

ISSN 2658-5340 (Print)



СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издаётся с 2010 г.

**CONSTRUCTION
PRODUCTION**

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

**№3
2024**

Рекомендован высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки РФ
для публикации научных работ, отражающих основное содержание диссертаций

Журнал включён в Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ)

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЕКТ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ (ПОТ) – НЕОБХОДИМЫЙ ЭЛЕМЕНТ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ (КРТ)	
Лапидус А. А.	2
КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ ПРОЛЁТНЫХ СТРОЕНИЙ ГАЛЕРЕЙ ТОПЛИВОПОДАЧИ ПЫЛЕУГОЛЬНЫХ ТЭС	
Воронков И. Е., Николаев Г. А., Верховский Р. Д., Михеев С. А.	7
ПОРТАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА	
Маилян Л. Д., Зеленцов Л. Б., Пирко Д. В., Свитенко Д. В., Зеленцов К. А.	12
ХАРАКТЕРНЫЕ ДЕФЕКТЫ И НЕСОВЕРШЕНСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОПОР ЭСТАКАД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	
Сабитов Л. С., Адушкин К. Г., Токарева Л. А., Айзатуллин М. М., Зарипов М. М..	16
АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ И АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА	
Олейник П. П., Мириков В. Н.	26
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ АНАЛИЗА РИСКОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	
Лапидус А. А., Михальченко О. Ю., Ткач А. А.	31
ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ НА ОБЪЕКТАХ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	
Топчий Д. В., Мартос В. В., Монахов Б. Е.	36
СИСТЕМА МОДУЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОЕКТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ С УЧЁТОМ РИСКОВ	
Байбурин А. Х., Самарин А. Ю.	45
ОБЗОР ОСНОВНЫХ ВИДОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА	
Олейник П. П., Мириков В. Н.	49
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНОГО ПЕРСОНАЛА	
Морозенко А. А., Швец Н. С.	54
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ТИПОВЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	
Маилян Л. Д., Зеленцов Л. Б., Пирко Д. В., Тузлуков К. В., Илюшин С. А.	58
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫБОР ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА	
Олейник П. П., Мириков В. Н., Монахов Б. Е.	64
РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОКС	
Топчий Д. В., Адамцевич Л. А., Шилов Л. А.	70



Лапидус
Азарий Абрамович
ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

АБРАМОВ И. Л. – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

АШИХМИН О. В. – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

АШРАПОВ А. Х. – канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

ГУРЬЕВА В. А. – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

ЗЕЛЕНЦОВ Л. Б. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

ИБРАГИМОВ Р. А. – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

ИГНАТЬЕВ А. А. – канд. техн. наук, доцент, ФАУ «РОСДОРНИИ», Управление развития отраслевого образования

КАЗАКОВ Д. А. – канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

КОНДРАТЬЕВ В. А. – канд. техн. наук, доцент, Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт им. Мирзо Улугбека, Узбекистан

КОРОБКОВ С. В. – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»

КРЮКОВ К. М. – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

КУЗИНА О. Н. – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

КУЗЬМИНА Т. К. – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

ЛЕОНОВИЧ С. Н. – д-р техн. наук, профессор, Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь

ЛОГАНИНА В. И. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

МАИЛЯН Л. Р. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

МАЛАЕВ В. Ф. – канд. техн. наук, доцент, Ливанский Университет, факультет Искусств и Архитектуры, Ливанская Республика

МАКАРОВ К. Н. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Сочинский государственный университет»

МЕНЕЙЛЮК А. И. – д-р техн. наук, профессор, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Республика Украина

МОЛОДИН В. В. – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет» (Сибстрин)

МОНДРУС В. Л. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

МОРОЗЕНКО А. А. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

ОЛЕЙНИК П. П. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

ПИКУС Г. А. – канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет»

ПОПОВА О. Н. – канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова»

САБИТОВ Л. С. – д-р техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

СУЛЕЙМАНОВА Л. А. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова»

ТАМРАЗЯН А. Г. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

ТЕР-МАТИРОСЯН А. З. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

ФЕДОСОВ С. В. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

ФЕДЮК Р. С. – д-р техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»

ФОМИН Н. И. – канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

ХАВИН Д. В. – д-р эконом. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

ЦОПА Н. В. – д-р эконом. наук, профессор, ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Академия строительства и архитектуры

ЭКЛЕР Н. А. – канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова»

ЮДИНА А. Ф. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

ЮСУПОВ Х. И. – канд. техн. наук, профессор, Ташкентский архитектурно-строительный университет, Узбекистан

УДК 69.059:620.193

DOI: 10.54950/26585340_2024_3_2

Проект организации территории (ПОТ) – необходимый элемент комплексного развития территорий (КРТ)

The Territorial Organization Project (TOP) is a Necessary Element of the Integrated Territorial Development (ITD)

Лapidус Азари́й Абрамович

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, lapidusaa@mgsu.ru

Lapidus Azariy Abramovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavlshoe shosse, 26, lapidusaa@mgsu.ru

Аннотация. Введение. Настоящее исследование посвящено одному из основных направлений реализации национальных программ в нашей стране – комплексному развитию территорий (КРТ), позволяющему реализовывать не только программы строительства жилья, но и возводить объекты социальной и культурно-бытовой направленности, обеспечивающие население рабочими местами. В настоящее время не существует инструмента на этапе планирования строительства, позволяющего осуществлять застройку таких территорий в течение длительного периода. Предлагается создать его, назвав проектом организации территории (ПОТ).

Материалы и методы. Рассматривается жизненный цикл объектов строительства в данном исследовании. Предлагается сравнение операций обеспечения строительства на этапе выполнения проектной документации – проекта организации строительства (ПОС) – и предшествующем ему этапе технико-экономического обоснования КРТ, когда невозможно создать ПОС и необходимо иметь документ, учитывающий комплекс решений по организации строительства – проект организации территории (ПОТ).

Результаты. Проект организации территории (ПОТ) включает в себя факторы, учитывающие внешний и внутренний контуры. Он создаётся на этапе планирования, когда отсутствуют конкретные проекты будущих объектов и поэтому необходимо иметь документ, позволяющий учитывать логику доставки

материалов и оборудования, возможность подведения к территории инженерной инфраструктуры, инженерной защиты, планируемое размещение предприятий строительной индустрии, внутренних дорог, складов, размещения бытовых городков.

Выводы. Проект организации территорий (ПОТ) позволит учесть потребность задач внешнего и внутреннего контура.

- К задачам внешнего контура относятся:
- транспортные коммуникации к территории,
 - внешняя инженерная инфраструктура,
 - инженерная защита территории.

- К задачам внутреннего контура относятся:
- промышленные зоны,
 - складские территории,
 - бытовые городки,
 - внутренняя инженерная инфраструктура,
 - внутренняя транспортная инфраструктура.

Необходимость учёта описанных выше факторов обусловлена потребностью заранее, на этапе планирования, максимально предусмотреть необходимые мероприятия и ресурсы для успешной реализации комплексного развития территорий.

Ключевые слова: комплексное развитие территорий (КРТ), мастер-план, проект организации территорий (ПОТ), проект организации строительства (ПОС), внешний контур, внутренний контур, жизненный цикл объектов строительства, организация строительства.

planned placement of construction industry enterprises, internal roads, warehouses, and the placement of utility towns.

Conclusions. The territory organization project (TOP) will take into account the needs of the tasks of the external and internal contours.

- The tasks of the external contour include:
- transport communications to the territory,
 - external engineering infrastructure,
 - engineering protection of the territory.

- The tasks of the internal office include:
- industrial zones,
 - warehouse areas,
 - utility towns,
 - internal engineering infrastructure,
 - internal transport infrastructure.

The need to take into account the factors described above is due to the need to provide in advance, at the planning stage, the necessary measures and resources for the successful implementation of the integrated development of territories.

Keywords: integrated territorial development (ITD), master plan, territorial organization project (TOP), construction organization project (COP), external contour, internal contour, life cycle of construction projects, organization of construction.

Введение

В настоящее время застройка городов осуществляется в рамках комплексного развития территорий (КРТ). Точечная застройка практически не встречается в современной парадигме осуществления жилищного и гражданского строительства. КРТ рассматривается как комплекс, соединяющий в себе решение градостроительных, экономических и социальных решений. Не случайно термин КРТ появился не только в нормативной документации, такой как Градостроительный кодекс¹, но и получил развитие во многих политических документах, направленных на многофункциональное развитие страны².

На сегодняшний день в рамках комплексного развития территорий осуществляется застройка нескольких сотен земельных участков, а в перспективе в ближайшее время такой подход займёт передовые позиции при реализации государственных программ – национальных проектов, ориентированных на ускорение и совершенствование целей развития страны³.

Первые элементы КРТ проявились ещё в конце прошлого и начале этого века, когда в Москве стартовала программа по расселению жилых домов первых индустриальных серий, получивших в народе название «хрущёвки» [1; 2].

Невозможность довести до конца реализацию этого проекта была связана с отсутствием комплексного подхода, позволяющего учитывать сложившуюся социальную ситуацию и на её основе развивать новую – потребность в детских и лечебных учреждениях, других объектах социальной инфраструктуры.

Учтя ошибки, допущенные при реализации этой программы, в Москве была запущена новая программа, названная «реновация», фактически ставящая перед собой цель переселения жильцов из домов устаревших серий в новые, более комфортабельные и современные дома.

При этом в зонах нового строительства предусматривалось возведение школ, детских садов, поликлиник, магазинов, общественных пространств, в том числе и создание новых рабочих мест [3; 4].

Московский опыт явно мог бы использоваться в качестве основы градостроительной политики государства и в других регионах, но его особенности, связанные с освоением тех территорий, где, в первую очередь, были расположены дома первых индустриальных серий, не имел однозначного повторения по всей территории страны.

Поэтому перспективное освоение огромных пространств Российской Федерации было решено осуществлять через комплексное развитие территорий. В настоящее время в процессе реализации, согласно заявлению вице-премьера Правительства РФ Хуснулина М. Ш.⁴, находится более 1200 участков, попадающих под программы КРТ.

Материалы и методы

Для реализации программ комплексного развития территорий предложена система подготовки мастер-планов – нового понятия в градостроительной концепции [5].

Отсутствие понятия «мастер-план» в нормативной документации не даёт возможности более гибкого освоения рассматриваемых территорий как элемента долгосрочного стратегического планирования, так как неоднозначно трактуется разными авторами [6]. Вместе с тем, появление понятия «мастер-план» безусловно можно оценивать как позитивное явление, позволяющее вместе с разработкой архитектурных концепций разрабатывать и их экономическую, а также и социальную составляющие. Именно благодаря этому в настоящее время разработкой мастер-планов занимаются в огромном количестве регионов, и в целом эта программа находится на контроле у руководства страны⁵.

Изучая представленные мастер-планы, можно отметить серьёзный пробел в их формировании, заключающийся в отсутствии системного подхода к строительной концепции развития территорий. То же самое можно сказать и о комплексном развитии территорий. В представленных мастер-планах и проектах КРТ не учтена динамическая составляющая процессов строительства. Отсутствуют мероприятия, позволяющие осуществлять возведение проектируемых объектов с учётом складывающейся ситуации на осваиваемых территориях.

Это положение можно объяснить тем, что проекты развития территорий формируются на предпроектном этапе. Согласно современной парадигме жизненного цикла этапов строительства, до этапа проектирования существует этап технико-экономического обоснования, или в некоторых исследованиях его неправильно называют «техническое задание» [7]. Именно на этом этапе жизненного цикла и происходит формирование проекта КРТ.

Если бы мы рассматривали следующий этап – выполнения проектной документации, то, согласно Постановлению Правительства РФ № 87⁶, необходимо выполнять раздел «Проект организации строительства (ПОС)», состав которого достаточно подробно описан в этом документе. Все реализуемые в рамках ПОС [8] на этапе выполнения проектной документации и на этапе строительства в рамках проекта производства работ (ППР) [9] процедуры позволяют осуществлять строительство объекта или комплекса объектов.

Возникает вопрос: каким документом на более ранних стадиях жизненного цикла, когда ещё не разрабатывается проектная документация, можно будет учесть потребность в производственных мощностях, технологии, возможности складирования материалов и оборудования, возможности проживания работников, принимающих участие в строительстве, возможности доставки матери-

¹ Федеральный закон «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в целях обеспечения комплексного развития территорий» от 30.12.2020 № 494-ФЗ (последняя редакция).

² «Путин предложил расширить программу мастер-планов ещё на 200 населённых пунктов» (<https://www.interfax.ru/russia/948361>).

³ Указ Президента РФ от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».

⁴ Марат Хуснуллин: Порядка 1,4 млн кв. м недвижимости построили по проектам комплексного развития территорий (<http://government.ru/news/>).

⁵ «Путин предложил расширить программу мастер-планов ещё на 200 населённых пунктов» (<https://www.interfax.ru/russia/948361>).

⁶ Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 (ред. от 15.09.2023) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».

алов и оборудования и многое другое, необходимое для проведения строительных работ.

Этот вопрос стал наиболее актуальным именно сейчас, когда на самых первых этапах жизненного цикла появились понятия «мастер-планы», и особенно в приложении к комплексному развитию территорий.

Итак, перед нами стоит задача планирования мероприятий по строительству объектов на значительной территории, находящейся в границах реализации КРТ. Автор предлагает ввести понятие «проект организации территории (ПОТ)», составить для этого понятия регламент и по возможности зафиксировать его в нормативных документах.

Вероятнее всего, ПОТ должен стать составной частью разрабатываемых мастер-планов, но может быть и самостоятельным элементом. Когда формируется экономика и социальная инфраструктура в КРТ, ПОТ должен стать необходимым составляющим разрабатываемых документов.

ПОТ может быть составлен как аналог ПОС, но на более ранней стадии жизненного цикла строительства, имеющий прогнозный характер и позволяющий учесть особенности реализации комплексного развития территории как сложной технической системы [10; 11], с учётом возникновения возможных рисков [12].

Результаты

Рассмотрим, какие требования должны быть учтены в проекте развития территории. Имеет смысл обсудить этот вопрос с профессиональным сообществом, но для начала дискуссии предлагаю следующий подход при формировании ПОТ – разделение исследуемой проблемы с позиций системотехники [13] и решения математических оптимизационных задач [14] во внешнем и внутреннем контурах КРТ, включающих в себя следующие:

- внешний контур – вопросы, связанные с возможностью обеспечения территории строительными материалами и оборудованием, другими элементами, связанными с транспортной логистикой; возможность обеспечения инженерной инфраструктурой; инженерной защитой территории;
- внутренний контур – вопросы, связанные с обеспечением строительства на рассматриваемой территории – промышленные зоны, складские территории, бытовые городки, внутренняя инженерная инфраструктура, внутренняя транспортная инфраструктура.

Рассмотрим подробнее содержание каждого из перечисленных контуров.

Внешний контур.

• Транспортные коммуникации к территории.

Для понимания, каким образом при реализации проекта КРТ будут осуществляться логистические операции, необходимо сформулировать объёмы транспортных потоков, обеспечивающих строительство [15]. Исходя из этого необходимо проверить возможность существующей транспортной инфраструктуры, а в случае необходимости, запланировать строительство дорог, морских или речных причалов, по которым будут доставляться строительные материалы и оборудование.

• Внешняя инженерная инфраструктура.

Необходимо оценить потребность строительства в разные периоды реализации КРТ в инженерной инфраструк-

туре – электроэнергии, водоснабжении и водоотведении, теплоснабжении, телефонии и интернете [16]. Создать и рационально подвести к осваиваемой территории объекты инженерной инфраструктуры. В данном случае под термином «рационально» подразумевается необходимость обеспечения требуемых мощностей в соответствии с планом реализации строительства на рассматриваемой территории.

• Инженерная защита территории.

В случае, если проект КРТ требует инженерной защиты при вероятности затоплений, пожаров, других чрезвычайных ситуаций, необходимо предусмотреть разработку таких мероприятий [17]. При этом на основании исследований следует сформировать программу инженерной защиты, учитывающей этапы и сроки освоения территории.

Внутренний контур.

• Промышленные зоны.

Внутри развиваемой территории необходимо выделить зоны, на которых было бы целесообразно разместить предприятия строительной индустрии в тех случаях, когда привозить готовые строительные материалы экономически нецелесообразно. Такая ситуация может возникнуть, когда в регионе застройки существует дефицит используемых строительных материалов, таких как бетон, кирпич или блоки, и разумнее завозить инертные материалы или полуфабрикаты, а конечную продукцию выполнять непосредственно на территории.

При принятии решения о строительстве производства необходимо выделить участок земли под предприятие и обеспечить его объектами инфраструктуры либо использовать имеющиеся производственные мощности с приспособлением их для решения поставленных задач [18]. Следует иметь в виду, что предприятие в дальнейшем будет демонтировано, а на его месте возникнет планируемый объект в соответствии с генеральным планом КРТ. С учётом того, что после демонтажа территория теряет источник строительных материалов, производимых на данном предприятии, рекомендуется пространства, занимаемые предприятиями, использовать как элементы благоустройства, то есть не требующие большого объёма строительных материалов.

Промышленных зон на территории может быть несколько, в зависимости от размеров территории и потребности в строительных материалах.

• Складские территории.

Для некоторых материалов и оборудования, поступающих в процессе строительства, необходимо предусмотреть складские помещения [19]. Это могут быть открытые или закрытые склады – отапливаемые или холодные. Расположение участков под склады должно быть увязано с планами освоения территории таким образом, чтобы склады были расположены целесообразно по отношению к возводимым объектам и в законченных микрорайонах в соответствии с графиком строительства не возникало проблем логистики, когда мимо детских площадок или учреждений будут доставляться строительные материалы или оборудование.

• Бытовые городки.

