 очень часто встречается в самых разных областях. Например, во многие времена во многих сообществах оказывалось, что 20 % людей обладают 80 % капитала, в бизнесе зачастую 20 % покупателей или постоянных клиентов приносят 80 % прибыли. Но в этих утверждениях фундаментальными являются не приведённые числовые значения, а сам факт их существенного различия, конкретные цифры степени неравномерности могут быть любыми.

были отобраны 7 типопредставителей зеленых насаждений или 13,5 % от 52 высаженных на трех перечисленных объектах, составляющие 71,88 % от общей стоимости озеленения на рассмотренных объектах. Из табл. 2 видно, что индекс роста стоимости озеленения за месяц составил 0,16 %.

Таблица 2

Построение технологической модели комплекса работ по озеленению

№ п/п	Наименование комплексов работ/ресурсов	Доля, % Исходный набор	Доля, % Репрезентативный набор	Цена с НДС, руб. базовая 31.10.22	Цена с НДС, руб. текущая 30.11.22	Индекс прироста, % по позиции	Индекс прироста, % взвешенный по доле
1	Сосна горная	14,46 %	20,11 %	30 828,00	32 544,00	5,57 %	1,12 %
2	Микс из многолетних растений, норма посева 20 шт/м ²	23,90 %	33,25 %	784,35	760,00	−3,10 %	−1,03 %
3	Кизильник блестящий, высота – 0,8м	14,85 %	20,66 %	1 308,58	1 308,58	0,00 %	0,00 %
4	Туя западная, 150–175см	10,39 %	14,45 %	7 440,00	7 600,00	2,15 %	0,31 %
5	Газон обыкновенный многолетний посевной	5,23 %	7,28 %	615,34	586,48	−4,69 %	−0,34 %
6	Газон рулонный	0,67 %	0,93 %	780,00	794,74	1,89 %	0,02 %
7	Яблоня декоративная «Rudolph»	2,39 %	3,32 %	68 400,00	70 236,00	2,68 %	0,09 %
	ВСЕГО:	71,89 %	100,00 %				0,16 %

Другой пример, в качестве технологической модели для индексации стоимости технических систем зданий использовался проект для которого была разработана BIM-модель.

Для построения технологической модели системы вентиляции из перечня работ, содержащего порядка 500 работ, были отобраны 14 работ типопредставителей, стоимость выполнения которых составляет около 70 % стоимости материалов и общей стоимости комплекса работ (табл. 3).

Таблица 3

Построение технологической модели комплекса работ по устройству систем вентиляции

№ п/п	Наименование типопредставителей	Удельный вес, %		
		в стоимости материалов	в стоимости работ	в общей стоимости
1	Монтаж воздуховода из листовой оцинкованной стали $d = 100$ мм, $t = 0,8$ мм	3,55 %	9,32 %	4,18 %
2	Монтаж воздуховода из листовой оцинкованной стали 500 x 1100 мм, $t = 1,2$ мм	28,45 %	23,40 %	27,34 %
3	Монтаж вентилятора крышного ДУ, VSDV-DU-90B, VERTRO, в т. ч. Стакан монтажный	7,68 %	3,50 %	6,76 %
4	Монтаж вентилятора круглого канального, VK 100/1, VERTRO	1,20 %	0,54 %	1,06 %
5	Монтаж осевого вентилятора подпора, VLDA 40-2,2x30, VERTRO, в т. ч. Защитный козырек	3,81 %	3,07 %	3,65 %
6	Монтаж клапана противопожарного морозостойкого КПС-1м-МЗ	1,77 %	1,26 %	1,66 %
7	Монтаж решетки с поворотным жалюзи AMP 200 x 100, Арктос	0,54 %	2,36 %	0,94 %
8	Монтаж противопожарного клапана KZO-1K	6,77 %	3,79 %	6,12 %
9	Монтаж клапана дымоудаления RZO-1D	10,27 %	6,80 %	9,51 %
10	Монтаж вентилятора крышного малошумного (IP45), SILENT-100	1,57 %	2,30 %	1,73 %
11	Монтаж регулирующей воздушной заслонки DPR 20-10, VERTRO	1,15 %	1,62 %	1,25 %
12	Монтаж тепловой завесы КАС-АД4515А	3,04 %	1,49 %	2,70 %
13	Монтаж воздухонагревателя канального круглого NKE 200/6, VERTRO	0,40 %	0,36 %	0,39 %
14	Монтаж решетки с поворотным жалюзи AMH 200 x 100	0,22 %	1,41 %	0,48 %
	ВСЕГО:	70,42 %	61,20 %	67,76 %

Структура каждой расценки на строительные работы – типопредставители уже учитывает соотношение всех элементов затрат (материальные и трудовые ресурсы, стоимость машин и механизмов), а также величину накладных расходов, сметной прибыли, НДС и прочих затрат. Таким образом, пересчитывать стоимость комплексов работ регулярно не требуется. Достаточно иметь справочник трудовых и материальных ресурсов,

соответствующих полученной технологической модели и регулярно обновлять цены на них.

Итогом построения ресурсной конструктивно-технологической модели является выгружаемая ведомость объемов работ (ВОР), содержащая информацию о видах, объемах и стоимости работ.

В дальнейшем, после окончания периода, выбранного в качестве шага мониторинга (месяц, квартал), необходимо актуализировать стоимость участвующих в технологической модели ресурсов, и повторить цикл расчета ВОР.

Необходимо предпринять ключевой методологический выбор источника отслеживания динамики цен на ресурсы. Дело в том, что перечень материальных ресурсов технологической модели может насчитывать десятки и сотни позиций и регулярный мониторинг путем запросов прайс-листов или поиска стоимостей на торговых интернет-площадках несет серьезные трудозатраты. Более того, обозначенные источники данных не гарантировали бы стабильность обновления информации и ее достоверность. Так же важен фактор, что конечная цена в данном случае не могла учитывать фирменные и партнерские скидки которые девелопер может получать от поставщиков и производителей, что могло существенно исказить результат расчетов.

Одним из возможных путей отслеживания динамики стоимости по прямым или аналогичным позициям может служить публикуемый ежемесячно сборник сметных цен по СПб (ТССЦ СПб) либо Федеральная государственная информационная система ценообразования в строительстве*.

По итогам загрузки актуализированных стоимостей ресурсов и пересчета ВОР повторяющимися во времени циклами, получаем идентичные в части видов и объемов работ ведомости, в различных временных срезах, что позволяет отслеживать динамику цен по видам работ.

Полученная на предыдущем шаге ведомость объемов работ позволяет рассчитывать агрегированные индексы изменения стоимости комплексов работ: каркас здания, фасады, внутренние и наружные инженерные сети, отделка мест общего пользования, кровля, благоустройство и т. д.

Так же агрегируя данные на более высокий уровень рассчитывается изменение строительной себестоимости объектов различных продуктовых классов: комфорт, бизнес, элита, апартаменты, школа, ДОУ, паркинг.

Итоговым результатом работы алгоритма является получение сводного индекса роста строительной себестоимости по виду строительства (пример представлен на рис. 3).

С течением времени продукт девелоперских проектов жилой недвижимости значительно меняется, решения по архитектурным и инженерным составляющим проектов становятся сложнее и дороже. Меняется структура производственных затрат в инвестиционно-строительных проектах.

Построение ресурсных конструктивно-технологических моделей с достаточно детальной структурой и возможностью ее комбинировать, позволяет оценивать динамику строительной себестоимости по классам недвижимости и отдельным видам строительно-монтажных работ.