При комплексном освоении территорий персонал, принимающий участие в строительстве, может доставляться на место строительства на транспорте. В этом случае персонал будет располагаться в бытовых городках, раз-

мещённых на территории конкретных объектов с учётом решений, сформулированных в ПОС на этот объект [20]. Однако чаще приходится сталкиваться с ситуацией, когда рабочие и инженерно-технические работники (ИТР) живут в непосредственной близости от возводимых объектов, работая вахтовым методом или на постоянной основе. В этом случае необходимо построить бытовые городки для проживания рабочих и ИТР, учтя при их размещении все те требования, которые были сформулированы при описании размещения складских территорий.

• Внутренняя инженерная инфраструктура.

По решению проблемы внешнего контура к территории будут подведены все требуемые коммуникации, а их привязка к непосредственным объектам строительства осуществляется внутри территории. Это не только подведение сетей к границам участков строительства, но и размещение на территории трансформаторных подстанций, канализационных насосных станций и других инженерных сооружений. Для их размещения необходимо предусмотреть участки земли, не планируя на них строительство никаких иных объектов в процессе реализации КРТ.

• Внутренняя транспортная инфраструктура.

В процессе застройки территории возникнут коммуникационные артерии, обеспечивающие её существование – дороги, мосты, эстакады и прочие постоянные транспортные магистрали. В конечном варианте они будут иметь законченное выражение, но на период строительства

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прокофьева, И. А. Хрущёвки – снос или реконструкция: современные тенденции / И. А. Прокофьева // Жилищное строительство. – 2015. – № 4. – С. 43–46.
2. Прокофьева, И. А. Современное состояние московских малоэтажных ансамблей / И. А. Прокофьева, А. В. Васильева // Жилищное строительство. – 2012. – № 1. – С. 42–44.
3. Киевский, Л. В. Теория реновации / Л. В. Киевский, И. Л. Киевский. – Москва : Столица, 2023.
4. Киевский, И. Л. Реновация как способ создания жилой среды нового качества / И. Л. Киевский, С. В. Аргунов // Реновация. Крупномасштабный городской проект рассредоточенного строительства : монография о научно-методических подходах и начале реализации программы / Под ред. И. Л. Киевского. – Москва : Русская школа, 2018. – С. 57–65.
5. Малинова, О. В. О реформировании территориального планирования в Российской Федерации в целях комплексного и устойчивого развития территории. Мастер-план / О. В. Малинова // Academia. Архитектура и строительство. – 2020. – № 1. – С. 5–12.
6. Герцберг, Л. Я. Является ли мастер-план эффективным инструментом развития территорий в России? / Л. Я. Герцберг. – DOI 10.22337/2077-9038-2023-2-5-14 // Academia. Архитектура и строительство. – 2023. – № 2. – С. 5–14.
7. Лосев, К. Ю. Методологические аспекты жизненного цикла зданий / К. Ю. Лосев // Вестник Евразийской науки. – 2019. – Т. 11, № 6.
8. Лapidус, А. А. Обоснование процесса выбора организационно-технологических решений / А. А. Лapidус, П. П. Олейник // Промышленное и гражданское строительство. – 2024. – № 5. – С. 70–74.
9. Олейник, П. П. Концепция повышения уровня проектов производства работ / П. П. Олейник. – DOI 10.33622/0869-7019.2020.02.59-63 // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – № 2. – С. 59–63.

могут состоять только из несущего основания без финишного завершения. Кроме того, на период строительства возникают временные дороги, несущие сервисный характер, направленный на реализацию предусмотренных проектом объектов.

Выводы

Предлагаемый проект организации территорий (ПОТ), рассматриваемый с позиций системотехники и решения математических оптимизационных задач, позволит учесть потребность выполнения задач внешнего и внутреннего контура.

К задачам внешнего контура относятся:

- транспортные коммуникации к территории,
- внешняя инженерная инфраструктура,
- инженерная защита территории.

К задачам внутреннего контура относятся:

- промышленные зоны,
- складские территории,
- бытовые городки,
- внутренняя инженерная инфраструктура,
- внутренняя транспортная инфраструктура.

Необходимость учёта описанных выше факторов обусловлена потребностью заранее, на этапе планирования, максимально предусмотреть необходимые мероприятия и ресурсы для успешной реализации комплексного развития территорий.

10. Лapidус, А. А. Организационно-технологическая платформа строительства / А. А. Лapidус. – DOI 10.22227/1997-0935.2022.4.516-524 // Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17, вып. 4. – С. 516–524.
11. Сафарян, Г. Б. Критический анализ обобщённой модели строительной системы / Г. Б. Сафарян. – DOI 10.22227/2305-5502.2021.4.4 // Строительство: наука и образование. – 2021. – Т. 11, вып. 4. – Ст. 4.
12. Строительные риски и возможности их минимизации / С. Н. Богачёв, А. А. Школьников, Р. Э. Розентул, Н. А. Климова // Academia. Архитектура и строительство. – 2015. – № 1. – С. 88–92.
13. Гусаков, А. А. Системотехника строительства / А. А. Гусаков. – Москва : Издательство ACB, 2004.
14. Агеева, Я. Д. Планирование графика снабжения строительства в условиях стеснённости на основе метода динамического программирования / А. А. Лapidус // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Международной научно-технической конференции, Могилёв, 2024. – Могилёв : Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», 2024.
15. Sun, J. Presenting a mathematical model for reduction of delays in construction projects considering quality management criteria in uncertainty condition / J. Sun, A. Apornak, G. Ma // Journal of Engineering Research. – 2023.
16. Дёмин, В. Д. Основные задачи обеспечения объектов капитального строительства инженерной инфраструктурой / В. Д. Дёмин, К. В. Козлов // Жилищное строительство. – 2016. – № 9. – С. 59–63.
17. Журавлёв, П. А. Инженерная защита зданий, сооружений и территорий как фактор инновационного развития территориального планирования / П. А. Журавлёв, А. М. Марукян. – DOI 10.22227/1997-0935.2020.10.1440-1449 // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15, вып. 10. – С. 1440–1449.

18. Редевелопмент промышленных территорий / А. А. Лapidус, Д. В. Топчий, В. Е. Ефремова, Е. А. Кузин // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2019. – Т. 17, № 4. – С. 56–61.

19. Агеева, Я. Д. Совершенствование систем материально-технического снабжения на строительной площадке / Я. Д. Агеева, А. В. Иконникова, А. А. Лapidус. – DOI 10.32683/0536-1052-

REFERENCES

1. Prokofieva, I. A. Khrushchyovki – snos ili rekonstruktsiya: sovremennye tendentsii [Khrushchev-era buildings - demolition or reconstruction: current trends] / I. A. Prokofieva // Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing construction]. – 2015. – No. 4. – Pp. 43–46.

2. Prokofieva, I. A. Sovremennoe sostoyanie moskovskikh maloetazhnykh ansamблей [Current state of Moscow low-rise ensembles] / I. A. Prokofieva, A. V. Vasilyeva // Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing construction]. – 2012. – No. 1. – Pp. 42–44.

3. Kievsky, L. V. Teoriya renovatsii [Theory of renovation] / L. V. Kievsky, I. L. Kievsky. – Moscow : Stolitsa, 2023.

4. Kievsky, I. L. Renovatsiya kak sposob sozdaniya zhiloj sredy novogo kachestva [Renovation as a way to create a new quality of living environment] / I. L. Kievsky, S. V. Argunov // Renovatsiya. Krupnomasshtabnyj gorodskoj proekt rassredotochennogo stroitel'stva : monografiya o nauchno-metodicheskikh podkhodakh i nachale realizatsii programmy [Renovation. Large-scale urban project of dispersed construction : monograph on scientific and methodological approaches and the beginning of the program implementation] / Edited by I. L. Kievsky. – Moscow : Russian School, 2018. – Pp. 57–65.

5. Malinova, O. V. O reformirovanii territorial'nogo planirovaniya v Rossijskoj Federatsii v tselyakh kompleksnogo i ustojchivogo razvitiya territorii. Master-plan [On the reform of territorial planning in the Russian Federation for the purposes of integrated and sustainable development of the territory. Master plan] // [Academia. Architecture and Construction]. – 2020. – No. 1.

6. Hertzberg L. Ya. [Is a master plan an effective tool for territorial development in Russia?] / L. Ya. Hertzberg. – DOI 10.22337/2077-9038-2023-2-5-14 // Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo [Academia. Architecture and Construction]. – 2023. – No. 2. – Pp. 5–14.

7. Losev, K. Yu. Metodologicheskie aspekty zhiznennogo tsikla zdaniy [Methodological aspects of the life cycle of buildings] / K. Yu. Losev // Vestnik Evrazijskoj nauki [Bulletin of Eurasian Science]. – 2019. – Vol. 11, No. 6.

8. Lapidus, A. A. Obosnovanie protsessa vybora organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij [Justification of the process of selecting organizational and technological solutions] / A. A. Lapidus, P. P. Oleinik // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil engineering]. – 2024. – No. 5. – Pp. 70–74.

9. Oleinik, P. P. Kontseptsiya povysheniya urovnya proektov proizvodstva rabot [Concept of increasing the level of work production projects] / P. P. Oleinik. – DOI 10.33622/0869-7019.2020.02.59-63 // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil engineering]. – 2020. – No. 2. – Pp. 59–63.

10. Lapidus, A. A. Organizatsionno-tekhnologicheskaya platforma stroitel'stva [Organizational and technological platform for construction] / A. A. Lapidus. – DOI 10.22227/1997-0935.2022.4.516-524 // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2022. – Vol. 17, Iss. 4. – Pp. 516–524.

11. Safaryan, G. B. Kriticheskij analiz obobshhyonnoj modeli stroitel'noj sistemy [Critical analysis of the generalized model of the construction system] / – DOI 10.22227/2305-

2023-772-4-58-74 // Известия вузов. Строительство. – 2023. – № 4. – С. 58–74.

20. Олейник, П. П. Принципы опережающей инженерной подготовки строительной площадки / П. П. Олейник, В. И. Бродский // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. – № 3. – С. 38–40.

5502.2021.4.4 / G. B. Safaryan // Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie [Construction: science and education]. – 2021. – Vol. 11, Iss. 4. – Art. 4.

12. Stroitel'nye riski i vozmozhnosti ikh minimizatsii [Construction risks and possibilities of their minimization] / S. N. Bogachev, A. A. Shkolnikov, R. E. Rozentul, N. A. Klimova // Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo [Academia. Architecture and Construction]. – 2015. – No. 1. – Pp. 88–92.

13. Gusakov, A. A. Sistemotekhnika stroitel'stva [Systems Engineering in Construction] / A. A. Gusakov. – Moscow : ASV Publishing House, 2004.

14. Ageeva, Ya. D. Planirovanie grafika snabzheniya stroitel'stva v usloviyakh stesnyonnosti na osnove metoda dinamicheskogo programmirovaniya [Planning the Construction Supply Schedule in Constrained Conditions Based on the Dynamic Programming Method] / Ya. D. Ageeva, A. A. Lapidus // Materialy, oborudovanie i resursosberegayushhie tekhnologii : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Mogilyov, 2024 [Materials, Equipment and Resource-Saving Technologies. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. Mogilev, 2024]. – Mogilev : Interstate Educational Institution of Higher Education "Belarusian-Russian University", 2024.

15. Sun, J. Presenting a Mathematical Model for Reduction of Delays in Construction Projects Considering Quality Management Criteria in Uncertainty Condition / J. Sun, A. Apornak, G. Ma // Journal of Engineering Research. – 2023.

16. Demin, V. D. Osnovnye zadachi obespecheniya ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva inzhenernoj infrastrukturoj [The Main Tasks of Providing Capital Construction Facilities with Engineering Infrastructure] / V. D. Demin, K. V. Kozlov // Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing Construction]. – 2016. – No. 9. – Pp. 59–63.

17. Zhuravlev, P. A. Inzhenernaya zashhita zdaniy, sooruzhenij i territorij kak faktor innovatsionnogo razvitiya territorial'nogo planirovaniya [Engineering protection of buildings, structures and territories as a factor in innovative development of territorial planning] / P. A. Zhuravlev, A. M. Marukyan. – DOI 10.22227/1997-0935.2020.10.1440-1449 // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2020. – Vol. 15, Iss. 10. – Pp. 1440–1449.

18. Redevelopment promyshlennykh territorij [Redevelopment of industrial territories] / A. A. Lapidus, D. V. Topchiy, V. E. Efremova, E. A. Kuzin // Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G. I. Nosova [Bulletin of Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov]. – 2019. – Vol. 17, No. 4. – Pp. 56–61.

19. Ageeva, Ya. D. Sovershenstvovanie sistem material'no-tekhnicheskogo snabzheniya na stroitel'noj ploshhadke [Improving the systems of material and technical supply at the construction site] / Ya. D. Ageeva, A. V. Ikonnikova, A. A. Lapidus. – DOI 10.32683/0536-1052-2023-772-4-58-74 // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo [News of universities. Construction]. – 2023. – No. 4. – Pp. 58–74.

20. Oleynik, P. P. Printsipy operezhayushhej inzhenernoj podgotovki stroitel'noj ploshhadki [Principles of advanced engineering preparation of a construction site] / P. P. Oleynik, V. I. Brodsky // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil engineering]. – 2011. – No. 3. – Pp. 38–40.

УДК 624.922

DOI: 10.54950/26585340_2024_3_7

Качественный анализ конструктивных ограничений пролётных строений галерей топливоподдачи пылеугольных ТЭС

Analyzing Structural Limits of Fuel Supply Galleries in Coal TPPs

Воронков Иван Евгеньевич

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Строительство объектов тепловой и атомной энергетики», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, voronkovie@mgsu.ru

Voronkov Ivan Evgenievich

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Construction of Thermal and Atomic Power Industry Buildings, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, voronkovie@mgsu.ru

Николаев Георгий Алексеевич

Аспирант кафедры «Строительство объектов тепловой и атомной энергетики», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, nikolaev.georgy.al@gmail.com

Nikolaev Georgy Alexeyevich

Postgraduate student of the Department of Construction of Thermal and Atomic Power Industry Buildings, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, nikolaev.georgy.al@gmail.com

Верховский Роман Дмитриевич

Аспирант кафедры «Строительство объектов тепловой и атомной энергетики», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, roman.verhovskii@mail.ru

Verkhovskiy Roman Dmitrievich

Postgraduate student of the Department of Construction of Thermal and Atomic Power Industry Buildings, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, roman.verhovskii@mail.ru

Михеев Степан Анатольевич

Аспирант кафедры «Организация строительства и управления недвижимостью», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, mikheevs.sea@gmail.com

Mikheev Stepan Anatolyevich

Postgraduate student of the Department of Construction Organization and Real Estate Management, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, mikheevs.sea@gmail.com

Аннотация. Сохранение преобладающей доли тепловой энергетики в балансе генерирующих мощностей как в России, так и в мире требует углублённого рассмотрения вопросов повышения технико-экономических показателей инвестиционно-строительных проектов сооружения тепловых электростанций (ТЭС).

Тепловые электростанции, использующие в качестве основного источника топлива пылеугольную смесь, характеризуются значительно большими по сравнению с газомазутными параметрами удельной площади, материало- и металлоёмкости, а также стоимости на 1 кВт установленной мощности.

На основании обзора актуальной научно-технической литературы, а также опыта сооружения пылеугольных ТЭС в СССР, России и мире авторами исследования выявляются принципиальные конструктивные ограничения, которые необходимо учитывать при проектировании таких галерей, а именно: материал и сечение несущих конструкций, а также расположение транспортёра. Далее с использованием метода экспертных оценок осуществляется поиск оптимальных решений для каждого из выявленных ограничений.

Abstract. Preservation of the predominant share of thermal power in the balance of generating capacities both in Russia and

В заключение авторами исследования формируются выводы о наиболее целесообразных направлениях в области совершенствования подходов к проектированию и возведению галерей топливоподдачи пылеугольных ТЭС: использование в качестве основного материала и сечения несущих элементов галерей – металлических балок с гофрированными стенками и расположение транспортёра по низу несущих конструкций.

Однако принятие данных решений, по мнению авторов работы, требует углублённого анализа и технико-экономического обоснования производства и поставки на строительные площадки перспективных проектов предлагаемых конструкций, а также актуализации и совершенствования действующих в Российской Федерации нормативных требований, предъявляемых к сооружениям ТЭС, в рамках действующих правил пожарной безопасности.

Ключевые слова: угольная генерация, пылеугольные тепловые электростанции, топливное хозяйство, галереи топливоподдачи, пролётные строения, конструктивные ограничения, энергетическое строительство.

in the world requires an in-depth consideration of the issues of improving technical and economic indicators of investment and

construction projects for the construction of thermal power plants (TPP).

Thermal power plants using pulverized coal mixture as the main fuel source are characterized by much larger parameters of specific area, material and metal intensity, as well as cost per 1 kW of installed capacity in comparison with gas and oil ones.

Based on the review of current scientific and technical literature, as well as the experience of construction of pulverized coal-fired TPPs in the USSR, Russia and the world, the authors of the study identify the fundamental design limitations that should be considered in the design of such galleries, namely: the material and cross-section of supporting structures, as well as the location of the conveyor. Further, using the method of expert evaluations the search for optimal solutions for each of the identified limitations is carried out.

In conclusion, the authors of the study form conclusions about

Введение

Галереи топливоподачи представляют собой критически важные элементы инфраструктуры угольного топливного хозяйства пылеугольных тепловых электростанций (ТЭС). Задействованные в процессе транспортировки угольного топлива данные инженерные сооружения в значительной степени определяют надёжность и стабильность функционирования электростанций.

На генеральном плане современной ТЭС совокупная протяжённость галерей топливоподачи может достигать нескольких километров. При этом каждая из галерей обязана быть рассчитана на трассировку не менее чем двух конвейеров топливоподачи с организацией прохода между ними, а также с размещением на всей протяжённости галереи системы гидроборки.

Принимая во внимание высокие статические и динамические воздействия, оказываемые на несущие конструкции галерей топливоподачи, а также сохранение общемирового тренда на проектирование и возведение пылеугольных ТЭС с его постепенным смещением в сторону реализации подобных проектов в странах азиатско-тихоокеанского региона и Африки [1], было принято решение осуществить идентификацию и оценку влияния критериев и факторов, определяющих конструктивные, технологические и организационные ограничения при проектировании и строительстве пролётных строений галерей, с последующим формированием предложений по

the most expedient directions in the field of improvement of approaches to design and erection of fuel supply galleries of pulverized coal-fired TPPs: the use of metal beams with corrugated walls as the main material and cross-section of bearing elements of galleries and the location of the conveyor at the bottom of the bearing structures.

However, the adoption of these solutions, according to the authors of the work, requires an in-depth analysis and feasibility study of the production and delivery to construction sites of promising projects of the proposed structures, as well as updating and improvement of the current regulatory requirements in the Russian Federation for the structures of TPPs in the framework of the current fire safety rules.

Keywords: coal generation, pulverized coal thermal power plants, fuel management, fuel supply galleries, superstructures, structural constraints, energy construction.

оптимизации параметров пролётного строения, исходя из анализа стоимости, технологичности, трудоёмкости изготовления и надёжности [1].

По мнению авторов исследования, полученные результаты позволяют сформировать предложения и определить перспективные направления совершенствования конструктивных, технологических, а также организационных аспектов проектирования и возведения галерей топливоподачи пылеугольных ТЭС. Данные предложения могут быть использованы на ранних этапах жизненного цикла тепловых электростанций как уникальных объектов капитального строительства, что в условиях ограничения доступности ресурсов, а также технических, экономических, экологических, социальных и других видов рисков может позитивно сказаться на надёжности реализуемых и перспективных проектов в тепловом энергетическом строительстве [2].

Материалы и методы

Как уже было сказано, обладая устойчивым положением на мировом рынке генерации электрической и тепловой энергии, угольные электростанции имеют фундаментальную инфраструктурную особенность, существенно отличающую их от электростанций, использующих в качестве основного источника топлива природный газ, – необходимость строительства топливного хозяйства в составе комплекса угольной ТЭС, внушительного по площади, объёму строительства и набору технологическо-

Сахалинская ГРЭС-2 (120 МВт) Основное топливо – бурый уголь			Артёмовская ТЭЦ-2 (440 МВт) Основное топливо – природный газ		
№ пп.	Наименование зданий и сооружений	S _{застр} , м ²	№ пп.	Наименование зданий и сооружений	S _{застр} , м ²
1	Разгрузочное устройство	619	1	Пункт подготовки газа в контейнерном исполнении	1590
2	Размораживающее устройство с РУСН-0,4 кВ	653	2	Резервуары хранения жидкого топлива	1280
3	Гараж для бульдозеров	689			
4	Дробильный корпус	315			
5	Узел извлечения инородных предметов	270			
6	Башня пересыпки	450			
7	Насосная станция перекачки шламовых стоков	216			
8	Насосная станция жидкого топлива	1092			
9	Багерная насосная	216			
10	Щит управления топливоподачи, РУСН-0,4 кВ, КРУ-10 кВ	467			
11	Галереи конвейеров	5079			
12	Узлы пересыпки	960			
13	Главная проходная	440			
14	Угольный склад	8332			
Итого:		19798	Итого:		2870

Табл. 1. Состав и совокупная площадь топливного хозяйства Сахалинской ГРЭС-2 и Артёмовской ТЭЦ-2
Tab. 1. Composition and total area of the fuel farms of Sakhalinskaya GRES-2 and Artemovskaya TPP-2

№ пп.	Критерий/фактор	Ограничение 1 – материал несущих конструкций галерей		
		Металлические конструкции	Железобетонные конструкции (монолитные)	Деревянные конструкции
1	Производственный			
1.1	Зависимость от номенклатуры конструкций	Высокая	Низкая	Высокая
1.2	Зависимость от специализированных производителей конструкций и материалов в регионе	Умеренная	Низкая	Умеренная
1.3	Зависимость от высокотехнологичных производственных линий	Умеренная	Низкая	Умеренная
1.4	Необходимость создания производства в непосредственной близости от строительного объекта	Низкая	Высокая (бетонное хозяйство, цеха армометаллических конструкций)	Низкая
Приоритетный материал по 1 критерию		Монолитный железобетон		
2	Логистический			
2.1	Зависимость от габаритов отправочных марок и их веса	Умеренная	Низкая	Умеренная
2.2	Необходимость в специальной технике	Умеренная	Высокая	Умеренная
2.3	Необходимость в защите конструкций от повреждений при перевозке	Умеренная	Низкая	Высокая
Приоритетный материал по 2 критерию		Монолитный железобетон		
3	Строительный			
3.1	Зависимость технологического процесса от климатических условий	Низкая	Высокая	Низкая
3.2	Влияние временного фактора на прочность конструкций	Низкое	Высокое	Низкое
3.3	Необходимость в механизмах повышенной грузоподъёмности (до 250 т)	Высокая	Умеренная	Низкая
3.4	Трудоёмкость процесса возведения (работа на высоте, ручной труд и т. д.)	Низкая	Высокая	Низкая
Приоритетный материал по 3 критерию		Деревянные конструкции		
4	Экономический			
4.1	Средние цены на основные виды материалов, согласно Федеральной службе государственной статистики	Профили незамкнутые горячекатаные, горячекатаные из нелегированных сталей, за т – 80 000 руб.	Железобетон, В35 F300 W12, арматура А500, щебень, песок, вода, за 1 м³ – 12 800 руб.	Пиломатериалы хвойных пород, за м³ – 13 730 руб.
4.2	Дополнительные затраты, связанные с особенностью технологического процесса	Отсутствуют	Затраты на устройство опалубки и её демонтаж, утепление и прогрев бетонной смеси	Отсутствуют
4.3	Средний срок эксплуатации конструкций	35–60 лет	100–125 лет	50–75 лет
Приоритетный материал по 4 критерию		Деревянные конструкции		
5	Промышленная безопасность			
5.1	Необходимость защиты от коррозии, гниения, влаги, грызунов, вредителей и пожара	Высокая	Низкая	Высокая
Приоритетный материал по 5 критерию		Монолитный железобетон		

Табл. 2. Ограничение 1 – материал несущих конструкций галерей
Tab. 2. Limitation 1 – material of supporting structures of galleries

го оборудования [4]. Сравнительный анализ (таблица 1) современных отечественных проектов тепловых электростанций на угле и природном газе в качестве основного источника топлива – Сахалинской ГРЭС-2 (ввод в эксплуатацию в 2019 году) и Артёмовской ТЭЦ-2 (проект) – с точки зрения пространственных параметров топливного хозяйства демонстрирует колоссальное превосходство по данному параметру угольной Сахалинской ГРЭС-2 над своим оппонентом.

Из-за необходимости приёма, хранения, подготовки и транспортировки угля угольной ТЭС требуется большая территория застройки, материально-технические ресурсы, а также более длительный период реализации проекта, чем газовой ТЭС. В связи с этим можно утверждать, что одним из принципиальных направлений повышения конкурентоспособности, управляемости и прогнозируемости реализации проектов в области угольной энергети-

ки является определение оптимального по конструктивным, организационным и технологическим решениям варианта реализации топливного хозяйства.

Обзор существующих подходов, раскрывающих теоретические и практические вопросы строительства галерей топливоподачи, позволил выявить конструктивные ограничения, которые необходимо учитывать при проектировании таких галерей, а именно: материал, сечение, длину пролётных конструкций, а также расположение транспортера. Для достижения целей исследования было принято решение выполнить качественный анализ каждого представленного конструктивного ограничения с учётом его влияния как на конструктивные, так и на организационно-технологические параметры возводимого объекта.

В качестве метода анализа был выбран метод экспертных оценок. Для этого была сформирована экспертная группа численностью 5 человек, каждый из которых про-

шёл процесс индивидуального анкетирования по заранее разработанной форме опроса, предусматривающего качественную оценку каждым экспертом выбранного конструктивного ограничения по совокупности критериев (производственные, строительные, логистические, экономические, промышленной безопасности). В дополнение к выполняемой оценке эксперту предлагалось дать развёрнутую характеристику рассматриваемому конструктивному ограничению, что позволило выявить области характеристик, не предусмотренных разработанным ранее опросным листом. В качестве ключевых требований к экспертам были приняты:

1. Наличие профильного высшего образования в области энергетики, энергетического или промышленного и гражданского строительства.
2. Опыт выполнения профессиональной деятельности в области проектирования/строительства объектов тепловой генерации не менее 10 лет.
3. Опыт работы в тепловом энергетическом проектировании/строительстве на инженерных должностях не менее 5 лет.
4. Прохождение за последние 5 лет не менее одной профильной программы повышения квалификации.

Полученные от экспертов данные анкетирования были агрегированы, систематизированы и оформлены в матричном (табличном) виде (таблица 2, таблица 3). Далее рассмотрим каждое выбранное для анализа ограничение в контексте определённых критериев и сформулируем выводы.

Интерпретация результатов анализа первого конструктивного ограничения позволяет сделать вывод, что при проектировании угольных ТЭС наиболее предпочтительны варианты возведения пролётных строений из монолитного железобетона, однако, как было отмечено всеми привлечёнными экспертами, все преимущества

монолитного железобетона применительно к данным сооружениям нивелируются тремя его главными организационно-технологическими недостатками – высокой трудоёмкостью, длительностью и сложностью процесса, связанного с установкой опалубки, бетонированием наклонных участков, работой монтажников на высоте до 40 метров от уровня чистого пола примыкающих зданий, что в итоге приводит к значительному увеличению сроков строительства. Деревянные конструкции, возможно, стоило бы рассматривать, поскольку они занимают второе место по вышеуказанным критериям, но с точки зрения пожарной безопасности деревянные конструкции не отвечают в полной мере требованиям, предъявляемым к тепловым электростанциям [5].

Анализ второго конструктивного ограничения – варианта сечения пролётного строения – определяет, что при проектировании угольных ТЭС наиболее предпочтительны варианты сечения пролётных строений из сварных двутавровых балок, однако стремительное развитие технологий производства металлоконструкций и полученные рекомендации части экспертов (2 человека из 5) создают условия для перспективного выполнения сечения данных конструкций из балок с гофрированной стенкой [6], что уже в первом приближении позволит достичь снижения материалоёмкости зданий и сооружений, что позитивно скажется на сметной стоимости строительства.

Говоря о третьем рассматриваемом ограничении – расположении транспортёра, при проектировании угольных ТЭС наиболее предпочтительным в перспективе вариантом является расположение транспортёра по низу несущих конструкций галерей, к данному решению пришли все опрашиваемые эксперты, однако в соответствии с актуальной нормативной документацией в РФ данный вариант является неприемлемым с точки зрения промышленной безопасности, поэтому в отечественных проектах

№ пп.	Критерий/фактор	Ограничение 2 – сечение пролётных строений			
		Сварные двутавровые балки	Фермы с параллельными поясами из спаренных уголков	Балки с гофрированной стенкой	Балки из сборного железобетона
1		Производственный			
1.1	Необходимость в высокотехнологичных производственных линиях	Умеренная	Умеренная	Высокая	Умеренная
1.2	Трудоёмкость производства	Умеренная	Высокая	Умеренная	Умеренная
Приоритетное сечение по 1 критерию		Сварные двутавровые балки			
2		Строительный			
2.1	Трудоёмкость укрупнения	Низкая	Умеренная	Низкая	Высокая
2.2	Трудоёмкость монтажа конструкций	Умеренная	Умеренная	Умеренная	Высокая
Приоритетное сечение по 2 критерию		Сварные двутавровые балки и балки с гофрированной стенкой			
3		Экономический			
3.1	Эффективность использования материала	Умеренная	Высокая	Высокая	Умеренная
Приоритетное сечение по 3 критерию		Фермы с параллельными поясами из спаренных уголков и балки с гофрированной стенкой			
4		Промышленная безопасность			
4.1	Необходимость в обработке дополнительными покрытиями	Высокая	Высокая	Высокая	Отсутствует
4.2	Степень труднодоступности поверхностей для защитной обработки	Низкая	Высокая	Низкая	Отсутствует
Приоритетное сечение по 4 критерию		Балки из сборного железобетона			

Табл. 3. Ограничение 2 – сечение пролётных строений
Tab. 3. Limitation 2 – cross-section of spans

№	Ограничение	Приоритетный вариант
1	Материал несущих конструкций галерей	Металлические конструкции
2	Сечение пролётных строений	Сварные двутавровые балки
3	Расположение транспортёра	По низу несущих конструкций

Табл. 4. Приоритетный вариант реализации несущих конструкций пролётных строений галерей топливopодачи
Tab. 4. Priority option of realization of load-bearing structures of span structures of fuel supply galleries

транспортёр традиционно располагают над несущими конструкциями [7].

Результаты

Подводя итог выполненного анализа, можно сформировать оптимальное сочетание материала, сечения, расположения транспортёра топливopодачи угольной ТЭС. Результаты проведённого анализа представлены в таблице 4.

Обсуждение

Для дальнейшей верификации и расширения объектной области было принято решение выполнить анализ рассматриваемых ограничений при реализации проектов угольных ТЭС за пределами нашей страны, а также рассмотреть ряд перспективных решений.

Относительно первого ограничения по используемому материалу для пролётных строений галерей топливopодачи приоритетным и перспективным решением в общемировой практике являются пролётные строения из металлоконструкций. В качестве примера на новейших угольных ТЭС в Европе, Китае и Индии (ТЭС Даттельн 4 в Германии, ТЭС Тогто в Китае и ТЭС Северная Каранпура в Индии) пролётные строения галерей топливopодачи выполняют именно из металлоконструкций, что очевидно связано с высокой скоростью возведения сооружений из этого материала [8].

Если говорить о сечении пролётных строений галерей топливopодачи, то на современных иностранных ТЭС чаще всего встречаются либо сварные двутавровые балки, либо фермы с параллельными поясами из спаренных уголков. Заявленных ранее решений с использованием балок с гофрированными стенками в мировой практике сооружения ТЭС пока не встречается, что в значительной степени обусловлено новизной данного технического решения, а также повышенной сложностью изготовления таких элементов, что в условиях логистических ограничений является сдерживающим фактором их практического внедрения в реализуемые энергетические проекты.

В рамках третьего рассматриваемого ограничения – по расположению транспортёра – мировой опыт диктует

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чурашев, В. Н. Остаться нельзя уйти: к вопросу о развитии угольной генерации в России / В. Н. Чурашев, В. М. Маркова. – DOI 10.30680/ЕCO00131-7652-2019-11-63-93// ЭКО. – 2019. – № 11. – С. 63–93.
2. Проблемы управления проектированием объектов тепловой энергетики / И. Е. Воронков, Д. Г. Кожевников, Р. В. Островский, Б. А. Гамов. – DOI 10.54950/26585340_2023_2_89 // Строительное производство. – 2023. – № 2. – С. 89–93.
3. Морозенко, А. А. Современные подходы к оценке надёжности предприятий, участвующих в реализации инвестиционно-строительных проектов / А. А. Морозенко, И. Е. Воронков. – DOI 10.22227/1997-0935.2018.2.249-257 // Научное обозрение. – 2017. – № 12. – С. 71–76.
4. Белов, В. В. Компоновочные решения ТЭС как фактор

вариант размещения конвейера в нижней части несущих конструкций с целью экономии материала и снижения трудозатрат при монтаже конструкций. Такое решение встречается и хорошо себя зарекомендовало в составе проектов ТЭС в Китае, Индии, Германии [9].

Заключение

В результате проведённого комплексного анализа отечественных особенностей проектирования галерей топливopодачи ТЭС и рассмотрения международного опыта проектирования данных сооружений можно подчеркнуть сохраняющуюся актуальность применения для возведения данных сооружений металлических конструкций. Однако в перспективе решение по применению в качестве несущих конструкций пролётных строений галерей топливopодачи балок с гофрированными стенками и расположению транспортёра по низу несущих конструкций может дать качественный рост таким показателям проектов ТЭС, как снижение металлоёмкости, стоимости, трудоёмкости строительно-монтажных работ, упрощение технологических процессов монтажа конструктивных элементов проектных строений на высоких отметках, а также повышение надёжности функционирования всей системы топливopодачи ТЭС.

Однако для обеспечения обоснованности принимаемых проектных решений и их соответствия как региональным, так и международным стандартам требуется проведение дополнительных исследований с фокусом на тщательный анализ их конструктивных, экономических и эксплуатационных характеристик. Так, значимой практической задачей является осуществление комплекса конструктивных расчётов типовых пролётных строений галерей из балок с гофрированной стенкой с привязкой к конкретному региону и осуществление сравнительной оценки полученных результатов с показателями существующих решений.

Вторым принципиальным вопросом является проведение количественного расчёта эффективности расположения транспортёра по низу несущих конструкций, а также оценка степени риска, вероятность аварийной ситуации и предполагаемых последствий при реализации данного решения в перспективных проектах.

Также следует отметить, что полноценная реализация решений, предлагаемых в рамках данного исследования, на практике требует актуализации отечественной нормативно-технической документации, а именно Инструкции по проектированию противопожарной защиты энергетических предприятий РД 153-34.0-49.101-2003, с учётом передового международного опыта и стандартов проектирования и строительства объектов тепловой генерации.