* <https://fgiscs.minstroyrf.ru/prices/>

Ожидаемый прогноз прироста производственной себестоимости на 2024 год	7.00%
Фактический прирост с января 2024 года по октябрь 2024 года	8.52%
Фактический прирост производственной себестоимости за последний месяц	-0.69%
Прогноз прироста на 2024 год, утвержденный на стратегической сессии 04.09.2024	12.60%

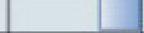
Индексы - Октябрь 2024 года	Прирост за месяц		Рост за январь - октябрь	
Сводный индекс	-0.7%		108.5%	
Объектные индексы				
Комфорт класс	-0.6%		109.0%	
Бизнес класс	-0.7%		108.2%	
Элит класс	-0.8%		108.1%	
Апартаменты	-0.5%		108.9%	
Школа	-0.4%		109.7%	
ДОУ	-0.5%		109.4%	
Паркинг	-0.6%		109.0%	
Индексы по комплексам работ				
Снос	0.00%		117.3%	
Шпунт	-3.70%		96.3%	
Базовый норматив	-1.18%		108.4%	
Кровля Мягкая	-0.07%		115.1%	
Кровля Жесткая/мансардная	-0.36%		114.3%	
Кровля Иинверсионная	-0.12%		116.4%	
Фасад комфорт класса	-0.14%		108.8%	
Фасад бизнес-лайт класса	-0.07%		107.4%	
Фасад бизнес класса	-0.11%		108.2%	
Фасад элит класса	-0.44%		107.5%	
Устройство системы отопления, ИТП	0.00%		114.5%	
Устройство систем канализации и водоснабжения	-0.44%		107.8%	
Устройство системы вентиляции	-0.03%		103.2%	
Слаботочные работы	1.37%		108.4%	
Электромонтажные работы	1.37%		108.4%	
Отделка МОП, двери комфорт класса	-0.47%		112.8%	
Отделка МОП, двери бизнес-лайт класса	-0.47%		112.8%	
Отделка МОП, двери бизнес класса	-0.61%		111.0%	
Отделка МОП, двери элит класса	-0.61%		111.0%	
Благоустройство комфорт класса	-0.53%		107.0%	

Рис. 3. Пример отчета о мониторинге изменения строительной себестоимости за период

С внедрением BIM-технологий в проектировании и оценке стоимости открываются возможности заключать договоры на развернутые ведомости работ (сметы). Становится лучше понятен детальный состав работ и ресурсов, потребных для выполнения работ.

Это позволит девелоперам развивать методологию мониторинга себестоимости переходя на уровень оценки динамики стоимости отдельных видов строительных работ и ресурсов, необходимых для выполнения этих работ.

Такой подход способствует повышению точности в стоимостной оценке инвестпроектов на этапе принятия решения о начале инвестиций, позволяет создавать более достоверные бюджеты на всех этапах проекта. Повышается возможность более точной оценки изменений в проектах, в том числе решается задача поиска оптимизаций в проектных решениях – теперь стоимость комплексов работ можно развернуть до ресурсной ведомости и оценить, какой эффект принесет проектная замена ключевого компонента этой ресурсной ведомости.

Возможность формирования детальных ВОР и наличие инструмента детального мониторинга себестоимости открывает дополнительные возможности для выбора различных стратегий контрактов с подрядчиками. Это могут быть традиционные конкурсы на отдельные лоты, при этом в контрактных переговорах стороны могут иметь более обоснованную позицию с точки зрения текущей и прогнозной себестоимости. Это может быть договор на твердую цену с предусмотренным сторонами механизмом индексации цен на ресурсы, что позволит снизить риски подрядчика, а значит и первоначально сформированную им «твердую» цену.

Поддерживая модель стройки на основе информационной модели, графика и инструментов мониторинга себестоимости, девелоперы получают возможность более достоверно оценивать графики финансирования и авансирования стройки, принимать на себя больше задач по снабжению объекта материалами и оборудованием.

Литература

1. Панибратов Ю. П. К вопросу о принципах построения, функционирования и развития системы управления инвестиционно-строительным холдингом / Ю. П. Панибратов, В. Л. Цапу // Экономика и управление народным хозяйством. – 2013. – № 1. – С. 3–13. – EDN UGAYTP.
2. Асаул, А. Н. Управление затратами и контроллинг. Учебник / А. Н. Асаул, М. Г. Квициния, под ред. засл. деятеля науки РФ, д-ра экон. наук, профессора А. Н. Асаула. Сухум, 2013 – 290 с.
3. Резниченко В. С. Проблемы и пути совершенствования отечественного опыта управления инвестиционными проектами и программами в капитальном строительстве / В. С. Резниченко, В. Н. Беспалов // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2019 году : Сборник научных трудов РААСН / Российская академия архитектуры и строительных наук. Том 2. – Москва : АСВ, 2020. – С. 375–381. – EDN BDPVVS.

УДК 330

Алексей Евгеньевич Рыбнов,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: a.rybnov@gmail.com

Aleksej Evgen'evich Rybnov,
postgraduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: a.rybnov@gmail.com

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ
В СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ**

**CONSTRUCTION COMPANIES' SUSTAINABILITY
MANAGEMENT FRAMEWORK**

В статье рассматриваются методы формирования системы управления вопросами устойчивого развития в строительных организациях и их внедрения в существующие системы менеджмента. Автор анализирует научные работы и статьи зарубежных исследователей на предмет определения актуальных моделей интеграции ESG-систем в бизнес-технические процессы, происходящие во время возведения зданий. Множественность источников информации в виде научных статей позволили собрать объективные сведения о современных решениях ESG-систем. Было установлено, что внедрение основ устойчивого развития на уровне строительных проектов позволит достичь устойчивого развития всей компании.

Ключевые слова: ESG, строительство, система управления, уровень проекта.

This article contemplates the ESG management frameworks creation and amalgamation into existing governing systems. The author analyzes the scientific papers and the articles of foreign researchers to define up-to-date ESG systems integration into business and technologic processes running during the edifices' construction approaches. The multiplicity of information sources such as scientific articles enabled to gather the objective information related to modern ESG systems solutions. As an outcome of the analysis, it was figured out that the construction projects management level ESG basics will lead to the construction business as such sustainability.

Keywords: ESG, construction, management system, project level.

Введение

Процесс освоения и внедрения строительной отраслью теоретических принципов и практических наработок в области устойчивого развития уже стал обычным делом. По меньшей мере уже 5–7 лет, лидеры отрасли в России непосредственно прилагают усилия по определению и реализации ESG-стандартов (англ. *Environmental, Social, and Corporate Governance* – аспекты окружающей среды, отношений с обществом и корпоративного управления) из стран Западной Европы и Северной Америки. Стратегии устойчивого развития, являющиеся описанием современных вызовов, актуальных трудностей с точки зрения экологической, социальной и управленческой составляющих – один из важных шагов крупнейших девелоперов в реализации теоретического основания концепции ESG в бизнес-процессах.

Наряду с этим, вышеназванные документы посвящены задачам, которые необходимо решить для воплощения в жизнь ESG-стратегий. Вдобавок, девелоперы каждый год выкладывают в открытом доступе нефинансовую отчетность, по которой можно судить

о достижениях организациями поставленных в рамках корпоративных ESG-стратегий целей устойчивого развития. Нефинансовые показатели могут быть размещены в общем с финансовыми отчете, либо в отдельном документе.

Российские девелоперы разработали с теоретической точки зрения современные корпоративные ESG-стратегии, так как в последних содержатся экологические, социальные и корпоративные факторы, сформированные на базе целей устойчивого развития ООН. Так, к ним относятся обеспечение достойной работы и экономического роста, оптимальное использование ресурсов, строительство устойчивых, безопасных и инклюзивных городов и т. д. Поступательные траектории совершенствования в аспекте устойчивого развития основных игроков строительной отрасли большей частью схожи ввиду идентичных стоящих перед девелоперами вызовов. Несмотря на вышесказанное, действительность имеет мало общего с актуальными программами устойчивого развития: отечественные строительные компании делают выбор в пользу классических показателей затрат [1].

Отдельными пунктами рассчитываются коммерческие и управленческие затраты. Связано отсутствие каких-либо ESG-статьи с тем, что российские строительные организации скептически относятся ко всем инициативам в области ESG, так как не могут спрогнозировать будущую потребность, актуальность и непосредственную возможность развиваться устойчиво [2]. Мнение игроков строительной отрасли имеет под собой определенные основания: мировая экономика перешла в так называемую стадию, которая описывается моделью SHIVA (*англ.* Surprising – поразительный; Hard – трудный; Incalculable – непредсказуемый; Vague – неопределенный; Agile – гибкий).

Данная модель подразумевает, что мир многогранен и бесконечно изменчив, задачи становятся все труднее, предсказывать что-либо не имеет смысла, имеющиеся данные туманны, а потому бизнесу требуется повышение гибкости. При этом, текущие стратегии в строительной отрасли по меньшей мере среднесрочные из-за консервативности бизнеса. Напрашивается вывод о том, что пытаться внедрять «зеленые» статьи, чтобы быть современными сейчас и перестать быть таковыми условно через 5 лет, не имеет для девелоперов смысла, так как бизнес-процессы в строительстве отличаются значительной продолжительностью: в среднем на завершение строительного проекта требуется около 5 лет (без учета срока окончания продаж – продажи могут растянуться на несколько лет после сдачи объектов). Следовательно, если какие-либо тенденции по меркам строительной отрасли меняются так часто, то напрашивается вывод о практической нецелесообразности введения новой статьи затрат.

Наряду с этим, высший менеджмент крупных игроков убежден, что оценивать затраты по ESG сложно и непонятно, а также не имеет практического смысла в рамках сложившейся экономическо-политической обстановки. Из этого выходит, что изменять алгоритм рассмотрения затрат, а также документы для их расчета и записи по инвестиционно-строительным проектам, добавлять новые статьи, в краткосрочной и среднесрочной перспективе не входит в планы высшего руководства строительных предприятий.

На трудностях с определением места ESG-факторов среди списка давно устоявшихся строительных затрат и неясности, зачем необходимо инкорпорировать что-либо, связанное с устойчивым развитием, в расчетные модели инвестиционно-строительных проектов и бизнес-планирование целиком, проблемы отнюдь не заканчиваются. Деятельность строительного бизнеса побуждает проявляться общественному недовольству: экоактивисты, градозащитники, местные сообщества и прочие неравнодушные жители городов зачастую осуждают возведение новых ЖК. Налицо серьезные проблемы социального характера. Наиболее известный случай противостояния градозащитников и строительного предприятия в Санкт-Петербурге – история создания северного намыва Васильевского острова ПАО «ЛСР», который, по мнению активистов, создан незаконно из-за подозрений, что положительная экспертиза на его строительство была получена нечестным путем. Возмущение общественности деятельностью девелоперов на этом случае не заканчивается: в социальных сетях создано довольно много тематических сообществ и каналов, где публикуются новости о сносах исторических зданий, а также можно увидеть отрицательные комментарии жителей города. Помимо этого, устоявшийся в жилом строительстве тренд на повышение высотности и количества квартир противоречит потребности возводить удобное жилье: сомнительно, что в ЖК «Новый Оккервиль» от компании «Отделстрой», в котором проживает 19 тысяч человек, обеспечивается комфортное проживание.

Помимо периодически возникающей напряженности во взаимоотношениях с обществом, в настоящее время российским девелоперам затруднительно возводить здания таким образом, чтобы они могли пройти сертификацию согласно западным системам оценивания сооружений в области ESG. Во-первых, из-за экономическо-политических условий сертификация невозможна и экономически нецелесообразна. Во-вторых, сертификации стран Западной Европы и США не соответствуют российским условиям из-за различий ценностей потребителей, образа жизни, особенностей проектирования городов и т. д. [3]. Хотя уже существует «зеленый» ГОСТ 70346–2022, который может заменить западные сертификации, девелоперы не спешат возводить здания согласно ему из-за повышения итоговых затрат, что при росте ключевой ставки сделает недвижимость еще менее доступной.

Становится ясно: у девелоперов нет представлений о реализации стратегии устойчивого развития. Более того, у компаний нет стимулов строить дома по «зеленым» стандартам. В данном случае анализ систем управления устойчивым развитием в иностранных компаниях полезен на практике, так как позволит оценить основные составляющие «зеленого» менеджмента, а также рассмотреть возможность применения в российских условиях. Данная задача актуальна – государство требует соблюдения принципов ESG, а также ставит цели и задачи до 2030 и 2050 годов [4].

Методы

Для написания данной статьи были произведены изучение и рассмотрение различных источников информации. Источниками, использованными в ходе написания данной статьи, являются документы ООН по вопросам устойчивого развития и зеленых инвестиций, указы Президента и Премьер-министра РФ, сведения о зарубежных и отечественных

методах сертификации «зеленого» строительства, отчеты в области ESG крупных игроков строительной отрасли. Наряду с этим, в рамках исследования был осуществлен анализ иностранных исследований, учебной литературы и статей, в которых предлагаются и рассматриваются системы и принципы управления устойчивым развитием в строительных компаниях за границей.

Результаты

Согласно данным исследователей в области устойчивого развития, система управления вопросами ESG в строительных организациях создается схожим образом с компаниями других отраслей экономики. Этапы формирования и построения системы управления вопросами устойчивого развития, следующие [5]:

- 1) Определение масштаба;
- 2) Определение материальности корпоративной ответственности;
- 3) Интеграция ESG в систему менеджмента компании.

На первом этапе ЛПР необходимо идентифицировать ответственность в вопросах устойчивого развития, выявить заинтересованные стороны, с которыми взаимодействует и на которые оказывает воздействие компания, а также проанализировать основные бизнес-процессы. Второй этап подразумевает установление тех проблемных вопросов, которые материально влияют на финансовое состояние и эффективность компании. Для этого создается график, по шкалам которого отображаются степень важности для успеха организации и степени важности для заинтересованных лиц. Ключевыми темами материальности корпоративной социальной ответственности являются экологические, социальные и корпоративные вопросы согласно классическому определению ESG. Следовательно, на графике размещаются пункты от потребления энергии до корпоративной этики. Третий этап предполагает осуществление выбора способа анализа ценности практик ESG, непосредственное определение ценности и принятие управленческого решения. К методам анализа ценности можно отнести расчет денежного потока (CF), определение экономической добавленной стоимости (EVA), рыночной добавленной стоимости (MVA), доходность инвестиций на основе денежного потока (CFROI) и т.д. Оценке подлежат ликвидность, прибыльность компании, структура капитала и управление задолженностями, рыночная стоимость. На основе предыдущих этапов принимается решение о том, как необходимо осуществлять политику устойчивого развития.

Тем не менее, строительная отрасль имеет свои уникальные особенности: бизнес-процессы включают в себя взаимодействие компаний производственного, транспортного и финансового секторов экономики в рамках строительного проекта [6]. Иными словами, работа строительного комплекса – это симбиоз деятельности довольно различных экономических агентов. Исходя из этого, внедрение ESG в организационно-управленческую систему строительной компании должно происходить в первую очередь на уровне строительных проектов, а не на корпоративном, так как основными участниками строительного процесса и источниками ESG-проблем являются застройщики, генеральные подрядчики, генеральные проектировщики, подрядчики и т.д. Материнские компании строительных корпораций отвечают за консолидацию подразделений и управление бизнесом, следовательно, на их уровне следует составлять лишь общую ESG-политику, а не-

посредственно внедрять в систему управления проектом и применять принципы устойчивого развития должны управляющие инвестиционно-строительными проектами (УИСП).

Исходя из вышесказанного, появляется необходимость определить конкретные факторы ESG на уровне управления строительным проектом. Зарубежные исследователи выявили следующие параметры, которые представлены в таблице [7].

Факторы модели ESG на уровне строительного проекта

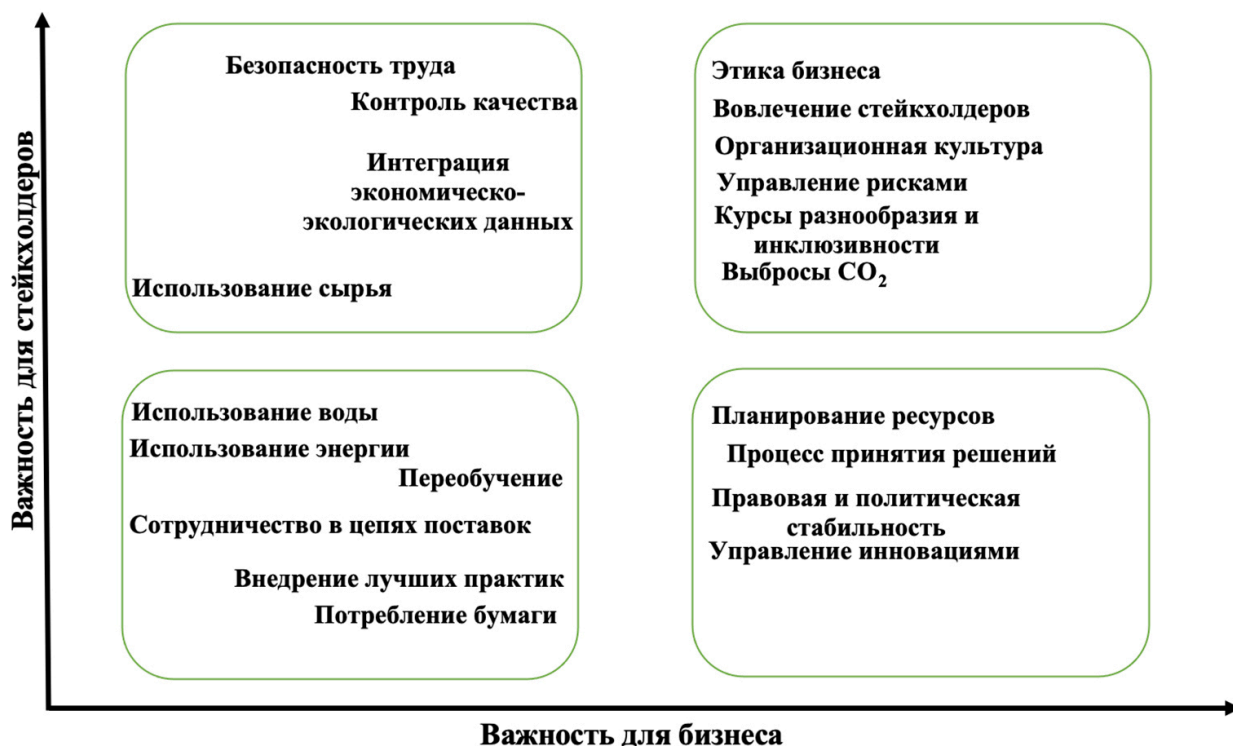
Разделы ESG	Параметры
Окружающая среда	Строительные отходы; строительные материалы; выбросы CO ₂ ; работа оборудования
Социальные вопросы	Безопасность и благополучие рабочей силы; отдача обществу и местным сообществам
Корпоративное управление	Контроль за проектом и несение ответственности; управление рисками проекта; решение правовых вопросов