- снижения последствий крупных аварий / В. В. Белов, Б. К. Пергаменщик // Новости теплоснабжения. – 2014. – № 5. – С. 32–35.
5. Золина, Т. В. Обеспечение безопасной эксплуатации промышленных зданий с крановым оборудованием / Т. В. Золина // Модернизация регионов России: инвестиции в инновации : материалы IV Международной научно-практической конференции, Астрахань, 15 октября 2010 г. – Астрахань : Сорокин Р. В., 2010. – С. 16–18.
6. Заборова, Д. Д. Преимущества и особенности применения гофробалки в строительстве / Д. Д. Заборова, Ю. П. Дунаевская // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 7. – С. 36–53.
7. Walker, A. Project Management in Construction / A. Walker. – Sixth Edition. – United Kingdom : Wiley-Blackwell, 2015. –

353 p.
8. Nady, A. E. Factors affecting construction project complexity / A. E. Nady, A. H. Ibrahim, H. Hosny // The Egyptian International Journal of Engineering Sciences and Technology. – 2022. – Vol. 37, No. 1.

REFERENCES

1. Churashev, V. N. Ostat'sya nel'z'ya uiti: k voprosu o razvitii ugol'noj generatsii v Rossii [Staying Not Leaving: Toward the Development of Coal-fired Generation in Russia] / V. N. Churashev, V. M. Markova. – DOI 10.30680/ESO0131-7652-2019-11-63-93 // ENKO [ECO]. – 2019. – No. 11. – Pp. 63–93.
2. Problemy upravleniya proektirovaniem ob'ektov teplovoj energetiki [Problems of design management of thermal power engineering facilities] / I. E. Voronkov, D. G. Kozhevnikov, R. V. Ostrovsky, B. A. Gamov. – DOI 10.54950/26585340_2023_2_89 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2023. – No. 2. – Pp. 89–93.
3. Morozenko, A. A. Sovremennye podkhody k otsenke nadyozhnosti predpriyatij, uchastvuyushhikh v realizatsii investitsionno-stroitel'nykh proektov [Modern approaches to assessing the reliability of enterprises involved in the implementation of investment and construction projects] / A. A. Morozenko, I. E. Voronkov. – DOI 10.22227/1997-0935.2018.2.249-257 // Nauchnoe obozrenie [Scientific review]. – 2017. – No. 12. – Pp. 71–76.
4. Belov, V. V. Komponenty resheniya TEHS kak faktor snizheniya posledstviy krupnykh avariij [TPP layout solutions as a factor in reducing the consequences of major accidents] / V. V. Belov, B. K. Pergamenschik // Novosti teplosnabzheniya [Heat supply news]. – 2014. – No. 5. – Pp. 32–35.
5. Zolina, T. V. Obespechenie bezopasnoj ehkspluatatsii promy-

9. Chanda, P. Operation and Maintenance of Thermal Power Stations: Best Practices and Health Monitoring / P. Chanda, S. Mukhopaddhyay. – First Edition. – India : Springer New Delhi, 2016. – 233 p.

shlennykh zdaniy s kranovym oborudovaniem [Ensuring safe operation of industrial buildings with crane equipment] / T. V. Zolina // Modernizatsiya regionov Rossii: investitsii v innovatsii : materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Astrakhan', 15 oktyabrya 2010 g. [Modernization of the regions of Russia: investments in innovations : materials of the IV International Scientific and Practical Conference, Astrakhan, October 15, 2010]. – Astrakhan : Sorokin R. V., 2010. – Pp. 16–18.
6. Zaborova, D. D. Preimushhestva i osobennosti primeneniya gofrobalki v stroitel'stve [Advantages and specifics of corrugated beam application in construction] / D. D. Zaborova, Y. P. Dunaevskaya // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenij [Construction of unique buildings and structures]. – 2014. – No. 7. – Pp. 36–53.
7. Walker, A. Project Management in Construction / A. Walker. – Sixth Edition. – United Kingdom : Wiley-Blackwell, 2015. – 353 p.
8. Nady, A. E. Factors affecting construction project complexity / A. E. Nady, A. H. Ibrahim, H. Hosny // The Egyptian International Journal of Engineering Sciences and Technology. – 2022. – Vol. 37, No. 1.
9. Chanda, P. Operation and Maintenance of Thermal Power Stations: Best Practices and Health Monitoring / P. Chanda, S. Mukhopaddhyay. – First Edition. – India : Springer New Delhi, 2016. – 233 p.

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340_2024_3_12

Портальное решение управления жизненным циклом инвестиционно-строительного проекта

Portal Solution for Managing the Life Cycle of an Investment and Construction Project

Маилян Лия Дмитриевна

Кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой «Организация строительства», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), Россия, 344000, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1

Mailyan Liya Dmitrievna

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Construction Organization, Don State Technical University (DSTU), Russia, 344000, Rostov-on-Don, ploshhad' Gagarina, 1

Зеленцов Леонид Борисович

Доктор технических наук, профессор кафедры «Организация строительства», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), Россия, 344000, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1, l.zelencov@yandex.ru

Zelentsov Leonid Borisovich

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Construction Organization, Don State Technical University (DSTU), Russia, 344000, Rostov-on-Don, ploshhad' Gagarina, 1, l.zelencov@yandex.ru

Пирко Дмитрий Владимирович

Аспирант кафедры «Организация строительства», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), Россия, 344000, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1, dmitwl2000@gmail.com

Pirko Dmitry Vladimirovich

Postgraduate student of the Department of Construction Organization, Don State Technical University (DSTU), Russia, 344000, Rostov-on-Don, ploshhad' Gagarina, 1, dmitwl2000@gmail.com

Свитенко Дмитрий Витальевич

Аспирант кафедры «Организация строительства», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), Россия, 344000, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1, Dmsvit@mail.ru

Svitenko Dmitry Vitalievich

Postgraduate student of the Department of Construction Organization, Don State Technical University (DSTU), Russia, 344000, Rostov-on-Don, ploshhad' Gagarina, 1, Dmsvit@mail.ru

Зеленцов Кирилл Антонович

Студент кафедры «Организация строительства», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), Россия, 344000, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1

Zelentsov Kirill Antonovich

Student of the Department of Construction Organization, Don State Technical University (DSTU), Russia, 344000, Rostov-on-Don, ploshhad' Gagarina, 1, dmitwl2000@gmail.com

Аннотация. Цель. Основным инновационным трендом в организации и управлении строительством в настоящее время является цифровизация, ориентированная на внедрение интегрированных информационных технологий при управлении сложными инвестиционно-строительными проектами при реконструкции или новом строительстве промышленных предприятий.

Методы. В Донском государственном техническом университете (ДГТУ) в рамках стратегического партнёрства с ЗАО «ЮТМ» и решения задачи по импортозамещению программного обеспечения ведётся разработка интеллектуальной системы управления строительством (ИСУ «Строительство»), ориентированной на крупные строительные корпорации и на использование свободно распространяемых программных инструментов с использованием языка программирования Python и веб-фреймворка Django.

В рассматриваемой версии ИСУ «Строительство» представляет собой синтез ERP и SCM систем, интегрированных с помощью специализированного мессенджера на одной цифровой платформе. В создаваемую информационную систему добавлена функция поддержки стохастических инструментов для про-

Abstract. Purpose. The main innovative trend in the organization and management of construction at present is digitalization, focused on the implementation of integrated information technologies in the management of complex investment and construction projects during the reconstruction or new construction of industrial enterprises.

Methods. At the Don State Technical University (DSTU), within the framework of a strategic partnership with JSC "UTM" and solving the problem of import substitution of software, an intelligent construction management system (IMS "Construction") is being developed, aimed at large construction corporations and the use of freely distributed software tools using the python programming language and the Django web framework.

In the version under review, the Construction MIS is a synthesis of ERP and SCM systems integrated using a specialized messenger on one digital platform. A function to support stochastic tools for predicting the parameters of investment and construction projects, including those using neural networks, has been

Введение

В настоящее время крупными промышленными холдингами, такими как Норильский Никель, Северсталь, Газпром, ведутся разработки как собственных информационных платформ для управления инвестиционными проектами, в том числе и в сфере строительства, так и делаются попытки по адаптации уже существующих платформ к особенностям организации строительства объектов той или иной промышленной сферы [1].

В целом же, процесс цифровизации строительства в промышленном секторе России находится пока на ранней стадии развития. До сих пор методы управления строительством часто опираются на интуицию и профессионализм инженерно-технических и управленческих работников, которые используют в основном такие программные продукты, как Excel, «Гранд-Смета», «1С», MS.Project и т. п. Эти программные продукты используют локальные базы данных, что позволяет успешно решать отдельные управленческие задачи, но не позволяет создать циф-

гнозирования параметров инвестиционно-строительных проектов, в том числе и с применением нейронных сетей.

Результаты. Рассматриваемая версия ИСУ «Строительство» ориентирована:

- на сложные промышленные и инфраструктурные инвестиционные проекты, при реализации которых участвует большое количество проектных, подрядных организаций, поставщиков и производителей различного рода конструкций и оборудования;
- на создание информационно-коммуникационной среды для обеспечения эффективного обмена информацией между участниками управления инвестиционными проектами.

Выводы. Создаваемая с помощью ИСУ «Строительство» информационно-коммуникационная среда позволяет эффективно взаимодействовать многочисленным участникам ИСП, в том числе за счёт применения технологии по аренде web-приложений (ASP – applications service providing).

Ключевые слова: инвестиционно-строительные проекты, умное строительство, порталные решения, «бережливое строительство», информационное моделирование.

added to the information system being created.

Results. The considered version of the Construction MIS is focused on:

- for complex industrial and infrastructure investment projects, the implementation of which involves a large number of design, contracting organizations, suppliers and manufacturers of various types of structures and equipment;
- to create an information and communication environment to ensure effective exchange of information between participants in investment project management.

Conclusions. The information and communication environment created with the help of the Construction Information System allows numerous ISP participants to effectively interact, including through the use of technology for renting web applications (ASP – applications service providing).

Keywords: investment and construction projects, smart construction, portal solutions, "lean construction", information modeling.

ровую платформу для решения всего комплекса задач управления строительством промышленных объектов [2].

В условиях западных санкций возникает необходимость импортозамещения ИТ, и в настоящее время рядом российских компаний ведётся разработка порталных решений на основе свободно распространяемых цифровых решений [3], что позволит заместить такие программные решения, широко используемые в управлении инвестиционно-строительными проектами, как Microsoft Project, Primavera, и широко используемые базы данных Microsoft SQL, Oracle.

Применение порталных решений, которые получили широкое распространение в сфере цифровизации различных сфер хозяйственной деятельности РФ, в том числе и строительства, направлены на интеграцию задач управления инвестиционно-строительным проектом и создают единую точку входа для работы с прикладным программным обеспечением [4].

Структура портала обеспечивает масштабируемость и предусматривает независимость реализации системы от аппаратной платформы и серверной операционной системы и не требует модернизации уже используемых приложений и баз данных.

Разработка портальной цифровой платформы управления инвестиционно-строительными проектами возведения сложных промышленных комплексов включает:

- разработку информационно-коммуникационной среды, обеспечивающей работу всех участников инвестиционно-строительного проекта на одной цифровой платформе, спроектированной на основе облачных технологий;
- ориентацию на применение системы 3D при проектировании и моделировании организационно-технологических процессов при возведении и эксплуатации объектов строительства, что подразумевает включение web для обмена данными в реальном масштабе времени, что повышает эффект сотрудничества участников проекта;
- неограниченный объём хранимой информации и высокую степень её защищённости от несанкционированного доступа и взлома;
- практически мгновенный доступ к базам данных участников проектной команды;
- возможность управлять одновременно строительством нескольких промышленных комплексов, расположенных на удалённых строительных площадках;
- значительное сокращение накладных расходов подрядных организаций на технические средства сбора и обработки информации [5].

Материалы и методы

Применение информационных технологий класса ERP на основе порталных решений в строительстве позволит создать условно замкнутую систему в контуре управления: генподрядчик – субподрядчик – поставщики материальных ресурсов – предприятия стройиндустрии. Такой подход к разработке программного обеспечения нацелен на создание интегрированной системы информационного моделирования процессами производства работ и ресурсного обеспечения их рабочими и материально-техническими ресурсами [6].

В настоящее время ДГТУ совместно с ЗАО «ЮТМ» реализуют проект по созданию порталного решения по управлению сложными проектами возведения крупных промышленных комплексов [7]. Функциональная составляющая порталного решения представляет собой

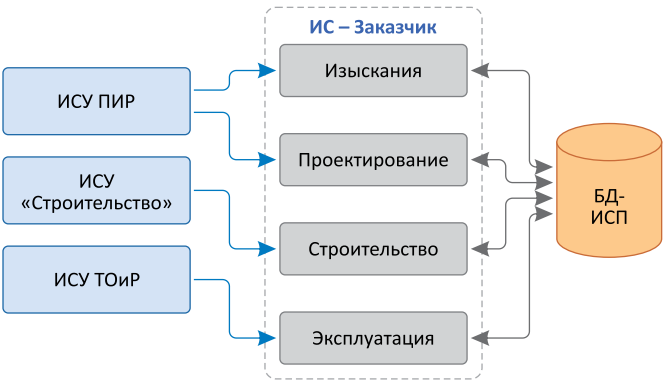


Рис. 1. Структура ИСУ ИСП
Fig. 1. Structure of IMS ICP

интеллектуальную систему управления инвестиционно-строительным проектом (ИСУ ИСП), ориентированную на управление жизненным циклом инвестиционно-строительного проекта: проектирование (ИСУ ПИР), строительство (ИСУ «Строительство») и техническое обслуживание и ремонт основных фондов промышленного комплекса (ИСУ ТОиР) (рисунок 1).

Результаты

Проектирование порталного решения, ведущегося в интересах ЗАО «ЮТМ», и разработка ИСУ ИСП тесно связаны с использованием тех или иных концепций и новаций («бережливое строительство», «точно в срок»), что позволяет определить систему как Smart Construction (SC) – «умное строительство». Под «умным (интеллектуальным) строительством» следует понимать комплекс организационно-технологических моделей и систем информационного моделирования, обеспечивающих более высокую производительность труда при производстве строительно-монтажных работ, высокую адаптивность системы управления к изменениям внутренней и внешней среды, снижение затрат на материальные и трудовые ресурсы при одновременном росте качества возводимых объектов. «Умное, или интеллектуальное, строительство» – это современная парадигма организации бизнес-процессов строительной организации [8].

Среди основных преимуществ «умного строительства» можно выделить: непрерывный контроль строительства за счёт сбора и анализа данных о протекании производственных процессов практически в режиме реального времени и возможность осуществлять план-фактный анализ и прогнозирование будущих событий.

«Умное строительство» позволит минимизировать число ошибок, связанных с «человеческим фактором», и оптимизировать использование ресурсов. Все эти преимущества позволят значительно сократить производственные издержки и повысить рентабельность строительного бизнеса [9].

Для прогнозирования основных показателей инвестиционно-строительных проектов – производительности труда, временных и стоимостных параметров – предусматривается использование системы искусственного интеллекта (ИИ), нейронных сетей, моделей стохастического моделирования.

В настоящее время система управления «умное строительство» внедряется в ЗАО «ЮТМ» при реконструкции Афинопского НПЗ. Сложность возведения такого промышленного комплекса обусловлена тем, что большие масштабы строительства и наличие различных по назначению объектов требует привлечения к их возведению большого количества подрядных организаций, поставщиков материальных ресурсов, заводов по производству металлических и железобетонных конструкций и т. п.

В связи с этим возникает неотложная задача повышения эффективности управления такими сложными проектами за счёт создания информационно-коммуникационной среды на основе web, что и реализуется за счёт внедрения разрабатываемого порталного решения (рисунок 2).

Корпоративная база ориентирована на хранение исходной проектно-сметной документации (ПСД), всех изменений, происходящих с проектными решениями при реализации проекта. Не менее важным элементом кор-

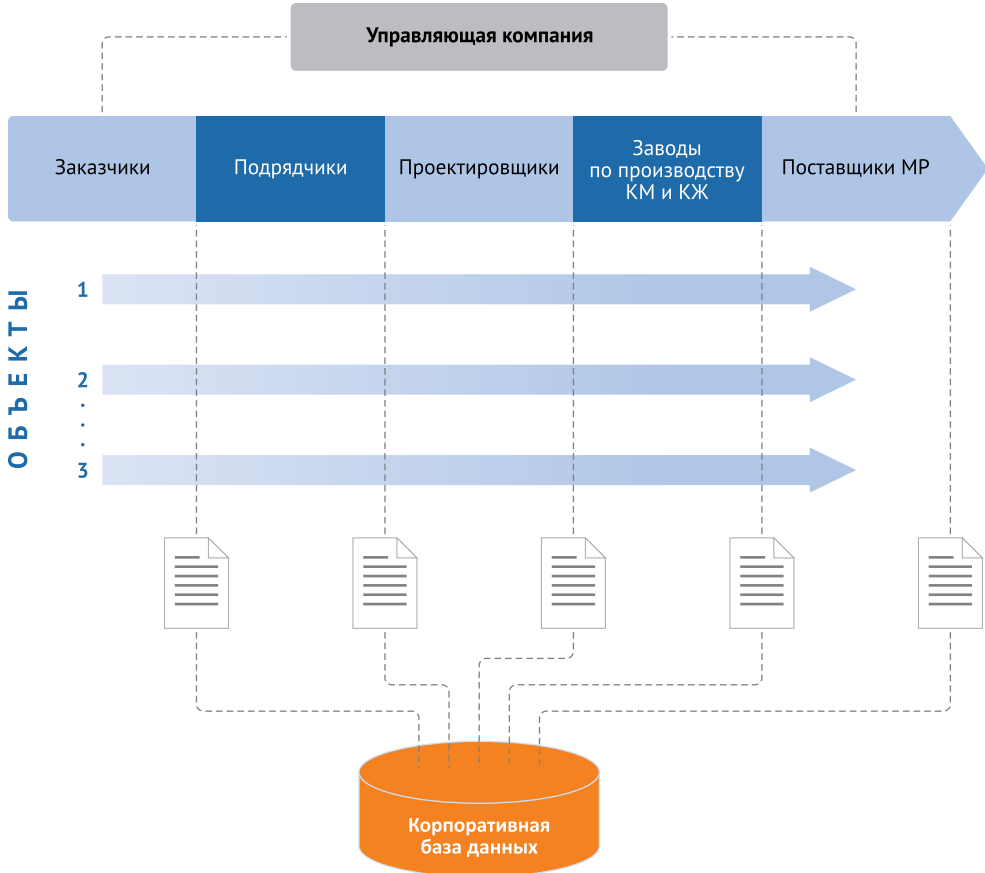


Рис. 2. Принципиальная схема создания корпоративной базы данных ЗАО «ЮТМ»
Fig. 2. Schematic diagram of the creation of a corporate database of UTM CJSC

поративной базы являются архивы исполнительной документации, которые необходимо формировать синхронно с производством работ, монтажом конструкций, прокладкой инженерных сетей и т. п. [10].