Все оцениваемые с точки зрения ESG строительные проекты в совокупности создают кумулятивный эффект, который приводит к формированию уже на общекорпоративном уровне системы управления, в которую интегрированы и соблюдаются аспекты ESG. Согласно данным агентства SASB, у компаний строительной отрасли наблюдаются проблемы с воздействием на окружающую среду, безопасностью и здоровьем рабочих, качеством, дизайном и управлением жизненным циклом продукта, а также с бизнес-этикой. Следовательно, УИСП следует рассматривать следующие разделы устойчивого развития: воздействие проектов на окружающую среду; структурные целостность и безопасность; благополучие рабочей силы; влияние жизненных циклов зданий и бизнес-этика в рамках возводимых проектов.

Помимо этого, авторы статей под моделью ESG на уровне проекта понимают такой процесс принятия решений, который может привести к успеху в управлении строительными проектами и бизнеса в совокупности при условии оптимального выбора критериев, учитывающих потребности и заинтересованных сторон, и организации.

Также исследователи предложили модели ESG на уровне строительных проектов, которые представляют собой графики, где размещены факторы, которые важны с точки зрения успеха бизнеса и которые важны заинтересованным сторонам [8]. Так, одна из моделей представлена на рисунке.

Нужно понимать, что ESG-критерии на графике модели размещаются не случайно, а согласно средневзвешенной оценке бизнеса и заинтересованных сторон, либо на основании экспертных оценок. Основная трудность в данном случае состоит в невозможности получить измеримые данные от всех заинтересованных сторон, например, градозащитники с высокой вероятностью не смогут дать оценку важности сохранения памятников истории в числовом виде. Следовательно, для определения важности критериев для части заинтересованных сторон нужно прибегать к помощи стороннего эксперта.



ESG-модель на уровне строительного проекта

Для внедрения вышеназванной модели на уровне строительного проекта необходимо включить три составляющие:

- 1) Материнская компания или внешний заказчик (владелец проекта) должны определить наиболее приоритетные ESG-критерии в рамках строительного проекта;
- 2) Если проект от внешнего заказчика, то генеральный подрядчик должен изучить представленные критерии в области устойчивого развития, чтобы принять решение об участии в проекте. Если показатели установлены материнской компанией, то генеральный подрядчик должен их изучить и соблюдать в ходе выполнения проекта [1];
- 3) Обеим сторонам необходимо наблюдать и контролировать осуществление УИСП менеджмента на уровне строительного проекта с целью достижения поставленных ESG-задач.

Генеральным подрядчикам и УИСП, ввиду специализации на техническо-финансовых аспектах строительства проектов, трудно понять, каким образом следует оценивать и анализировать нефинансовые аспекты, входящие в концепцию ESG. Опираясь на систему ESG на уровне отдельного проекта, ЛПП становится ясно, каким образом и что именно нужно анализировать, чтобы проект оставался устойчивым. Более того, модель должна помочь конвертировать нефинансовые показатели в финансовые для оценки конечной прибыли по проекту.

Обсуждение

Изучив труды иностранных исследователей в области устойчивого развития строительной отрасли, можно заметить, что направленностью их научного познания являются

методы практического внедрения методик ESG в строительный процесс. Так, не отрицая важности политики и стратегий в области устойчивого развития на корпоративном уровне, ученые предлагают решать проблемы экологического, социального и управленческого характеров непосредственно там, где они возникают в строительстве – в рамках отдельных проектов. Следовательно, помимо отдела, отвечающего за вопросы устойчивого развития в материнской компании, система управления ESG-вопросами должна охватить тех лиц, которые напрямую влияют на строительно-финансовые процессы, в частности, на УИСП [9]. Становится очевидно, что для достижения успехов в корпоративной социальной ответственности строительной организации недостаточно лишь иметь современную политику устойчивого развития, а также нескольких сотрудников в головном офисе, которые понимают принципы ESG, нужно обучить УИСП основным принципам устойчивого развития, особенно объяснить, зачем нужны нефинансовые показатели деятельности, а также каким образом их оценивать в ходе управления проектом. Помимо этого, предложенные исследователями решения потребуют возможного внедрения в состав проектных групп специалиста по устойчивому развитию, что, однако, может быть невыгодно. Вероятно, более оптимальным вариантом является налаживание бизнес-контактов УИСП и их заместителей со специалистами отдела устойчивого развития. Кроме того, сами вышеупомянутые специалисты должны иметь строительную специализацию, чтобы суметь объяснить УИСП интересующие их аспекты ESG в проекте, например, как правильно определить уровень интеграции экономическо-экологических данных.

Касательно реалий российской строительной отрасли, основные игроки которой уже сформировали стратегии в области устойчивого развития на корпоративном уровне, необходимо создание такой документации, которая будет регламентировать методы определения параметров ESG для каждого строительного проекта и сотрудников, в должностные обязанности которых войдет данная задача. Нынешние сотрудники, которые отвечают за ESG и которые обычно находятся в составе отдела кадров, решая в основном проблемы социального аспекта ESG-концепции, должны повысить квалификацию, чтобы иметь представление об основных процессах строительства зданий, понимать особенности каждого проекта и правильно составлять модели на проектном уровне.

Выводы

В заключение можно сказать, что за границей исследователи считают внедрение в систему управления бизнес-процессами строительной компании принципов ESG возможным при условии движения в сторону устойчивого развития снизу вверх, от строительных проектов. Внедрение моделей устойчивого развития в каждый отдельный проект в конечном итоге создаст кумулятивный эффект для строительной организации в области ESG. Данная точка зрения справедлива, так как именно в рамках строительных проектов как создаются основные социально-экологические и управленческие проблемы, так и имеются возможности сократить отрицательные последствия, связанные со строительными процессами, и внедрить устойчивое развитие в управление проектом. Для данной задачи потребуется объяснить УИСП, каким образом следует анализировать нефинансовые показатели и конвертировать их в финансовые аналоги для оценки

прибыли по проекту. С целью ускорения обучения УИСП аспектам устойчивого развития и получения ответов на возникающие в ходе инвестиционно-строительных процессов вопросы, необходимо также расширить компетенции сотрудников, которые сейчас занимаются вопросами устойчивого развития.

Литература

1. *Kwilinski A, Lyulyov O, Pimonenko T.* Unlocking Sustainable Value through Digital Transformation: An Examination of ESG Performance // *Information*. – 2023. – № 8. – P. 10–28.
2. *Рыбнов А. Е.* Проблемы реализации ESG-стратегии в строительной сфере России // Журнал «РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция». – 2023. – № 4. – С. 82–86.
3. *Рыбнов А. Е.* Критерии оценивания проектов в ESG-аспекте // Журнал «РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция». – 2024. – № 2. – С. 271–276.
4. *Маргалитадзе О. Н.* Применение ESG стратегии к зеленому финансированию в России // Столыпинский вестник. – 2022. – № 9. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-esg-strategii-k-zelyonomu-finansirovaniyu-v-rossii> (дата обращения: 20.10.2024).
5. *Bezerra R., Martins V., Macedo A.* Validation of Challenges for Implementing ESG in the Construction Industry Considering the Context of an Emerging Economy Country // *Applied Sciences*. – 2024. – № 14(14). – P. 20–44.
6. *Kim S., Chang S.* Construction Project Level-based Environmental, Social, and Governance (C-ESG): A Review // *EPiC Series in Built Environment*. – Bramhall: EasyChair, 2022. – P. 236–244.
7. *Fei W., Opoku A., Oppon J. A.* The Critical Role of the Construction Industry in Achieving the Sustainable Development Goals (SDGs): Delivering Projects for the Common Good // *Sustainability*. – 2021. – № 13. – P. 100–120.
8. *Ronalter L.M., Bernardo M., Romani J.* Quality and environmental management systems as business tools to enhance ESG performance: a cross-regional empirical study // *Environment, Development and Sustainability*. – 2023. – № 25. – P. 9067–9109.
9. *Lei X., Zhao K.* Exploring and Assessing Construction Companies' ESG Performance in Sustainability // *Global NEST Journal*. – 2021. – № 26(3). – P. 1–9.

УДК 332.8

Татьяна Валерьевна Шибанова,
канд. экон. наук, доцент
(Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого)
E-mail: tshibanova@mail.ru

Tatiana Valer'evna Shibanova,
PhD in Sci. Ec., Associate Professor
(Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University)
E-mail: tshibanova@mail.ru

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ЖКХ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

DIGITALIZATION IN HOUSING AND COMMUNAL SERVICES: PROBLEMS AND PROSPECTS

В статье рассмотрены возможности внедрения цифровых технологий на различных этапах жизненного цикла строительной продукции и жилищно-коммунальных услуг. Выявлен большой потенциал использования цифровых технологий на стадии строительного проектирования, реализации построенного жилья, а также на стадии эксплуатации жилых зданий: при принятии управленческих решений, ведении учета жилищного фонда, проведении голосований в товариществах собственников жилья. Указаны проблемы внедрения цифровых технологий: малый охват интернет-коммуникациями территории России, недостаточная компьютерная грамотность населения, необходимость оцифровки больших массивов информации.

Ключевые слова: цифровая трансформация, бизнес-процессы в строительстве, жилищно-коммунальные услуги, жизненный цикл продукции, проблемы цифровизации.

The article discusses the possibilities of introducing digital technologies at various stages of the life cycle of construction products and housing and communal services. The great potential of using digital technologies has been identified at the stage of construction design, the implementation of constructed housing, as well as at the stage of operation of residential buildings: when making managerial decisions, accounting for housing stock, and voting in homeowners' associations. The problems of introducing digital technologies are indicated: low coverage of Internet communications in Russia, insufficient computer literacy of the population, and the need to digitize large amounts of information.

Keywords: digital transformation, business processes in construction, housing and communal services, product lifecycle, problems of digitalization.

Введение

Согласно [1] «концепция цифровой трансформации экономики предусматривает реализацию мероприятий по следующим направлениям:

- разработка новой цифровой бизнес-модели в различных отраслях экономики;
- создание цифровых товаров и услуг;
- управление жизненным циклом продукции;
- автоматизированный сбор, хранение и обработка информации;
- внедрение цифрового проектирования;
- управление производственными процессами и сетями поставок;
- автоматизация ручного труда посредством использования роботов и электронного документооборота» [1].

Цифровизации и цифровой трансформации различных отраслей экономики посвящено большое количество исследований и публикаций в научной литературе, однако

вопрос цифровизации на разных стадиях жизненного цикла строительной продукции и услуг ЖКХ представляется нам недостаточно исследованным.

Методы исследования

В качестве методов исследования применялись методы сравнений, группировки и классификации, метод проблемно-ориентированного и системного анализа научных публикаций, а также нормативных документов и статистической отчетности по проблемам цифровизации Российской экономики.

Результаты исследования и их обсуждение

Несмотря на отсутствие в литературе однозначного определения понятия «жизненный цикл» продукции (услуги), выделим в нем следующие стадии: «проектирование», «производство» – строительство объекта, «реализация (продажа)», «эксплуатация» построенного объекта и наконец «ликвидация объекта строительства», т. е. снос [2].

Строительное проектирование является сложным, трудоемким и ответственным процессом, к подготовительной стадии относится также оформление всей разрешительной документации, получение согласований. BIM-технологии позволяют значительно упростить процесс проектирования: выполнять чертежи в автоматизированном формате, сразу же подсчитывая линейные размеры, площади, объемы будущих строительных конструкций; уменьшить количество ошибок при проектировании и затрат времени на их исправление, исправление рабочих чертежей. При проектировании объекта капитального строительства должно предусматриваться внедрение цифровых технологий на всех остальных этапах его жизненного цикла. В частности, для стадии производства, то есть непосредственно возведения здания, должно предусматриваться применение строительных технологий с высокой степенью автоматизации и механизации строительных процессов.

Проектирование жилищно-коммунальных услуг не является таким сложным как в строительстве и должно заключаться лишь в выборе из стандартного перечня работ по ремонту (обслуживанию) здания, определении объемов и стоимости этих работ [3].

Возможности цифровизации на стадии (производство) в строительстве и ЖКХ приведены в таблице.

Цифровые технологии на стадии реализации построенного объекта заключаются в онлайн-продажах квартир в строящихся домах, начиная с рекламных предложений на интернет-площадках (ЦИАН, сравни.ру и других); составлении и подписании электронных договоров через сервис «Госуслуги», позволяющий точно идентифицировать личность покупателя; регистрации этих договоров, оформлении электронной ипотеки, и заканчивая регистрацией права собственности на приобретенное жилое помещение через портал «Госуслуги» [4, 5].

**Цифровые технологии на различных этапах
жизненного цикла продукции строительства и ЖКХ**

Этапы жизненного цикла	Виды продукции	
	Объект капитального строительства	Жилищно-коммунальные услуги
Проектирование	ВМ-технологии, информационное моделирование	Выбор из стандартного перечня работ по содержанию, ремонту и техническому обслуживанию зданий
Производство	Технологии автоматизации и механизации строительных процессов Автоматизированные средства контроля качества СМР Электронный документооборот и платежный оборот Электронные торги по закупкам материалов	Внедрение систем диспетчеризации. Автоматизация технологических линий по производству коммунальных ресурсов (воды, тепла, газа). Информирование о состоянии инженерных сетей, учет и регулирование параметров теплоносителя. Автоматизированный приборный учет расхода энергоресурсов
Реализация	Онлайн-продажи, подписание электронных договоров, электронная ипотека, электронное предоставление услуги по регистрации прав на недвижимое имущество	Внедрение электронного счета по оплате ЖКУ, электронных платежных систем; Единый расчетно-кассовый центр по начислению коммунальных платежей
Эксплуатация	Внедрение систем «умный дом», внедрение средств автоматизированного контроля технического состояния конструкций и инженерных сетей здания	Осуществление функций управления многоквартирным домом в цифровом формате: – ведение электронных технических паспортов; – электронное голосование собственников жилья; – электронные обращения (заявки) от потребителей ЖКУ
Утилизация	Ведение электронных баз данных ветхого и аварийного жилья	

Стадия эксплуатации объекта капитального строительства является очень длительной – 50–70 лет, на протяжении которой многократно повторяются стадии производства и реализации жилищно-коммунальных услуг, поэтому при проектировании здания желательно выбирать строительные материалы и конструктивные решения, приводящие к минимизации будущих эксплуатационных расходов [3].

Цифровизация на стадии эксплуатации зданий предусматривает хранение паспортно-учетной документации на здания (технических паспортов) в виде массивов больших данных, а размещение их в открытом доступе*, дает возможность не только использовать технические паспорта как основу для планирования объемов ремонтно-эксплуатационных работ, но и позволяет сделать это планирование прозрачным, то есть доступным для

* www.gorod.gov.spb.ru – Проект «Наш Санкт-Петербург».

контроля общественным советам многоквартирных домов (МКД), а также избежать препятствий при передаче организационно-технической документации на многоквартирный дом при смене управляющей компании, обслуживающей это здание. Также цифровизация должна активно применяться для голосования собственников по вопросам управления многоквартирным домом при проведении общих собраний собственников в заочном формате, в связи с чем должна быть отработана процедура электронного голосования, исключающая информационные вбросы, подделку подписей и другие злоупотребления [3]. Очевидно, что указанное голосование должно проходить через сервис Госуслуг, обеспечивающий надежную верификацию личности.

Среди факторов, сдерживающих цифровизацию и применение населением компьютерных технологий, отмечают:

- нежелание использовать компьютер и выходить в интернет;
- недостаточную компьютерную грамотность, затрудняющую использование компьютера;
- «высокие затраты на подключение к интернету, либо отсутствие технической возможности такого подключения» [6];
- «соображения безопасности (защита персональных данных и защита от компьютерных вирусов)» [6].