Заключение

Применение в строительстве цифровых платформ на основе порталных решений должно привести к ряду позитивных изменений:

- создаст методологическую основу и информационную среду, позволяющую внедрять методологию ТИМ при проектировании и строительстве и тем самым оказывать положительное влияние на оптимизацию временных параметров и стоимости строительства;
- интеграция стадий проектирования и строительства на единой цифровой платформе создаст усло-

вия для снижения числа несоответствий проектных решений и строительных дефектов, выявленных в процессе строительства и, тем более, при приёмке объектов в эксплуатацию;

- созданная цифровая база данных проектной и исполнительной документации позволит оптимизировать издержки на стадии эксплуатации объектов промышленного назначения;
- использование информационно-коммуникационной среды для обеспечения эффективного обмена информацией между участниками управления инвестиционными проектами и организационно-технологического механизма, направленного на снижение непроизводительных потерь ресурсов за счёт применения адаптивных интеллектуальных систем [11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моделирование организационно-технологических процессов в строительстве с использованием современных цифровых технологий / Л. Б. Зеленцов, Л. Д. Маилян, Н. Г. Акопян, М. С. Шогенов // Строительное производство. – 2020. – № 1. – С. 41–44.

2. Интеллектуальные системы управления в строительстве : монография / Л. Б. Зеленцов, Л. Д. Маилян, М. С. Шогенов, И. Г. Трипута ; ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет». – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2017. – 88 с.

3. Лapidus, A. A. Организационно-технологическая платформа строительства / А. А. Лapidus // Вестник МГСУ. – 2022. – № 4. – С. 516–524. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-tehnologicheskaya-platforma-stroitelstva> (дата обращения: 20.03.2024).

4. Остроух, А. В. Интеллектуальные системы : монография / А. В. Остроух. – Красноярск : Научно-инновационный центр, 2020. – 316 с.

5. Использование комплексных бригад с целью оптимизации сроков строительства и ввода в эксплуатацию многоэтажных жилых домов / В. С. Ратомская, В. С. Зенов, А. Н. Романенков, А. А. Лapidus // Московский экономический журнал. – 2019. – № 7. – С. 59. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kompleksnyh-brigad-s-tselyu-optimizatsii-srokov-stroitelstva-i-vvoda-v-ekspluatatsiyu-mnogoezhnykh-zhilykh-domov> (дата обращения: 20.03.2024).

6. Approaches to a practical implementation of industry 4.0 / A. Elkaseer, M. Salem, H. Ali, S. Scholz // The Eleventh International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI 2018), Rome, Italy, 2018. – Rome, 2018. – Pp. 141–146.

7. The level of Building Information Modelling (BIM) Implementation in Malaysia / I. Othman, Y. Y. Al-Ashmori, Y. Rahmawati, Y. H. M. Amran, M. A. M. Al-Bared. – DOI 10.1016/j.

asej.2020.04.007 // Ain Shams Engineering Journal. – Vol. 12, iss. 1. – 2021. – Pp. 455–463.

8. Интеграция смет и BIM-проектов / Л. Б. Зеленцов, Я. А. Кокарева, Н. Г. Акопян, Д. В. Пирко. – DOI 10.54950/26585340_2020_2_29 // Строительное производство. – 2020. – № 2. – С. 29–34.

9. Зеленцов, Л. Б. Прогнозирование временных и стоимостных параметров при управлении инвестиционно-строительными проектами / Л. Б. Зеленцов, М. С. Шогенов, Д. В. Пирко. – DOI 10.54950/26585340_2020_3_41 // Строительное произ-

REFERENCES

1. Modelirovanie organizatsionno-tekhnologicheskikh protsessov v stroitel'stve s ispol'zovaniem sovremennykh tsifrovyykh tekhnologij [Modeling of organizational and technological processes in construction using modern digital technologies] / L. B. Zelentsov, L. D. Mailyan, N. G. Akopyan, M. S. Shogenov // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – No. 1. – Pp. 41–44.

2. Intellekturnye sistemy upravleniya v stroitel'stve : monografiya [Intelligent control systems in construction : monograph] // L. B. Zelentsov, L. D. Mailyan, M. S. Shogenov, I. G. Triputa ; Don State Technical University. – Rostov-on-Don : DSTU, 2017. – 88 p.

3. Lapidus, A. A. Organizatsionno-tekhnologicheskaya platforma stroitel'stva [Organizational and technological platform of construction] / A. A. Lapidus // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2022. – No. 4. – Pp. 516–524. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-tehnologicheskaya-platforma-stroitelstva> (date of access: 03.20.2024).

4. Ostroukh, A. V. Intellekturnye sistemy : monografiya [Intelligent systems : monograph] / A. V. Ostroukh. – Krasnoyarsk : Scientific and Innovation Center, 2020. – 316 p.

5. Ispol'zovanie kompleksnykh brigad s tsel'yu optimizatsii srokov stroitel'stva i vvoda v ekspluatatsiyu mnogoehtazhnykh zhilykh domov [The use of integrated teams to optimize the timing of construction and commissioning of multi-storey residential buildings] / V. S. Ratomskaya, V. S. Zenov, A. N. Romanenkov, A. A. Lapidus // Moskovskiy ehkonomicheskij zhurnal [Moscow Economic Journal]. – 2019. – No. 7. – P. 59. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kompleksnyh-brigad-s-tselyu-optimizatsii-srokov-stroitelstva-i-vvoda-v-ekspluatatsiyu-mnogoetazhnyh-zhilyh-domov> (access date: 03/20/2024).

водство. – 2020. – № 3. – С. 41–45.

10. Amin, K. F. Building Information Modelling Plan of Work for Managing Construction Projects in Egypt / K. F. Amin, F. H. Abanda. – DOI 10.21315/jcdc2019.24.2.2 // Journal of Construction in Developing Countries. – 2019. – Vol. 24, iss. 2. – Pp. 23–61.

11. Софриков, А. В. Методика подготовки организационной диагностики систем управления в строительных организациях / А. В. Софриков // Экономика строительства. – 2003. – № 3. – С. 28.

6. Approaches to a practical implementation of industry 4.0 / A. Elkaseer, M. Salem, H. Ali, S. Scholz // The Eleventh International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI 2018), Rome, Italy, 2018. – Rome, 2018. – Pp. 141–146.

7. The level of Building Information Modeling (BIM) Implementation in Malaysia / I. Othman, Y. Y. Al-Ashmori, Y. Rahmawati, Y. H. M. Amran, M. A. M. Al-Bared. – DOI 10.1016/j.asej.2020.04.007 // Ain Shams Engineering Journal. – Vol. 12, iss. 1. – 2021. – Pp. 455–463.

8. Integratsiya smet i BIM-proektov [Integration of estimates and BIM projects] / L. B. Zelentsov, Ya. A. Kokareva, N. G. Akopyan, D. V. Pirko. – DOI 10.54950/26585340_2020_2_29 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – No. 2. – Pp. 29–34.

9. Zelentsov, L. B. Prognozirovaniye vremennykh i stoimostnykh parametrov pri upravlenii investitsionno-stroitel'nyimi proektami [Forecasting time and cost parameters in the management of investment and construction projects] / L. B. Zelentsov, M. S. Shogenov, D. V. Pirko. – DOI 10.54950/26585340_2020_3_41 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – No. 3. – Pp. 41–45.

10. Amin, K. F. Building Information Modeling Plan of Work for Managing Construction Projects in Egypt / K. F. Amin, F. H. Abanda. – DOI 10.21315/jcdc2019.24.2.2 // Journal of Construction in Developing Countries. – 2019. – Vol. 24, iss. 2. – Pp. 23–61.

11. Sofrikov, A. V. Metodika podgotovki organizatsionnoj diagnostiki sistem upravleniya v stroitel'nykh organizatsiyakh [Methodology for preparing organizational diagnostics of management systems in construction organizations] / A. V. Sofrikov // Ehkonomika stroitel'stva [Construction Economics]. – 2003. – No. 3. – Pp. 28.

УДК 624.9 DOI: 10.54950/26585340_2024_3_16

Характерные дефекты и несовершенства строительных конструкций опор эстакад промышленных предприятий

Characteristic Defects and Imperfections of Building Structures of Supports of Overpasses of Industrial Enterprises

Сабитов Линар Салихзанович

Доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

Sabitov Linar Salikhzanovich

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State Construction State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26

Адушкин Константин Геннадьевич

Аспирант ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» (ИСА УрФУ), Россия, 620002, Екатеринбург, улица Мира, 19, 79126251270@yandex.ru

Adushkin Konstantin Gennadievich

Postgraduate student of the Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin (ICA UrFU), Russia, 620002, Yekaterinburg, ulitsa Mira, 19, 79126251270@yandex.ru

Токарева Лия Андреевна

Аспирант кафедры «Энергообеспечение предприятия, строительство зданий и сооружений», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (КГЭУ), Россия, 420066, Казань, улица Красносельская, 51, la_tokareva@mail.ru

Tokareva Liya Andreevna

Postgraduate student of the Department of Energy Supply of Enterprises, Construction of Buildings and Structures, Kazan State Energy University (KSEU), Russia, 420066, Kazan, ulitsa Krasnoselskaya, 51, la_tokareva@mail.ru

Айзатуллин Марат Мансурович

Соискатель ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (КГЭУ), Россия, 420066, Казань, улица Красносельская, 51

Aizatullin Marat Mansurovich

Applicant of the Kazan State Energy University (KSEU), Russia, 420066, Kazan, ulitsa Krasnoselskaya, 5

Зарипов Марсель Мансурович

Соискатель ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Россия, 420066, Казань, улица Красносельская, 51

Zaripov Marcel Mansurovich

Applicant of the Kazan State Energy University (KSEU), Russia, 420066, Kazan, ulitsa Krasnoselskaya, 51

Аннотация. На основании опыта обследования строительных конструкций эстакад и отдельно стоящих опор под трубопроводы выполнен обзор дефектов и повреждений, проанализированы причины их появления и развития, представлена классификация причин появления дефектов и повреждений с привязкой к жизненному циклу сооружения. Описаны наиболее часто встречаемые дефекты, а также отдельно рассмотрены повреждения, характерные только для эстакад и отдельно стоящих опор под трубопроводы; представлены последствия влияния сил морозного пучения на фундаменты, а также результаты воздействия аварийных нагрузок при пожарах и взрывах на предприятиях, отмечаются современные вызовы в виде участвовавших случаев террористических атак на промышленные предприятия в виде атак с помощью БПЛА; приведены приме-

Abstract. Based on the experience of investigation of building structures of racks and free-standing supports for pipelines, a review of defects and damages has been performed, the reasons for their appearance and development have been analyzed, a classification of the reasons for defects and damages according to their life cycle has been presented. The most common defects are described, with a review of damages found specifically in racks and free-standing supports for pipelines; the consequences of frost boil forces influence on foundations are presented, as well as the results of the impact of emergency loads during fires and explosions at enterprises; modern challenges, such as increased cases of terrorist attacks on industrial enterprises with the use of

Введение

Строительные конструкции отдельно стоящих опор и эстакад, эксплуатируемые на открытом воздухе, подвергаются внешнему и внутреннему воздействию различных факторов, ведущему к появлению повреждений. Дефекты также появляются вследствие допущенных ошибок на стадии изысканий, проектирования, строительства и в результате нарушения правил эксплуатации. Цель исследования – обобщить опыт обследования рассматриваемых инженерных сооружений и сформулировать рекомендации по предупреждению появления и развития дефектов и повреждений конструкций.

Материалы и методы

Для решения поставленной задачи был проведён анализ выполненных автором статьи работ по обследованию строительных конструкций эстакад и отдельно стоящих опор под трубопроводы в части поиска и идентификации различных дефектов и повреждений. Ниже на рисунке 1

ры допущенных при проектировании и изысканиях ошибок, некачественно выполненных строительно-монтажных работ, отмечены дефекты и повреждения, образовавшиеся вследствие изменившихся условий эксплуатации сооружения.

По результатам анализа выполненных работ по обследованию эстакад и отдельно стоящих опор под трубопроводы представлены статистические данные по частоте фиксации дефектов и повреждений строительных конструкций. Сформулированы рекомендации по предупреждению появления и развития дефектов и повреждений конструкций.

Ключевые слова: отдельно стоящие опоры под трубопроводы, эстакада, дефекты и повреждения, температурные деформации, морозное пучение, авария, обследование строительных конструкций.

drones, are presented; examples of mistakes made during design and research are given, together with the examples of poorly performed construction and installation works, and defects and damage caused as a result of the changed operating conditions of the structure. Statistics of frequency of defects and damages to building structures, based on the results of the analysis of performed investigations of racks and free-standing supports for pipelines, is presented. Recommendations on prevention of the appearance and development of defects and damages to structures are given.

Keywords: free-standing supports for pipelines, rack, defects and damages, temperature deformations, frost boil, emergency, building structures investigation.

представлена схема с классификацией причин появления дефектов и повреждений.

Результаты

Различные виды коррозионного повреждения являются одними из наиболее часто встречаемых дефектов металлических конструкций [1; 2]. Сплошная поверхностная коррозия в том или ином масштабе наблюдается практически на каждом объекте обследования. Язвенная коррозия встречается у металлических конструкций, которые эксплуатируются в грунте или на границе сред. Отдельно можно выделить щелевую коррозию, встречающуюся в узлах соединения металлических элементов [3].

Без компенсационных мероприятий, требуемых для каждого типа коррозии металла, с течением времени такие дефекты неминуемо приводят к уменьшению площади поперечного сечения с соответствующим снижением несущей способности повреждённого элемента. Согласно «Пособию по обследованию строительных конструкций

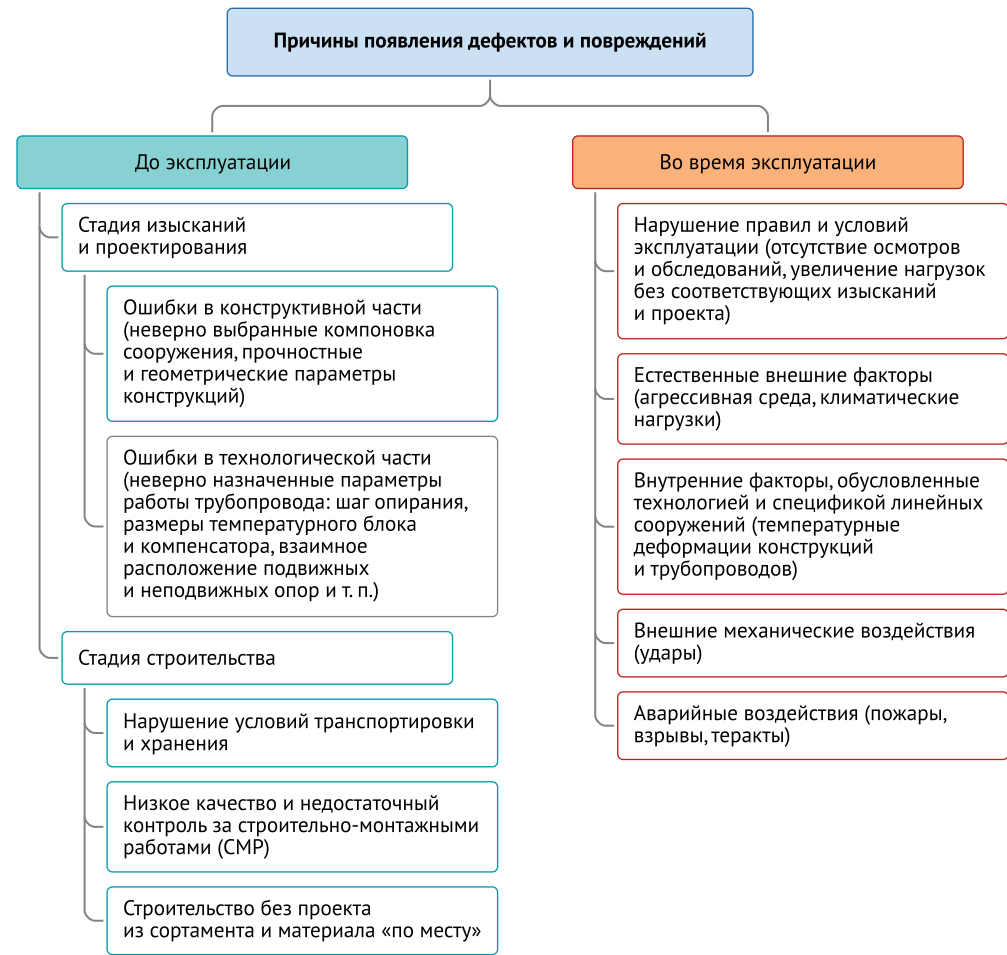


Рис. 1. Классификация причин появления дефектов и повреждений
Fig. 1. Classification of the reasons for defects and damages' appearance

зданий» (АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ») и «Рекомендациям по оценке надёжности строительных конструкций по внешним признакам» (АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ»), уменьшение площади поперечного сечения элементов более чем на 25 % свидетельствует об аварийном состоянии конструкций. Очаги язвенной коррозии, помимо прочего, являются концентратором напряжений.