В качестве проблем цифровизации 25 % опрошенных назвали:

- «технический сбой интернет-сайтов и платформ» [6];
- «наличие в интернете недостаточной, неясной или устаревшей информации» [6], высокую стоимость создания и актуализации программного обеспечения и обновления существующих баз данных.

По данным [6] только 66 % предприятий ЖКХ используют систему электронного документооборота. Также отмечается «недостаточный межведомственный информационный обмен, длительные сроки внесения изменений в электронные базы данных жилищного хозяйства; значительный риск получения недостоверных данных вследствие высокой доли ручного ввода данных и человеческого фактора» [6], что при отсутствии в настоящее время других источников достоверных данных может привести к значительному ущербу от принятия неверных управленческих решений.

Выводы

В целях изучения цифровой трансформации были исследованы процессы, происходящие на всех стадиях жизненного цикла продукции строительства и услуг ЖКХ. Проведенное исследование позволило выявить умеренный рост цифровых технологий в сфере ЖКХ в сравнении со строительной отраслью. Определены негативные факторы и проблемы цифровизации, которые влияют на неоднородность ее распространения в субъектах Российской Федерации.

Литература

1. Технология цифровизации в России – настала эпоха перемен/ ООО «Центр 2М» [Сайт] – URL: <https://center2m.ru/digitalization-technologies> (дата обращения: 13.11.2024).
2. *Пешков А. В., Матвеева М. В., Безруких О. А., Rogov Д. С.* Обеспечение процессов контроля качества на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства в рамках концепции «Строительство 4.0» // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 1. С. 90–97. – URL: <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-1-90-97> (дата обращения: 15.11.2024).
3. *Шибанова Т. В., Горбатова С. Ю.* и др. Содержание, эксплуатация и управление жилищным фондом: учеб. пособие. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – 395 с.
4. Стратегическое направление в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года: утв. Распоряжением Правительства РФ от 27 дек. 2021 г. № 3883-р. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403224504/?ysclid=m87b033ppd969601520> (дата обращения: 15.11.2024).
5. *Половникова Н. А.* Цифровизация в строительстве России // Экономика и бизнес: теория и практика. т- 12/2 (96), 2022. [Электронный ресурс] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-v-stroitelstve-v-rossii> (дата обращения: 28.11.2024).
6. Информационное общество в Российской Федерации: статистический сборник / Федеральная служба госстатистики, НИУ «Высшая школа экономики». – М. : НИУ ВЭШ, 2022 [Электронный ресурс] – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13251> (дата обращения: 28.11.2024).

УДК 332

Никита Андреевич Ядренкин,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: n4l3xandrov@yandex.ru

Nikita Andreevich Yadrenkin,
postgraduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: n4l3xandrov@yandex.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОЙ ТЕХНИКИ

IMPROVEMENT OF CONSTRUCTION CONTROL BASED ON THE USE OF CONTROLLED EQUIPMENT

В разрезе осуществляемой цифровизации экономики РФ проводится аналогичный процесс на уровне строительной отрасли, как составляющей части. Соответствующая политика проводится в упомянутой сфере с целью повышения и обеспечения качества готовой продукции, достигаемых за счет применения инструментов строительного контроля. Выявлено, что цифровые технологии наиболее уместны для совершенствования надзорных процессов. В результате анализа ряда научных трудов, выявленных аспектов СК, авторами предложено применение управляемой техники, основывающейся на упомянутых выше технологиях, для преобразования строительного контроля. Такой подход позволит усовершенствовать большинство видов строительного контроля.

Ключевые слова: строительный контроль, цифровизация строительства, современные технологии, управляемая техника, контроль качества.

In the context of the ongoing digitalization of the Russian economy, a similar process is underway at the level of the construction industry, as an integral part. An appropriate policy is being implemented in this area in order to improve and ensure the quality of finished products achieved through the use of construction control tools. It has been revealed that digital technologies are most appropriate for improving oversight processes. As a result of the analysis of a number of scientific papers, identified aspects of the CC, the authors proposed the use of controlled technology based on the above-mentioned technologies for the transformation of construction control. This approach will improve most types of construction control.

Keywords: construction control, digitalization of construction, modern technologies, controlled machinery, quality control.

Введение

Особенности строительства как вида производства, к которым относятся продолжительные сроки реализации проектов, большие объемы привлекаемых ресурсов и ожидаемый долгий срок эксплуатации готовой продукции, обуславливают необходимость реализации специальных подходов к системам управления и обеспечения качества. В данных областях центральное место заслуженно занимают процессы строительного контроля. В рамках данных мероприятий на разных уровнях осуществляется проверка используемых при возведении зданий и сооружений проектной и рабочей документации, материалов; инспекция и освидетельствование работ; отслеживание устранения замечаний и дефектов. Значимость принимает организационный аспект строительного контроля,

так как он требует взаимодействия всех лиц, принимающих участие в строительстве: заказчиков, подрядчиков, проектировщиков и контролирующих органов.

Методы

В настоящее время осуществляется плановый процесс цифровой трансформации строительной сферы* в рамках реализации Национальной программы «Цифровая экономика РФ». Одним из аспектов упомянутых мероприятий является внедрение ряда технологий в практику строительных надзора и контроля. Это подтверждает, данные процедуры в настоящее время требуют преобразований. Поэтому необходимо определиться, какие из новых технологий уместны для решения данного вопроса.

Результаты

Строительный контроль призван обеспечивать качество выполняемых строительных работ для последующей продолжительной и безопасной эксплуатации зданий и сооружений. Данная процедура состоит из ряда компонентов, которые полно охватывают производственный процесс, начиная от поступления оборудования и материалов на площадку, заканчивая сдачей объекта в пользование. Этим и обусловлена сложность строительного контроля, однако ее полное проявление возможно в случае возведения уникальных сооружений со сложными архитектурными формами.

Проводимые надзорные мероприятия преследуют решение ряда задач, объединяемых положениями проектной документации (ПД), технических регламентов (ТР), рабочей документации (РД). Со стороны компетентных государственных органов дополнительно проводится проверка соответствия применяемых при производстве документов, решений, технологий требованиям соответствующих нормативных и законодательных документов в области строительства, реконструкции, землепользования.

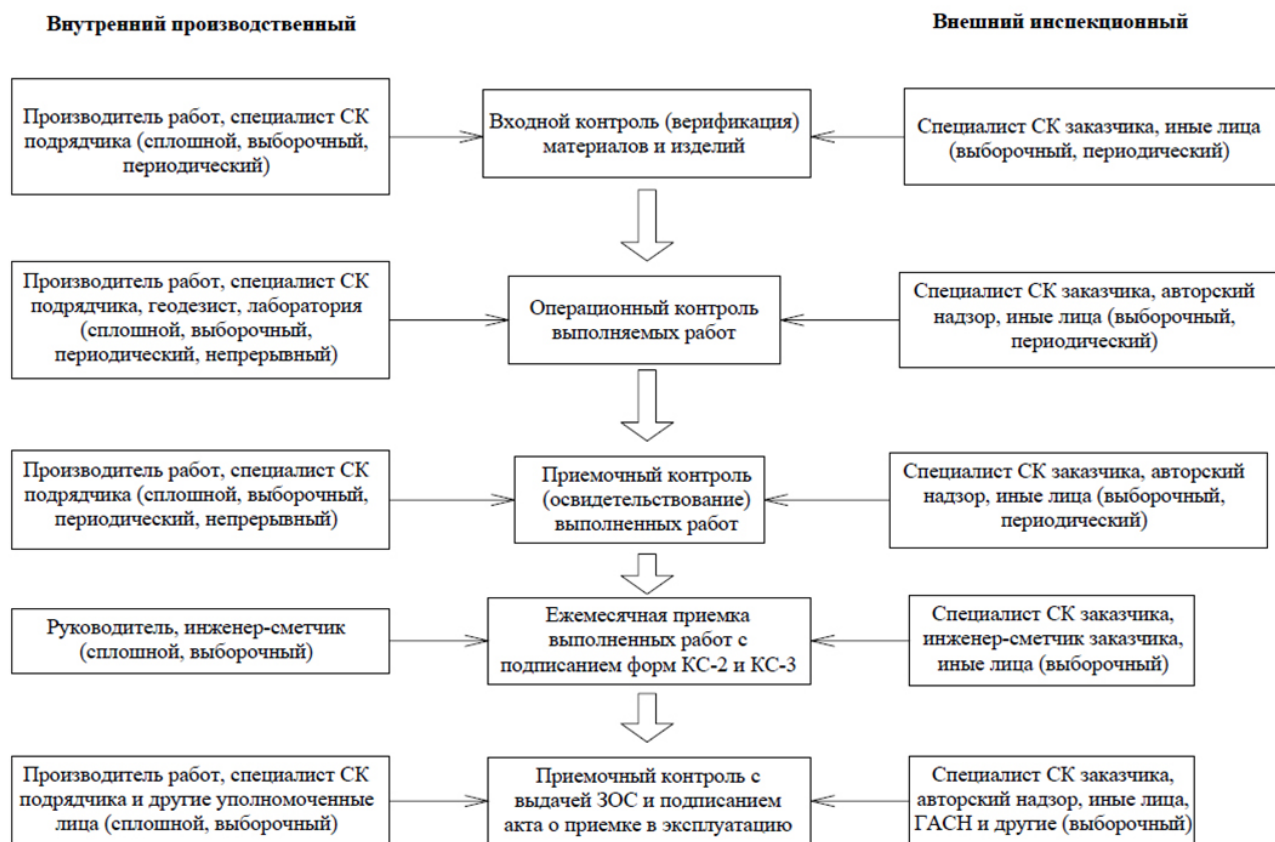
Строительный контроль проводится поэтапно, что обусловлено требованиями Градостроительного кодекса Российской Федерации. Ниже на рисунке представлена соответствующая схема.

В рамках проведения строительного контроля следует выделить внутреннее производственное и внешнее инспекционное направления, каждое из которых проходит через входной, операционный и приемочный этапы. Как правило, факт проведения всех надзорных мероприятий подтверждается заполнением соответствующих журналов и актов. Видно, что основные участники строительного контроля взаимодействуют слева-направо при внутренне-производственной форме надзора и справа-налево – при внешне инспекционной.

Можно проследить и другие отличия: сторонний контроль проводится выборочно и периодически, в то время как внутренний обязательно сплошной. Следует отметить и еще одну разницу, заключающуюся в количестве проверяющих. При проведении внешнего инспекционного строительного контроля сравнительно с внутренним произ-

* Распоряжение Правительства РФ от 27 декабря 2021 г. № 3883-р «О стратегическом направлении в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства РФ до 2030 г.».

водственным его частота проведения и количество проверяющих меньше, а охват работ более узкий.



Стадии проведения надзорных мероприятий в строительстве [1]

Непосредственно на строительной площадке проводятся следующие виды строительного контроля [2]:

- входной контроль. Проводится с целью верификации и проверки качества поступающих на производство строительных материалов, оборудования и техники;
- операционный контроль. Осуществляется при в ходе или после окончания технологической операции. Направлен на проверку качества выполненной работы;
- приемочный контроль. Проводится на основе итогов операционного контроля. В результате дается заключение о соответствии или несоответствии готового сооружения или конструкции требованиям проектной или нормативной документации, возможности его последующей эксплуатации;
- авторский надзор. Специальный вид контроля, проводимый на участке строительства разработчиком проектной документации. Предмет контроля: выполняемые подрядчиком работы. В процессе заполняется специальный журнал;
- лабораторный контроль. Проводится специальными независимыми или подчиненными подрядчику подразделениями. Проверке подвергаются отдельные виды работ, материалы, конструктивные элементы сооружений.
- геодезический контроль. В ходе его проведения на этапе начала строительства осуществляется приемка от заказчика разбивочной геодезической сети. В процессе строи-

тельно-монтажных работ геодезисты сопровождают операционный и приемочный виды контроля.

- **экологический контроль.** Проводится компетентными государственными органами с целью пресечения нарушений в сфере охраны окружающей среды.

Сегодня, как отмечается в одном из исследований [3], контроль качества при выполнении строительства в основном реализуется традиционными методами, а способные их оптимизировать информационные технологии внедрены не повсеместно. Из-за данного явления негативному влиянию подвергается процедура документооборота, что в итоге аналогично сказывается, по мнению Р. Р. Сиргалина и А. М. Эльшейха, на проведении контроля качества строительных работ. Исследователи считают перспективным и комплексным решением данных вопросов применение технологий BIM и электронного документооборота в строительный контроль, что позволит повысить качество строительных работ, сократить их продолжительность и расходы. Реализации предложенного подразумевает изменения в нормативно-правовой базе, в требованиях к подготовке документации, реорганизацию порядка взаимодействия между участниками строительства [3].

Как отмечено в другом исследовании [4], контроль в строительстве следует делить на административно-процедурную и административно-техническую составляющие. Первая осуществляется в форме проверок, с составлением актов с замечаниями и предписаниями к их устранению. Вторая, основанная на законодательных актах, регламентирует технические параметры с целью обеспечения безопасности готовой продукции. Д. К. Дитрих, В. М. Шеншин отмечают эффективность деятельности Правительства Российской Федерации в поле строительного законодательства и надеются на дальнейшую успешную соответствующую политику [4].

Что касается финансовой стороны, стоимость проведения строительного контроля со стороны технического заказчика в настоящий момент регламентируется Постановлением* Правительства РФ. На стадии оценки регулирующего воздействия (ОРВ) находится проект Постановления**, где предлагается разделение нормативов расходов Технического заказчика на осуществление строительного контроля в процентном выражении от сметной стоимости строительства в текущих ценах отдельно для линейных и площадных объектов. Однако, как отмечается в исследовании [5], методы расчета соответствующих норм расходов в данном документе не отображены. Как отметили Н. В. Цопа, А. С. Карпушкин, С. С. Карпушкин, функционал строительного контроля в РФ в целом соответствует зарубежному, но с финансовой точки зрения в других странах соответствующая процедура в несколько раз дороже [5]. Это побуждает к предположению, что проектные нормативные показатели занижены, и не отражают реальную потребность. Следовательно, имеет место быть мнение, что для обеспечения конкурентоспособной заработной платы за соответствующими специалистами закрепляется большое количество объектов, что сказывается

* Постановление Правительства РФ от 21 июня 2010 г. № 468 «О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства» (с изменениями и дополнениями).

** Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении Правил проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства и о признании утратившим силу Постановления Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 468».

на качестве их работы. В связи с этим, исследователи предлагают использовать более точный метод расчёта нормативов затрат, основанный на определении трудоёмкости осуществления строительного контроля со стороны заказчика, который привязан к конкретным точкам освидетельствования [5].

М. М. Милославская, Е. В. Егорова поднимают проблему мошенничества в строительстве [6]. Причинами данного явления являются:

- рост спроса на соответствующие услуги;
- желание строительных организаций повысить свою маржинальность;
- большое разнообразие применяемых ресурсов;
- длительный производственный цикл;
- внушительный срок эксплуатации готовой продукции: зданий и сооружений;
- неэффективный строительный контроль.

В исследовании [6] говорится, что мошенничество в строительной отрасли распространено на следующих этапах:

- на подготовительном этапе;
- на этапе непосредственных строительства и капитального ремонта;
- при приемке законченных работ, сдаче в эксплуатацию.

С целью предупреждения и предотвращения мошенничества, М. М. Милославская, Е. В. Егорова предлагают сделать уклон в сторону качественной организации внутреннего контроля на уровне организаций-участников строительства. Здесь рационально обратить внимание на финансовую и бухгалтерскую составляющие: необходимы системы адекватного разделения обязанностей работников [6]. Исследователями предложено разделить обязанности по проверке транзакций, их регистрации и отображению, предоставлению доступа к денежным средствам между отдельными ответственными работниками.

Обсуждение

По результатам проведенного нами анализа ряда научных трудов, были выявлены следующие аспекты строительного контроля, требующие внимания: обеспечение высокого уровня качества продукции в эпоху цифровой трансформации экономики РФ, развитие нормативной базы, регламентирование стоимости проведения СК, обеспечение законности проведения тех или иных составляющих процедур, применение систем автоматического контроля и управления техникой.

Р. Р. Сиргалин и А. М. Эльшейх полагают, что применение технологий BIM в связке с электронным документооборотом при проведении строительного контроля позволит повысить качество монтажных работ, сократить продолжительность строительства, снизить сопутствующие финансовые издержки. Д. К. Дитрих, В. М. Шеншин считают, что для развития механизмов СК требуется активная нормативная деятельность со стороны органов законодательной и исполнительной власти. В целях повышения качества проведения строительного контроля исследователи Н. В. Цопа, А. С. Карпушкин, С. С. Карпушкин нашли целесообразным разработать новый метод расчета трудоёмкости проведения строительного контроля, т. к. в настоящее время существует большая рабочая нагрузка на специалистов, проводящих данные мероприятия. Предположение о необходимости сделать акцент на финансовой составляющей внутреннего контроля высказа-

ли М. М. Милославская и Е. В. Егорова, что, по их мнению, позволит уменьшить количество мошеннических операций в строительстве.