В железобетонных элементах одним из самых часто встречаемых дефектов является нарушение защитного слоя бетона, в том числе с оголением рабочей арматуры и её коррозией [4]. Конструкции часто получают повреждения в результате механического воздействия как до ввода в эксплуатацию (транспортировка и монтаж), так и во время эксплуатации (например, наезд транспортных средств). Повреждения защитного слоя бетона и корро-



Рис. 2. Язвенная коррозия элементов, эксплуатируемых в грунте или на границе сред, и щелевая коррозия в узле сопряжения траверсы с опорой под трубопровод
Fig. 2. Pit corrosion of elements operating in soil or environmental boundaries and crevice corrosion in a conjugation joint of a traverse and a support for pipeline



Рис. 3. Трещины и нарушения защитного слоя бетона, образовавшиеся в результате расширения продуктов коррозии арматуры
Fig. 3. Cracks and failures of the protective layer of concrete formed as a result of expansion of corrosion products of reinforcement

зия рабочей арматуры также ведут к снижению несущей способности за счёт уменьшения площади поперечного сечения сжатого бетона и арматуры в железобетонных элементах [5].

В железобетонных элементах при обследовании часто фиксируют трещины различного характера. Усадочные трещины на поверхности бетона – нередкое явление, в том числе и для элементов заводского изготовления. Для конструкций, продолжительное время эксплуатируемых в условиях агрессивной среды, характерно появление трещин, которые образуются в результате расширения продуктов коррозии арматуры. В случае перегруза конструкций закономерно появление силовых трещин.

Отдельно следует упомянуть о трещинах деформационного характера. В зависимости от исходных климатических данных и протяжённости температурного блока железобетонной эстакады, температурные деформации строительных конструкций могут привести к появлению соответствующих трещин. Примером подобных трещин в

железобетонных эстакадах может стать оголовки колонны в месте опирания пролётных строений.

Во многих регионах страны можно встретить дефекты, связанные с деформациями надземных строительных конструкций, вызванные действием сил морозного пучения на фундаменты [6]. При строительстве отдельно стоящих опор и эстакад в северных регионах страны часто применяют свайные фундаменты. Пучинистые грунты основания, а также их большая глубина промерзания в совокупности с недостаточной глубиной заложения свайных фундаментов приводят к тому, что суммарные касательные силы морозного пучения превосходят несущую способность свай на выдёргивающую нагрузку, что влечёт за собой выпучивание фундаментов и деформации стоек, неразрезных пролётных строений, траверс и проложенных инженерных сетей.

В практике автора статьи встретился объект обследования, в котором масштабы морозного пучения фундаментов привели к серьёзным последствиям. Объект обследования – строительные конструкции отдельно стоящих



Рис. 4. Трещины деформационного (температурного) характера в месте опирания пролётных строений на колонну железобетонной эстакады
Fig. 4. Deformational (temperature) cracks formed at the place where superstructures lean on a column of a reinforced concrete pier



Рис. 5. Выдёргивание фундамента и полное изъятие свай из грунтов основания вследствие действия касательных сил морозного пучения

Fig. 5. Foundation's partial pulling out and pulling out of entire piles from foundation's soils caused by frost boil shear forces

опор под межпромышленный водовод, расположенный на одном из месторождений Ямало-Ненецкого автономного округа. В процессе эксплуатации фундаменты отдельных опор по трассе водовода стали подвергаться выпучиванию, что приводило к деформациям водоводов, в частности их выгибам вверх (в ряде случаев фиксировались нарушения целостности труб).

Эксплуатирующая организация, фиксируя данные дефекты, долгое время пыталась бороться не с причинами деформаций, а с их последствиями. При ремонтах систематически производилась подрезка надземной части свай, т. е. их укорочение на величину вертикальных деформаций пучения, что позволяло привести опоры под трубопровод в проектное положение и на проектную отметку. Однако, выполняя каждую новую подрезку свай для приведения опор в проектное положение, неминуемо происходило уменьшение рабочей длины свай в грунте, т. е. снижение и без того недостаточной несущей способности на выдёргивание. Таким образом, к моменту обследования были зафиксированы отдельные случаи полного изъятия свай из грунтов основания с соответствующими последствиями: увеличение пролёта трубопроводов, увеличение нагрузок на смежные опоры и полное опрокидывание трубопроводов на землю.

На промышленных предприятиях, в том числе на объектах нефтегазового комплекса, случаются техногенные аварии [7], а в последнее время участились случаи терактов, в том числе атаки с воздуха с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В зависимости от степени тяжести аварии, строительные конструкции эстакад могут подвергаться воздействию высоких температур (пожара) и взрывной волны вследствие взрыва.

Воздействие высоких температур на металлические конструкции приводит к деформациям и потере устойчивости колонн, пролётных строений, траверс. Деформации могут сопровождаться разрывами сварных швов, разрушением узлов и соединений, при сильной степени повреждения, в соответствии с СП 329.1325800, может проследиваться снижение твёрдости металла более чем на 15 %.

Благодаря высокой проницаемости конструкций отдельно стоящих опор и эстакад влияние взрывной волны оказывается меньшим, чем при воздействии на здания со сплошными фасадами. Однако, как показывает опыт обследования, вторичные поражающие факторы, напри-



мер, разлетающиеся обломки, также могут нанести серьёзный урон конструкциям.

Как и в случае с воздействием высоких температур, после влияния взрывной нагрузки фиксируются дефекты в виде различных деформаций, разрывов сварных швов и основного материала элементов, локальные и массовые обрушения конструкций.

Часто после серьёзных аварий из-за высокой степени повреждения несущие конструкции не подлежат усилению и ремонту, требуется их полный демонтаж с последующим возведением новых.

Описанные выше аварийные ситуации находят отражение в современных требованиях нормативных документов по обеспечению защиты сооружений от прогрессирующего обрушения (СП 296.1325800 и СП 385.1325800). Случающиеся аварии подтверждают важность выполнения данных требований, особенно на ответственных объектах энергосистемы. Отдельно отметим, что упомянутый выше СП 385.1325800 больше ориентирован на типичные здания общественного, жилого и промышленного назначения. Для учёта специфики линейных инженерных объектов следует разработать отдельные рекомендации по защите от прогрессирующего обрушения, в которых бы содержались конструктивные мероприятия, а также методика расчёта на особые воздействия.

В отдельную группу можно отнести дефекты, связанные с некачественно выполненными строительными работами (СМР). В части сварных соединений распространены случаи непроваров, некорректных геоме-



Рис. 6. Последствия воздействия высоких температур (пожара). Многочисленные деформации и потери устойчивости элементов эстакады

Fig. 6. Consequences of high-temperature exposure (fire). Multiple deformation and buckling failure of rack elements



Рис. 7. Деформации строительных конструкций от воздействия взрывной волны и разлетевшихся после взрыва обломков

Fig. 7. Building structure's deformation caused by blast exposure and fragments, flown apart after the explosion

трических параметров и прерывистости швов, наплывов и т. п.

Типичными ошибками в процессе строительства являются различные отклонения геометрических параметров элементов (сечения, длина), узлов соединения и пространственного положения конструкций относительно проектных значений [8], несмонтированные элементы, некачественно выполненная антикоррозионная защита и т. п. Фиксируются случаи применения неprojektных марок сталей, арматуры, классов бетона, что напрямую сказывается на несущей способности конструкций. Низкое качество и недостаточный контроль за СМР остаётся

актуальной проблемой в строительстве, особенно в отдалённых регионах страны.

Отдельно отметим случаи строительства без проекта, из сортамента и материала «по месту». Любое строительство без проекта недопустимо, однако подобные случаи встречаются, в том числе и на объектах крупнейших компаний страны.

При обследовании также встречаются случаи ошибок, допущенных при проектировании. В конструктивной части к ним относятся неверно выбранные прочностные и геометрические параметры, а также общая компоновка сооружения. Сверхнормативные прогибы пролётных строений и траверс могут привести к нарушению режима



Рис. 8. Многочисленные дефекты сварных соединений

Fig. 8. Multiple defects of welding joints



Рис. 9. Примеры дефектов в виде несмонтированных элементов, в том числе несмонтированного элемента решётки несущей фермы

Fig. 9. Examples of defects – unassembled components, including unassembled component of a transfer truss railing



Рис. 10. Низкое качество СМР в совокупности с фактом строительства без проекта, из сортамента и материала «по месту»
Fig. 10. Low quality of construction and installation work combined with construction works performed without a design and with the use of gauge and materials "on-site"

эксплуатации трубопроводов в виде прогибов уже самих трубопроводов с соответствующим образованием локальных пониженных зон по длине трассы.

В технологической части могут встречаться дефекты с неверно назначенными эксплуатационными параметрами работы трубопровода: шаг опирания трубопроводов, размеры температурного блока и компенсатора, взаимное расположение подвижных и неподвижных опор и т. п. [9]. Допущенные ошибки могут привести к «соскакиванию»

опор трубопроводов с траверс в результате воздействия температурных деформаций, сверхнормативным прогибам трубопроводов и нарушению целостности самих трубопроводов.

Встречаются случаи прокладки дополнительных инженерных сетей (дополнительной нагрузки) без выполнения изысканий (с проведением обследования строительных конструкций), не производится проверка на проектные нагрузки и игнорируется разработка проект-



Рис. 11. Сверхнормативный прогиб и недостаточная несущая способность траверсы, выявленные сразу после ввода объекта в эксплуатацию

Fig. 11. Excessive sag and insufficient bearing capability of a traverse, found right after the object has been set in operation



Рис. 12. Смещение с проектного положения подвижных опор на траверсах
Fig. 12. Offset of traverses' movable supports from the final position



Рис. 13. Потеря общей устойчивости пролётного строения кабельной эстакады вследствие перегруза и ослабление сечения траверсы в результате прокладки трубопровода (нарушения условий эксплуатации)

Fig. 13. The loss of the overall stability of a superstructure of a cabled rack because of the traverse's overload and weakening after the pipeline construction (violation of operating conditions)

ных решений по прокладке сетей. С определённой периодичностью подобные нарушения условий эксплуатации сопровождаются фактами ослабления сечений или вовсе удаления отдельных несущих элементов, которые могли помешать в процессе прокладки дополнительных сетей.

Наконец, в процессе эксплуатации конструкции подвергаются различным внешним механическим воздействиям. Опоры вблизи дорог и пролётные строения над проездами могут получить деформации силового воздействия со стороны транспортных средств [10].

Обсуждение

Ниже на рисунке 15 представлена диаграмма с перечисленными дефектами и повреждениями, а также причинами их появления, расположенными в порядке частоты фиксации на объектах обследования. Данные в диаграмме получены путём анализа 59 объектов по обследованию эстакад и отдельно стоящих опор под трубопроводы, выполненного автором статьи за последние 10 лет. Суммарная протяжённость обследованных сооруже-

ний – 71,2 км, из которых 6,7 км принадлежали к железобетонному варианту исполнения и 64,5 км относились к металлическим сооружениям. География работ – преимущественно северные регионы страны (95 % объектов), нефтегазовый сектор.

Как видно из диаграммы, наиболее часто встречаемые дефекты на объектах обследования – это коррозионные повреждения для металлических конструкций (той или иной степени повреждения), нарушения защитного слоя бетона для железобетонных элементов и дефекты, допущенные в результате низкого качества и недостаточного контроля за СМР и строительства без проекта. На объектах с неблагоприятными грунтовыми условиями с проявлением пучинистых свойств часто наблюдаются соответствующие деформации строительных конструкций.

Заключение

Рассмотрим рекомендации по предупреждению появления и развития дефектов. На этапе эксплуатации для раннего обнаружения дефектов необходим плановый



Рис. 14. Деформации пояса и элементов решётки опоры вследствие механического воздействия – наезда автотранспортного средства

Fig. 14. Deformation of the belt and the railing components of a support as a result of a mechanical stimuli – a vehicle runover



Рис. 15. Дефекты и повреждения, а также причины их появления, расположенные в порядке частоты фиксации на объектах обследования

Fig. 15. Defects and damages and the reasons for their appearance, listed in order of frequency of their appearance at investigated objects

осмотр конструкций силами эксплуатирующей организации, а также периодическое обследование с привлечением специализированной организации [11].

Для повышения сопротивляемости металлических конструкций процессам коррозии на этапе проектирования следует корректно назначать антикоррозионный состав и технологию его нанесения в зависимости от агрессивности среды. Предпочтение следует отдавать методам горячего цинкования, которые производят в заводских условиях.

Для предотвращения появления деформаций конструкций, связанных с морозным пучением, для рассматриваемых линейных инженерных сооружений на этапе изысканий и проектирования следует проводить исчерпывающие инженерно-геологические изыскания с проведением работ по определению пучинистых свойств грунтов, также рекомендуется назначать минимальный шаг расположения скважин по длине трассы и предусма-

тривать конструктивные мероприятия по снижению сил морозного пучения.

Выбор подрядных организаций, которые будут выполнять непосредственное строительство и контроль за этим строительством, также является важным этапом в обеспечении будущей безаварийной эксплуатации сооружений. Выше было описано множество дефектов, которые появились в результате некачественных СМР и отсутствия должного контроля на этапе строительства.

Заказчикам также не стоит халатно относиться к любым факторам по изменению условий эксплуатации сооружений. Прокладка дополнительных сетей без проекта – наиболее часто встречаемый фактор, ведущий к изменению условий эксплуатации. Какой бы незначительной ни казалась дополнительная нагрузка, нормы предписывают выполнение ряда работ, которые нельзя игнорировать: изыскания и разработка проектных решений [12; 13].

Что же касается допущенных на этапе проектирования ошибок, можно констатировать, что современные тенденции по индивидуальному проектированию и отходу от использования типовых серий, с одной стороны, позволяют получить заказчику индивидуальный продукт под его конкретные нужды, а с другой стороны, увеличивают вероятность ошибок при разработке новых конструктивных решений для каждого нового объекта.

Для повышения надёжности конструкций отдельно стоящих опор и эстакад при аварийных ситуациях следует на этапе проектирования уделять внимание особым воздействиям и требованиям по обеспечению устойчивости сооружений к прогрессирующему обрушению. Новые вызовы в виде участвовавших терактов, в том числе с применением БПЛА, заслуживают отдельного внимания и исследования. Автор статьи видит целесообразность устройства на ответственных предприятиях энергокомплекса систем по выявлению и подавлению сигнала несанкционированных потенциально опасных летательных объектов и защитных укрытий, например, сетчатых.

Стоит отметить, что современные БПЛА могут служить во благо обследования. Для получения доступа к конструкциям на больших высотах, в местах отсутствия площадок обслуживания и прочих труднодоступных местах, использование БПЛА позволяет снизить трудовые затраты при поиске и диагностике дефектов и повреждённых элементов отдельно стоящих опор и эстакад [14].

Самара, 06–10 апреля 2015 года / Самарский государственный архитектурно-строительный университет. – Самара : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный архитектурно-строительный университет», 2015. – С. 414–417.

- Живенко, А. В. Экспертиза эстакад на низких опорах / А. В. Живенко, Б. В. Пожидаев, В. А. Живенко // Безопасность труда в промышленности. – 2016. – № 2. – С. 84–86.
- Гарькин, И. Н. Усиление строительных конструкций кабельной эстакады – фактор повышения экологической безопасности / И.Н. Гарькин, Л.С. Сабитов, Л. Г. Поляков // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 5 (101). – С. 404–411.
- Николенко, С. Д. Оценка несущей способности конструкций технологических эстакад / С. Д. Николенко, С. А. Сазонова, Н. В. Акамсина. – DOI 10.58168/AMSP2022_220-229 // Аспекты моделирования систем и процессов : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 27 мая 2022 года. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова, 2022. – С. 220–229.
- Процесс оценки состояния конструкций эстакад в лесном

REFERENCES

- Gasarov, F. G. Primenenie konstruksii "stal'naja rubashka" pri kapital'nom remonte metallicheskikh opornykh svaj na tekhnologicheskikh morskikh ob'ektakh [Application of the "steel plate" design for the major turnaround of metal support piles at offshore process facilities] / F. G. Gasarov. – DOI 10.5510/OGP20200200436 // Nauchnye trudy NIPi Neftegaz GNKAR [Scientific works of NIPi Neftegaz SOCAR]. – 2020. – No. 2. – Pp. 105–111.
- Ivlev, A. O. Primenenie kompozitnykh materialov dlja stroitel'stva kabel'nykh ehstakad [The use of composite materials for the construction of cabled pipe racks] / A. O. Ivlev // Nauka i molodezh' : Materialy XX Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, Barnaul, 17–21 aprelya 2023 goda. Tom 1. Chast' 1 [Science and Youth: Proceedings of the XX All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists, Barnaul, April 17–21. Vol. 1. Part 1]. – Barnaul : Altajskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet im. I. I. Polzunova [Altai State Technical University named after I. I. Polzunov]. – 2023. – Pp. 391–392.
- O tekhnicheskomo sostoyanii ehstakady pod tekhnologicheskie truboprovody metallurgicheskogo predpriyatiya [About the technical condition of the process pipe racks of the metallurgical enterprise] / V. V. Smirnov, M. A. Svitcov, A. Ju. Shileeva, and others // Nauka, tekhnika i obrazovanie [Science, technology and education]. – 2015. – No. 10 (16). – Pp. 119–121.
- Mannapov, R. M. Analiz NDS zhelezobetonnoj ehstakady na osnove raschyota v PK LIRA-SAPR s uchytom povrezhdenij [Analysis of the VAT of reinforced concrete panels on the basis of calculation in sp lira-sapr with damage included] / R. M. Mannapov // Nauchnye issledovaniya XXI veka [Scientific research of the XXI century]. – 2023. – No. 2 (22). – Pp. 56–58.
- Puzanov, A. V. Metody obsledovaniya korrozionnogo sostoyaniya armatury zhelezobetonnykh konstruksij [Test methods of corrosion state of reinforced concrete structures] / A. V. Puzanov, A. V. Ulybin // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal [Magazine of Civil Engineering]. – 2011. – No. 7 (25). – Pp. 18–25.
- Zhivenko, A. V. Obmen opytom pri obsledovanii ehstakad na nizkikh oporakh [Exchange of experiences in the survey overpass at low supports] / A. V. Zhivenko, B. V. Pozhidaev, V. A. Zhivenko // Potentsial sovremennoj nauki [The potential of modern science]. – 2015. – No. 9 (17). – Pp. 60–63.
- Raschyonaya otsenka pozharnogo riska dlya ehstakady takto-vogo naliva svetlykh nefteproduktov [Fire risk assessment for the clock overpass of light oil] / D. M. Gordienko, Ju. N. Shebeko, A. Ju. Shebeko // Pozharnaya bezopasnost' [Fire safety]. –

хозяйстве / С. Д. Николенко, С. А. Сазонова, А. А. Осипов, Н. В. Акамсина. – DOI 10.58168/MFCCPTD2022_202-208 // Современный лесной комплекс страны: проблемы и тренды развития : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 07 октября 2022 года / Отв. редактор А. А. Платонов. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова, 2022. – С. 202–208.