Учитывая предложенные исследователями решения по совершенствованию СК, а также определенную нами взаимосвязь рассмотренных его аспектов, мы предлагаем следующие рекомендации основывающийся, главным образом, на применении управляемой техники:

1. Непосредственно расширение спектра применения управляемой техники при осуществлении строительства. Например, такие устройства могут быть применены при проведении геодезического, операционного, приемочного, государственного, экологического контроля, а не только при осуществлении авторского надзора, проведении инженерных изысканий.

2. Дальнейшие внедрение и применение новых технологий, основанных на BIM. В данном случае мы имеем в виду целесообразность установки, например, лазерных сканеров не только на летательные, но и на наземные управляемые аппараты.

3. Внедрение новых форм занятости, что необходимо в случае адаптации к внедренным технологиям.

4. Актуализация существующей и разработка новой нормативной документации, которые обеспечат законность всех преобразований.

Наши решения позволят усовершенствовать геодезический, операционный, приемочный, экологический виды контроля, авторский и государственный строительный надзоры, составляющих основу строительного контроля в целом и обеспечивающих качество готовой строительной продукции.

Выводы

В результате проведенного исследования мы смогли прийти к заключению о целесообразности применения управляемой техники в практике строительного контроля. Однако для реализации задуманного потребуются разработать и внедрить новую технику, реорганизовать рабочие места, реформировать нормативную базу, обеспечить финансирование преобразований. Это приведет к организации и проведению одного из направлений цифровизации строительной сферы в контексте цифровой трансформации экономики РФ, изменению взглядов потенциальных соискателей на специфику работы в строительной сфере, повышению качества выполняемых работ и готовой продукции, обеспечению задела на будущее применение автономной техники в соответствующих производственных процессах на уровнях экономических субъектов, государства, законодательства.

В будущих исследованиях следует предоставить эскизы или чертежи потенциальных устройств, которые смогут применяться при решении задач СК, определить их технические характеристики. Сопутствующий экономический вопрос также следует рассматривать в рамках отдельных исследований.

Литература

1. Петров И. С., Ядренкин Н. А. Строительный контроль и перспективы его развития // Инновации и инвестиции. 2024. № 2. С. 479–482.
2. Ядренкин Н. А. Особенности определения стоимости компонентов строительного контроля // Актуальные проблемы экономики и управления в строительстве. Материалы II Национальной (всероссийской) научно-практической конференции. СПб. : СПбГАСУ, 2024. С. 51–56.
3. Сиргалин Р. Р., Эльшейх А. М. Повышение качества строительного контроля на основе технологий BIM // Системные технологии. 2022. № 4(45). С. 49–53.
4. Дитрих Д. К., Шенишин В. М. «Регуляторная гильотина» как направление реформирования строительного контроля // Право и государство: теория и практика. 2023. № 8(224). С. 232–235.
5. Цопа Н. В., Карпушкин А. С., Карпушкин С. С. Анализ функционала строительного контроля заказчика и норматива расходов на его осуществление // Строительство и техногенная безопасность. 2023, № 29(81). С. 59–69.
6. Милославская М. М., Егорова Е. В. Внутренний контроль как инструмент предотвращения мошенничества в строительной отрасли // Вестник Московского университета МВД России. 2023. № 5. С. 254–257.

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. АРХИТЕКТУРА

АРХИТЕКТУРА

<i>Аксенова С. Б.</i> Включение общественной функции в жилую застройку для создания гармоничной среды обитания человека	3
<i>Дудышева С. О., Зимич В. В.</i> Разработка архитектурно-планировочной композиции туристско-рекреационного комплекса	14
<i>Кумакова Н. А.</i> Комплексное проектирование комфортной городской среды города Красноармейска Саратовской области: методология и практика	23
<i>Миронюк А. В.</i> Реконструкция фрагмента Октябрьского проспекта в городе Сыктывкаре	35
<i>Остроушенко Е. Б.</i> Архитектурно-художественные особенности храмов Транссибирской магистрали к. XIX – н. XX в.	46
<i>Семенова В. А., Мальцева И. Н.</i> Сохранение, адаптация и переосмысление наследия промышленной архитектуры	54

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

<i>Бобрышев Д. В., Усачева В. В., Корниенко Д. С., Коваленко А. Д., Куманина Е. А., Понкратенко А. И., Ланг А. Э.</i> Перспективы пространственного развития туристско-рекреационных систем в центральной экологической зоне озера Байкал.	63
<i>Дёмин В. А.</i> Приневский регион: агломерация будущего.	76
<i>Вавилонская Т. В., Светник Г. И.</i> Механизмы устойчивого развития исторических поселений.	82

Раздел 2. СТРОИТЕЛЬСТВО

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

<i>Кудинов В. В., Ксенофонтова Е. Н.</i> О некоторых проблемах практического применения оценки профессиональных рисков	91
<i>Комарцов А. Ю., Сорокин А. Ю., Рыбаков А. В.</i> К вопросу об обеспечении безопасной эксплуатации башенных кранов на строительных площадках	100

<i>Варламов Р. И., Рыбаков А. В., Сорокин А. Ю.</i> О роли феномена информационной перегрузки в безопасности труда на объектах повышенной опасности	107
<i>Семейкин А. Ю., Томаровиценок О. Н., Петрова В. А., Гаврилова П. Я.</i> Обеспечение безопасности строительных работ в условиях приграничных территорий	117
<i>Румянцев Н. В., Денисенко Д. Ю.</i> Практика внедрения цифрового наряда-допуска при проведении строительных работ	124
<i>Ульянов А. И., Шавуров С. А.</i> Создание алгоритма оценки эффективности проведения обучения в VR-лаборатории	132
<i>Забирова С. И., Сташкова Е. Н., Сорокин А. Ю.</i> О подходе к однозначному определению безопасных и опасных зон на строительных площадках	139

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

<i>Бобрик А. Г.</i> Выбор метода очистки хромсодержащих сточных вод	148
--	-----

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

<i>Кабайлов Д. Д., Наместников А. М.</i> Инструменты автоматизации формирования чертежей в проектировании зданий и сооружений ...	154
<i>Короткий В. А., Студенова Е. С., Усманова Е. А., Хмарова Л. И.</i> Цифровизация элементов архитектурного стиля «модерн»	163

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

<i>Олехнович Я. А., Шурилин Е. А.</i> Алгоритм выбора оптимального конструктивного решения теплоизоляционного материала в составе наружной ограждающей конструкции жилого здания	171
--	-----

Раздел 3. ТРАНСПОРТ

АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ КОМПЛЕКС И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

<i>Алексеев Е. В.</i> Определение пропускной способности быстровозводимой ремонтной мастерской при обслуживании парка строительных машин на Крайнем Севере	181
<i>Букиров Р. Р.</i> Повышение плавности хода транспортно-технологических машин	190

<i>Мисюра Е. М., Евтюков С. А.</i> Анализ возникновения неисправностей на колесах и роликах на мостовых кранах в ПАО «Северсталь»	199
<i>Нужная К. Г., Малихина О. В.</i> Перспективы развития системы подготовки водителей для грузового автомобильного транспорта в разрезе применения компетентностного подхода	207
<i>Фигичев А. М., Бешенцев И. Д.</i> Анализ данных обследований пассажиропотоков общественного транспорта Ленинграда для формирования стратегии развития транспортной системы Санкт-Петербурга	216
<i>Хлыбов А. В., Никитин К. В., Ключев А. М.</i> Оптоволоконная система автодорожного мониторинга	230

Раздел 4. ЭКОНОМИКА

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

<i>Белоус А. Б., Васильева М. А.</i> Влияние цифровой трансформации на ценообразование строительных проектов	244
<i>Кайстрюков С. А.</i> Учет роста цен на ресурсы при оценке инвестиционно-строительного проекта жилой недвижимости	251
<i>Рыбнов А. Е.</i> Система управления устойчивым развитием в строительных организациях	261
<i>Шибанова Т. В.</i> Цифровизация в ЖКХ: проблемы и перспективы	269
<i>Ядренкин Н. А.</i> Совершенствование строительного контроля на основе применения управляемой техники.	274

Научное издание

**АРХИТЕКТУРА. СТРОИТЕЛЬСТВО.
ТРАНСПОРТ. ЭКОНОМИКА**

Материалы LXXVIII Международной
научно-практической конференции

21–22 ноября 2024 года

Компьютерная верстка *О. Н. Комиссаровой*

Подписано к печати 01.10.2025. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 33,02. Тираж 500 экз. Заказ 108. «С» 53.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на МФУ. 198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.