- Николенко, С. Д. Контроль эксплуатационных характеристик строительных материалов опор технологических путепроводов / С. Д. Николенко, С. А. Сазонова, А. А. Осипов. – DOI 10.58168/AMSP2022_242-249 // Аспекты моделирования систем и процессов : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 27 мая 2022 года. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова, 2022. – С. 242–249.
- Строительный контроль зданий и сооружений с применением мультикоптеров и фотограмметрии / В. В. Коренев, Н. С. Орлова, А. В. Улыбин, С. Д. Федотов. – DOI 10.18720/CUBS.65.3 // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2018. – № 2 (65). – С. 40–58.

2014. – No. 2. – Pp. 72–82.

- Kotkova, O. N. Rezul'taty provedyonnogo obsledovaniya ehlektrokabel'nykh ehstakad [The results of the survey of cabled pipe racks] / O. N. Kotkova // Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Estestvennye nauki i tekhnosfernaya bezopasnost' : Sbornik statej po materialam 72-j Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Samara, 06–10 aprelya 2015 goda, Samarskij gosudarstvennyj arkhitekturno-stroitel'nyj universitet [Traditions and innovations in construction and architecture. Natural Sciences and Technosphere safety : A collection of articles based on the materials of the 72nd All-Russian Scientific and Technical Conference, Samara, April 06–10, 2015, Samara State University of Architecture and Civil Engineering]. – Samara : Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Samarskij gosudarstvennyj arkhitekturno-stroitel'nyj universitet" [Samara State University of Architecture and Civil Engineering"]. – 2015. – Pp. 414–417.
- Zhivenko, A. V. Ehkspertiza ehstakad na nizkikh oporakh [Examination of overpasses on low supports] / A. V. Zhivenko, B. V. Pozhidaev, V. A. Zhivenko // Bezopasnost' truda v promyshlennosti [Occupational safety in industry]. – 2016. – No. 2. – Pp. 84–86.
- Gar'kin, I. N. Usilenie stroitel'nykh konstruksij kabel'noj ehstakady - faktor povysheniya ehkologicheskoy bezopasnosti [Strengthening the building structures of the cable rack - a factor in improving environmental safety] / I. N. Gar'kin, L. S. Sabitov, L. G. Poljakov // Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering journal of Don]. – 2023. – No. 5 (101). – Pp. 404–411.
- Nikolenko, S. D. Otsenka nesushhej sposobnosti konstruksij tekhnologicheskikh ehstakad [Assessment of the bearing capacity of the structures of technological restas] / S. D. Nikolenko, S. A. Sazonova, N. V. Akamsina. – DOI 10.58168/AMSP2022_220-229 // Aspekty modelirovaniya sistem i protsessov : Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Voronezh, 27 maja 2022 goda [Aspects of modeling systems and processes : Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Voronezh, May 27, 2022]. – Voronezh : Voronezhskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet im. G. F. Morozova [Voronezh State Forestry Engineering University named after G. F. Morozov]. – 2022. – Pp. 220–229.
- Protsess otsenki sostojaniya konstruksij ehstakad v lesnom khozyajstve [The process of assessing the condition of structures of flasses in forestry] / S. D. Nikolenko, S. A. Sazonova, A. A. Osipov, N. V. Akamsina. – DOI 10.58168/MFCCPTD2022_202-208 // Sovremennyy lesnoj kompleks strany:

problemy i trendy razvitija : Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Voronezh, 07 okyabrya 2022 goda / Otv. redaktor A. A. Platonov [The modern forest complex of the country: problems and prospects of development : Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Voronezh, October 07, 2022, editor A. A. Platonov]. – Voronezh : Voronezhskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet im. G. F. Morozova [Voronezh State Forestry Engineering University named after G. F. Morozov]. – 2022. – Pp. 202–208.

13. Nikolenko, S. D. Kontrol' ehkspluattsiionnykh kharakteristik stroitel'nykh materialov opor tekhnologicheskikh puteprovodov [Control of the performance characteristics of building materials of supports of technological overheads] / S. D. Nikolenko, S. A. Sazonova, A. A. Osipov. – DOI 10.58168/AMSP2022_242-249 // Aspekty modelirovaniya sistem i prot-

sessov : Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy kon-ferentsii, Voronezh, 27 maja 2022 goda [Aspects of modeling systems and processes : Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Voronezh, May 27, 2022]. – Voronezh : Voronezhskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet im. G. F. Morozova [Voronezh State Forestry Engineering University named after G. F. Morozov]. – 2022. – Pp. 242–249.

14. Stroitel'nyj kontrol' zdaniy i sooruzhenij s primeneniem mul'tikopterov i fotogrammetrii [Building inspection of buildings and structures by means of multicopters and photogrammetry] / V. V. Korenev, N. S. Orlova, A. V. Ulybin, S. D. Fedotov. – DOI 10.18720/CUBS.65.3 // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenij [Construction of unique buildings and structures]. – 2018. – No. 2 (65). – Pp. 40–58.

УДК 69.05.

DOI: 10.54950/26585340_2024_3_26

Анализ математических и аналитических инструментов, применяемых для повышения эффективности взаимодействия участников строительного проекта

Analysis of Mathematical and Analytical Instruments, Used for Increase of Construction Project Participants Interaction Efficiency

Олейник Павел Павлович

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, cniomtp@mail.ru

Oleynik Pavel Pavlovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, cniomtp@mail.ru

Мириков Виктор Николаевич

Аспирант кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, vnmirikov@yandex.ru

Mirikov Victor Nikolaevich

Postgraduate student of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, vnmirikov@yandex.ru

Аннотация. Целью данной статьи является анализ математических и аналитических инструментов, применяемых для повышения эффективности взаимодействия участников строительного проекта. Учитывая сложность и многокомпонентность строительных проектов, эффективное управление взаимодействиями между участниками является ключевым фактором для достижения успешного результата. В условиях постоянно растущих требований к эффективности и результативности строительных проектов использование математических и аналитических инструментов становится неотъемлемой частью проектного менеджмента.

С помощью методов сравнения, сопоставления и анализа исследуется возможность применения таких инструментов, как методы сетевого планирования, в частности, метод критического пути и метод оценки и анализа программ, линейное и

целочисленное программирование, теория игр, стохастическое моделирование, а также современные методы управления проектами, анализ сетевой структуры, машинное обучение и системная динамика. Рассмотрены достоинства и недостатки каждого из методов. Описываются практические примеры применения этих инструментов для оптимизации распределения ресурсов, управления рисками, улучшения коммуникации и повышения общей эффективности проектной деятельности.

По результатам исследования сделан вывод о необходимости интеграции различных методик для создания комплексной модели управления, способной учитывать все аспекты взаимодействия участников строительного проекта.

Ключевые слова: математические и аналитические инструменты; взаимодействие участников строительного проекта.

of mathematical and analytical instruments is becoming an integrate part of the project management.

With the help of comparison, juxtaposition and analysis methods, the following instruments are reviewed: network planning techniques, such as Critical Path Method, CPM and Program Evaluation and Review Technique, PERT, linear and integer programming, game theory, stochastic simulation and also modern methods of

project management, such as Agile, Scrum and Earned Value Management, social network analysis (SNA), machine learning and system dynamics. Pros and contras of each method are reviewed. Practical examples are described, how these instruments can be used for optimization of resource distribution, risk management, improving of communication and general increase of project

Введение

Управление строительными проектами является сложной задачей, требующей координации множества участников и ресурсов. Важность эффективного взаимодействия между участниками проекта (заказчиками, подрядчиками, субподрядчиками, инженерами, архитекторами и другими заинтересованными сторонами) сложно переоценить, поскольку от этого зависит успешность выполнения проекта в установленные сроки, в рамках бюджета и с необходимым качеством.

В условиях постоянно растущих требований к эффективности и результативности строительных проектов использование математических и аналитических инструментов становится неотъемлемой частью проектного менеджмента. Эти инструменты позволяют оптимизировать процессы, улучшить коммуникацию между участниками, управлять ресурсами и минимизировать риски, что в конечном итоге способствует достижению целей проекта.

В данной статье рассматриваются различные методы и инструменты, которые могут быть использованы для повышения эффективности взаимодействия участников строительного проекта. В их числе сетевые графики и методы сетевого планирования (Critical Path Method, CPM и Program Evaluation and Review Technique, PERT), линейное и целочисленное программирование, теория игр, стохастическое моделирование (Монте-Карло симуляция), современные методы управления проектами (Agile и Scrum), анализ сетевой структуры (Social Network Analysis, SNA), машинное обучение и системная динамика.

Основное внимание уделяется тому, как эти инструменты могут быть интегрированы в комплексную модель управления проектом, способную учитывать все аспекты взаимодействия и обеспечивать эффективное выполнение строительного проекта. Представлены практические примеры использования указанных методов и описываются их преимущества и ограничения в контексте управления строительными проектами.

Цель данной статьи – сформировать понимание того, какие инструменты могут быть наиболее полезны на практике и как их можно эффективно применять для улучшения взаимодействия между участниками строительного проекта.

Материалы и методы

Исследование эффективного взаимодействия участников строительства включает использование различных теоретических методов, которые позволяют анализировать и моделировать процессы взаимодействия, выявить ключевые факторы, влияющие на успешность проекта, и разработать рекомендации для оптимизации этих процессов. При написании статьи нашли применение сравнительный, сопоставительный и аналитические методы исследования.

Результаты

Учитывая сложность и многокомпонентность строительных проектов, эффективное управление взаимодействиями между участниками является ключевым фак-

management. As a result of the research, there is a conclusion that is is necessary to integrate different methods into complex management model, which can take into consideration all aspects of interactions between construction project participants.

Keywords: mathematical and analytical instruments; interaction between construction project participants.

тором для достижения успешного результата. Каждый строительный проект включает в себя множество различных участников – заказчиков, подрядчиков, субподрядчиков, инженеров, архитекторов и других заинтересованных сторон, которые должны работать слаженно и координировано для выполнения проекта в установленные сроки, в рамках бюджета и с необходимым качеством.

Эффективное управление взаимодействиями в строительных проектах требует применения различных математических и аналитических инструментов, которые позволяют оптимизировать процессы, улучшить коммуникацию между участниками, управлять ресурсами и минимизировать риски.

Сетевые графики и методы сетевого планирования представляют собой мощные инструменты для управления временем и ресурсами в строительных проектах. Они позволяют визуализировать последовательность задач, зависимости между ними и оптимальный путь выполнения проекта [1].

Метод критического пути (Critical Path Method, CPM) является одним из наиболее широко используемых методов планирования и управления временем в проектах. Он позволяет определить наиболее критические задачи, которые определяют общую длительность проекта. Эти задачи образуют критический путь проекта. Задержка в выполнении какой-либо задачи на критическом пути приведёт к задержке всего проекта. CPM помогает управлять временными ресурсами, оптимизировать расписание и предсказывать сроки завершения проекта.

Метод оценки и анализа программ (Program Evaluation and Review Technique, PERT) представляет собой метод оценки времени выполнения задач с учётом неопределённости [2]. Он использует три временные оценки для каждой задачи: оптимистическую (О), пессимистическую (Р) и наиболее вероятную (М). По этим оценкам определяется ожидаемое время выполнения задачи по формуле $(O + 4M + P) / 6$. PERT позволяет учитывать различные факторы неопределённости, такие как изменения в погодных условиях, задержки в поставках материалов и прочее.

Оба метода, CPM и PERT, обладают своими преимуществами и недостатками и часто используются в комбинации для более точного планирования и управления проектами. Они позволяют проектировщикам и управляющим проектами более эффективно управлять временными ресурсами, идентифицировать критические точки проекта и принимать своевременные меры для минимизации рисков и задержек.

Математическое моделирование играет важную роль в управлении строительными проектами, позволяя оптимизировать распределение ресурсов, управлять затратами и прогнозировать результаты. Два основных метода математического моделирования, наиболее широко применяемых в управлении проектами, включают в себя линейное программирование и целочисленное программирование.

Линейное программирование позволяет эффективно распределять ограниченные ресурсы, такие как рабочая

сила, материалы и оборудование. Применение линейного программирования в строительных проектах позволяет оптимизировать расписание работ, учитывая различные ограничения, такие как доступность ресурсов и зависимости между задачами [3].

В отличие от линейного программирования, где переменные могут принимать любые значения, в целочисленном программировании переменные ограничены целыми числами. Этот метод особенно полезен при решении задач, где решения должны быть дискретными, например, при назначении целых чисел рабочих или определении количества единиц оборудования.

Использование математического моделирования позволяет управлять ресурсами более эффективно, предсказывать результаты и оптимизировать процессы в строительных проектах. Эти методы могут помочь проектировщикам и управляющим проектами принимать более обоснованные решения, основанные на количественных анализах и оптимизации.

Теория игр представляет собой мощный инструмент для анализа стратегических взаимодействий между участниками строительных проектов и принятия решений в условиях конкуренции или сотрудничества. Она помогает предсказать поведение участников и оптимизировать стратегии управления проектами.

В некооперативных играх каждый участник принимает решения независимо от других и стремится максимизировать свою выгоду. Такие ситуации часто встречаются в конкурентной среде строительной индустрии, где различные компании борются за заказы. Используя теорию игр, можно анализировать стратегии конкурентов, прогнозировать их действия и разрабатывать собственные стратегии, направленные на получение конкурентного преимущества.

В кооперативных играх участники объединяют усилия для достижения общей цели. В контексте строительных проектов это может означать сотрудничество между заказчиком, проектировщиками и подрядчиками для реализации проекта. Теория игр позволяет анализировать выгодные формы сотрудничества, распределение выгод и рисков между участниками, а также разрабатывать механизмы стимулирования сотрудничества и управления конфликтами.

Применение теории игр в управлении строительными проектами помогает участникам проекта принимать обоснованные решения, учитывая стратегии прочих участников, возможные риски и варианты сотрудничества. Это позволяет оптимизировать процессы управления проектом и достигать лучших результатов в условиях переменной и конкурентной среды.

Строительные проекты часто подвержены различным видам неопределённости и рисков, таким как изменения в погодных условиях, задержки поставок материалов, неожиданные технические проблемы и т. д. Кроме того, в строительной отрасли распространены нарушения нормативных требований практически всеми участниками проекта, что неминуемо ведёт к колебаниям надёжности проектов в целом [4]. Стохастическое моделирование позволяет учитывать эту неопределённость и оценивать вероятность возникновения различных событий, что помогает принимать более обоснованные решения и планировать ресурсы.

Применение стохастического моделирования в управлении строительными проектами позволяет учесть различные виды рисков и неопределённости, а также оценить их влияние на конечные результаты проекта. Это помогает управляющим проектами принимать более информированные решения, разрабатывать стратегии снижения рисков и улучшения управления проектом в целом.

Управление проектами в строительной индустрии требует применения специализированных методов, которые учитывают особенности этой отрасли, такие как сложность задач, множество участников и высокая степень неопределённости. В этом контексте помимо традиционных методов используются современные методы управления проектами, такие как Agile и Scrum.

Agile и Scrum – это гибкие методологии управления проектами, которые акцентируются на итеративном развитии и быстром реагировании на изменения. В контексте строительных проектов Agile и Scrum позволяют гибко адаптироваться к изменениям в требованиях заказчика, быстро решать проблемы и улучшать коммуникацию внутри команды проекта [5].

Еще один метод – Earned Value Management (EVM) – позволяет отслеживать стоимость выполненных работ в сравнении с планом и прогнозировать будущие затраты и сроки. В строительстве EVM позволяет оценить производительность проекта и выявить возможные проблемы или риски [6].

Анализ сетевой структуры (SNA) представляет собой метод анализа взаимосвязей и взаимодействий между участниками проекта, который помогает выявить ключевых игроков, анализировать структуру коммуникации и определить степень влияния участников. В контексте строительных проектов SNA может быть использован для оптимизации коммуникаций, управления рисками и улучшения сотрудничества между участниками.

Анализ сетевой структуры позволяет идентифицировать ключевых участников проекта, которые имеют наибольшее влияние на процесс выполнения работ и достижение целей проекта. Это позволяет лучше распределить ответственность и ресурсы, а также повысить эффективность управления проектом [7].

Применение методов анализа сетевой структуры в управлении строительными проектами помогает оптимизировать коммуникации, повысить эффективность работы команды проекта и улучшить результаты проекта в целом [7].

Машинное обучение (МО) представляет собой совокупность методов и технологий, которые позволяют компьютерам извлекать закономерности из данных и прогнозировать результаты на их основе. В контексте строительных проектов машинное обучение может быть применено для решения различных задач, таких как прогнозирование сроков и стоимости проекта, оптимизация производственных процессов, управление рисками и др.

Машинное обучение позволяет анализировать исторические данные о выполнении строительных проектов и выявлять зависимости между различными факторами, такими как характеристики проекта, ресурсы, временные ограничения и др. На основе этих данных модели машинного обучения могут прогнозировать сроки выполнения и стоимость проекта с учётом различных факторов.

Машинное обучение может быть применено для оптимизации производственных процессов на строительной площадке. Например, алгоритмы машинного обучения могут оптимизировать планирование и распределение ресурсов, управлять инвентаризацией материалов, прогнозировать спрос на ресурсы и т. д.

Системная динамика – это подход к моделированию и анализу сложных систем, который учитывает их динамику, взаимосвязи и обратные связи между элементами. В контексте строительных проектов системная динамика позволяет моделировать и анализировать сложные взаимодействия между различными аспектами проекта и прогнозировать их поведение во времени. Системная динамика позволяет создавать модели, которые учитывают динамику различных аспектов строительного проекта, таких как изменения во времени затраты ресурсов, прогресс выполнения работ, зависимости между задачами и другие факторы. Это позволяет более точно прогнозировать сроки выполнения проекта, затраты и другие ключевые показатели [8].

Применение системной динамики в управлении строительными проектами позволяет улучшить понимание и управление проектом, прогнозировать его поведение во времени, учитывать различные риски и принимать обоснованные решения для достижения желаемых результатов.

Обсуждение

Каждый из представленных выше методов имеет как достоинства, так недостатки, которые представлены в таблице 1.

Согласно данным таблицы можно сравнить все методы управления проектами и выбрать наиболее подходящий для конкретной ситуации.

Интеграция различных инструментов управления проектами в комплексную модель позволяет учитывать разнообразные аспекты взаимодействия и обеспечивать

эффективное выполнение строительного проекта. На первоначальном этапе необходимо создать базовую модель сетевого планирования с использованием методов CPM и PERT для визуализации и оптимизации расписания работ. После важно добавить математическое моделирование для оптимизации распределения ресурсов, прогнозирования затрат и учёта различных ограничений. Например, можно использовать линейное программирование для оптимизации расписания и стоимости проекта.

Также целесообразно использовать теорию игр для анализа стратегий различных участников проекта и определения оптимальных решений, что может помочь управляющим проектом принимать обоснованные решения, учитывая интересы всех сторон.

Стохастическое моделирование возможно использовать для учёта неопределённости и рисков, что даст возможность прогнозировать вероятные сценарии развития проекта и принимать меры по управлению рисками. Кроме того, к применению рекомендуются методы управления проектами, такие как Agile и Scrum, а также анализ сетевой структуры для оптимизации коммуникаций между участниками проекта, выявления ключевых игроков и управления рисками.

Применение методов машинного обучения возможно для прогнозирования сроков, стоимости и других ключевых показателей проекта на основе данных и автоматизации рутинных процессов управления. Также целесообразно интегрировать системную динамику для моделирования динамики проекта и анализа влияния изменений.

Интеграция этих методов позволит создать комплексную модель управления проектом, способную учитывать все аспекты взаимодействия и обеспечивать эффективное выполнение строительного проекта. Каждый из методов вносит свой вклад в оптимизацию процессов управления, улучшение коммуникаций и управление рисками, что по-

Методы	Достоинства	Недостатки
Сетевые графики и методы сетевого планирования	- Визуализация зависимостей между задачами - Оптимизация времени и ресурсов - Выявление критических задач	- Чувствительность к изменениям - Не учитывают ресурсы - Трудность адаптации к динамической среде
Математическое моделирование	- Оптимизация ресурсов - Учёт множества факторов - Применимость к различным задачам	- Сложность - Подверженность ошибкам - Затраты времени и ресурсов
Теория игр	- Анализ стратегий - Принятие более обоснованных решений - Применимость к сотрудничеству и конкуренции	- Сложность анализа - Необходимость точных данных - Ограниченная применимость
Стохастическое моделирование	- Учёт неопределённости - Прогнозирование вероятностей - Применимость к различным задачам	- Сложность моделей - Зависимость от качества данных
Методы управления проектами	- Структурированный подход - Применимость в различных ситуациях	- Жёсткость методологий - Ограничения в адаптации
Анализ сетевой структуры (SNA)	- Выявление ключевых игроков и связей - Прогнозирование динамики проекта	- Трудность в сборе данных - Сложность интерпретации
Машинное обучение	- Прогнозирование на основе данных - Автоматизация процессов управления - Улучшение принятия решений на основе анализа данных	- Требуется большого объёма данных - Сложность интерпретации результатов - Необходимость экспертизы в области МО
Системная динамика	- Моделирование динамики проекта - Анализ влияния изменений - Управление рисками - Учёт сложных взаимосвязей и обратных связей	- Требуется высокой квалификации для разработки и интерпретации моделей - Зависит от качества входных данных - Затраты времени и ресурсов

Табл. 1. Достоинства и недостатки методов
Tab. 1. Pros and contras of methods

зволяет достигать лучших результатов в реализации проекта.

Рассмотрим несколько практических примеров применения различных инструментов управления проектами для оптимизации распределения ресурсов, управления рисками, улучшения коммуникации и повышения общей эффективности проектной деятельности.

При строительстве жилого комплекса руководство проекта использует методы математического моделирования для оптимизации распределения рабочей силы. Модель учитывает ограничения по времени и доступности рабочих, а также приоритеты различных задач. Благодаря этому удаётся сократить время выполнения работ и оптимизировать затраты на персонал [9].

При строительстве нового офисного здания применяется стохастическое моделирование для оценки потенциальных рисков, связанных с изменениями цен на строительные материалы. Модель анализирует вероятные сценарии изменения цен и их влияние на общую стоимость проекта. На основе этих данных разрабатываются стратегии управления рисками, такие как заключение долгосрочных договоров с поставщиками или использование альтернативных материалов [7].

Во время строительства крупного объекта возможно использовать анализ сетевой структуры (SNA), чтобы выявить ключевых участников коммуникации и определить наиболее эффективные пути передачи информации. На основе результатов анализа управленческая команда оптимизирует коммуникационные процессы, укрепляет связи между участниками и сокращает время реагирования на запросы и проблемы.

При строительстве дороги используются методы управления проектами Agile и Scrum для организации работы команды. Каждую неделю проводятся короткие совещания, где члены команды обсуждают текущий прогресс, проблемы и планы на следующую неделю. Это позволяет быстро реагировать на изменения в проекте, оптимизировать процессы и повышать производительность [10].

Для нахождения оптимального распределения штрафов между участниками строительства рассматривается кооперативная теория игр, целью которой является нахождение оптимального распределения выигрышей между игроками при различных видах соглашений между ними [11].

Приведённые примеры демонстрируют, как различные инструменты управления проектами могут быть применены на практике для достижения конкретных целей, таких как оптимизация ресурсов, управление рисками, улучшение коммуникации и повышение общей эффективности проектной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ситди́ков, А. Р. Анализ методов планирования и контроля за сроками выполнения строительных работ / А. Р. Ситди́ков // Вектор научной мысли. – 2023. – № 5. – С. 25–27.
2. Бовтеев, С. В. Возможности применения метода оценки и анализа программ для контроля сроков строительного проекта / С. В. Бовтеев, А. В. Мишакова // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 4 (81). – С. 115–121.
3. Лapidус, А. А. Оптимизация процессов использования строительной техники с применением методов линейного программирования / А. А. Лapidус, З. Р. Тускаева, Е. А. Соколова // Строительное производство. – 2024. – № 1. – С. 85–91.

Интеграция различных методик управления в комплексную модель становится необходимой для создания всестороннего подхода к управлению строительным проектом. Каждый из методов приносит свои уникальные преимущества и инструменты, и их совместное использование позволяет учесть все аспекты взаимодействия участников проекта. При этом каждый метод имеет свои ограничения, и ни один из них не способен полностью охватить все аспекты управления проектом. Интеграция позволяет компенсировать недостатки одних методов другими и устранить дублирование усилий [8].

Таким образом, интеграция различных методик управления проектами в комплексную модель является необходимым шагом для эффективного управления строительными проектами, учитывая все аспекты и сложности их реализации.

Заключение

В целом, управление строительными проектами является сложным и многогранным процессом, требующим интеграции различных методик и инструментов для успешного достижения целей проекта. Учитывая сложность строительных проектов и множество факторов, влияющих на их выполнение, важно применять комплексный подход к управлению проектами. Это включает в себя интеграцию различных методик управления для охвата всех аспектов проекта.

Существует множество инструментов и методов управления проектами, каждый из которых приносит свои преимущества. Они включают в себя сетевые графики, математическое моделирование, теорию игр, стохастическое моделирование, Agile и Scrum, анализ сетевой структуры и многие другие.

Для эффективного управления проектом необходимо не только применять различные методики, но и интегрировать их в единую модель управления. Это требует координации усилий всех участников проекта и обеспечения согласованности действий. Управление строительными проектами требует гибкости и способности быстро адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям. Интегрированная модель управления должна быть гибкой и адаптивной, чтобы эффективно реагировать на изменения и минимизировать риски.

Управление проектами – это процесс, который постоянно развивается, поэтому важно постоянно совершенствовать свои навыки и знания, а также изучать новые методики и инструменты управления проектами.

Таким образом, комплексный и интегрированный подход к управлению строительными проектами, основанный на разнообразных методиках и инструментах, является ключевым фактором успешного выполнения проектов в этой области.

4. Сафарян, Г. Б. Моделирование стохастических рисков в строительной системе / Г. Б. Сафарян, А. А. Лapidус // Перспективы науки. – 2023. – № 12 (171). – С. 155–162.
5. Ростовщикова, Д. Э. Современные методы управления проектом на примере методологии Agile Scrum / Д. Э. Ростовщикова // Современная наука и молодые учёные. – 2020. – С. 53–55.
6. Novel Earned Value Management System Maturity Framework and Its Relation to Project Performance / V. Aramali, G. E. Gibson, M. El Asmar, H. Sanboskani // Journal of Construction Engineering and Management – ASCE. – 2023. – Vol. 149, No. 6.
7. Communication Technology for Industry 4.0 / P. Marcon,

F. Zezulka, I. Vesely, Z. Szabo, Z. Roubal, O. Sajdl, E. Gescheidtova, P. Dohnal // Progress in Electromagnetics Research Symposium – Spring (PIERS), 22 May 2017, St. Petersburg, Russia. – St. Petersburg, 2017.

8. Гапоненко, Г. С. Особенности управления инвестиционно-строительным проектом методом системной динамики / Г. С. Гапоненко // Вестник науки. – 2023. – № 6 (63). – С. 31–36.
9. Qian, F. Fundamental Theories and Key Technologies for Smart and Optimal Manufacturing in the Process Industry /

REFERENCES

1. Sitdikov, A. R. Analiz metodov planirovania i kontrolya za srokami vypolneniya stroitelnykh rabot [Analysis of methods of planning and control over the timing of construction work] / A. R. Sitdikov // Vektor nauchnoj mysli [Vector of scientific thought]. – 2023. – No. 5. – Pp. 25–27.
2. Bovteev, S. V. Vozmozhnosti primeneniya metoda otsenki i analiza program dlya kontrolya srokov stroitel'nogo proekta [The possibility of applying the program evaluation and review technique for construction project schedule management] / S. V. Bovteev, A. V. Mishakova // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Herald of civil engineers]. – 2020. – No. 4 (81). – Pp. 115–121.
3. Lapidus, A. A. Optimiizatsia processov ispolzovania stroitel'noy tekhniki s primeneniem metodov lineynogo programmirovania [Optimization of Processes of Using Construction Equipment Using Linear Programming Methods] / A. A. Lapidus, Z. R. Tускаева, E. A. Sokolova // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2024. – No. 1. – Pp. 85–91.
4. Safaryan, G. B. Modelirovanie stokhasticheskikh riskov v stroitel'noy sisteme [Modelling of stochastic risks in construction system] / G. B. Safaryan, A. A. Lapidus // Perspektivy nauki [Science perspectives]. – 2023. – No. 12 (171). – Pp. 155–162.
5. Rostovshchikova, D. E. Sovremennye metody upravleniya proektom na primere metodologii Agile Scrum [Modern methods of project management on the example of agile scrum methodology] / D. E. Rostovshchikova // Sovremennaya nauka i molodye uchenye [Modern science and young scientists]. – 2020. –

F. Qian, W. Zhong, W. Du // Engineering. – 2017. – Vol. 3, Iss. 2. – Pp. 154–160.

10. Sung, T. K. Industry 4.0: A Korea perspective / T. K. Sung // Technological Forecasting and Social Change. – 2018. – Vol. 132. – Pp. 40–45.

11. Применение теории игр в строительной деятельности / Е. А. Копытина, Н. А. Петрикеева. С. Г. Тульская, С. Н. Кузнецов // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2018. – № 4 (52). – С. 137–144.

Pp. 53–55.
6. Novel Earned Value Management System Maturity Framework and Its Relation to Project Performance / V. Aramali, G. E. Gibson, M. El Asmar, H. Sanboskani // Journal of Construction Engineering and Management – ASCE. – 2023. – Vol. 149, No. 6.
7. Communication Technology for Industry 4.0 / P. Marcon, F. Zezulka, I. Vesely, Z. Szabo, Z. Roubal, O. Sajdl, E. Gescheidtova, P. Dohnal // Progress in Electromagnetics Research Symposium – Spring (PIERS), 22 May 2017, St. Petersburg, Russia. – St. Petersburg, 2017.
8. Gaponenko, G. S. Osobennosti upravleniya investitsionno-stroitel'nykh proektom metodom sistemnoy dinamiki [Special aspects of investment construction project management with systematic dynamics method] / G. S. Gaponenko // Vestnik nauki [Herald of science]. – 2023. – No. 6 (63). – Pp. 31–36.
9. Qian, F. Fundamental Theories and Key Technologies for Smart and Optimal Manufacturing in the Process Industry / F. Qian, W. Zhong, W. Du // Engineering. – 2017. – Vol. 3, Iss. 2. – Pp. 154–160.
10. Sung, T. K. Industry 4.0: A Korea perspective / T. K. Sung // Technological Forecasting and Social Change. – 2018. – Vol. 132. – Pp. 40–45.
11. Primenenie teorii igr v stroitel'noy deyatelnosti [Use of game theory in construction activities] / E. A. Kopytina, N. A. Petrikeyeva. S. G. Tulskeya, S. N. Kuznetsov // Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arkhitektury [Scientific journal of construction and architecture]. – 2018. – No. 4 (52). – Pp. 137–144.

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340_2024_3_31

Использование метода Монте-Карло для анализа рисков при строительстве объектов капитального строительства

Using the Monte Carlo Method for Risk Analysis in the Construction of Capital Construction Projects

Лapidус Азарий Абрамович

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, lapidusaa@mgsu.ru

Lapidus Azariy Abramovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, lapidusaa@mgsu.ru

Михальченко Олег Юрьевич

Кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)» (НГАСУ), Россия, 630008, Новосибирск, улица Ленинградская, 113, oleg_mik@mail.ru

Mikhailchenko Oleg Yurievich

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Technology and Organization of Construction, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia, 630008, Novosibirsk, Leningradskaya ulitsa, 113, oleg_mik@mail.ru

Ткач Алексей Андреевич

Магистр, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», Россия, 630008, Новосибирск, улица Ленинградская, 113, AleksT_2011@mail.ru

Tkach Alexey Andreevich
Master, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia, 630008, Novosibirsk,
Leningradskaya ulitsa, 113, AleksT_2011@mail.ru

Аннотация. Определение рисков и управление ими являются важнейшими элементами в сфере капитального строительства. Строительные проекты часто сталкиваются с изменениями в экономике и законодательстве. Это может включать колебания цен на материалы, изменения налогового законодательства, новые экологические требования и другие регуляторные изменения, которые могут повлиять на сроки и бюджеты проектов. Ошибки в оценке стоимости проекта, непредвиденные расходы и задержки могут привести к значительным финансовым потерям, в то время как эффективное управление рисками помогает минимизировать эти потери и обеспечить финансовую устойчивость проекта. Компании, которые успешно управляют рисками, могут более эффективно конкурировать на рынке, предлагая своим клиентам надёжные и экономически эффективные решения.

В статье рассмотрены особенности применения метода Монте-Карло для анализа рисков строительной системы. При-

Abstract. Risk identification and management are key elements in the field of capital construction. Construction projects often face changes in the economy and legislation. This may include fluctuations in material prices, changes in tax laws, new environmental requirements and other regulatory changes that may affect project deadlines and budgets. Errors in project cost estimation, unexpected expenses and delays can lead to significant financial losses. While effective risk management helps to minimize these losses and ensure the financial sustainability of the project. Companies that successfully manage risks can compete more effectively in the market, offering their clients reliable and cost-effective solutions.

The article discusses the features of using the Monte Carlo method for risk analysis of a construction system. Quantitative data are provided to assess the volumes of information arising

ведены количественные данные, позволяющие оценить возникающие при использовании данного метода объёмы информации. Обоснована необходимость реализации программного комплекса, автоматизирующего вычислительный процесс.

Детально описан алгоритм формирования статистической базы для дальнейшего анализа. Приведены основные характеристики рассматриваемой системы, дано описание реализованного программного комплекса и его возможностей. Отображены полученные с помощью программного комплекса гистограммы плотности распределения отклонений и вероятностей их возникновения.

Отмечена необходимость дальнейшего анализа полученных в результате исследования данных для возможности более эффективного управления рисками в сфере строительства.

Ключевые слова: управление рисками, метод Монте-Карло, строительство, программный комплекс, гистограмма отклонений.

from the use of this method. The need to implement a software package that automates the computational process is substantiated.

The algorithm for forming a statistical base for further analysis is described in detail. The main characteristics of the system under consideration are given, a description of the implemented software package and its capabilities is given. The histograms of the deviation distribution density and the probabilities of their occurrence obtained using the software package are displayed. The need for further analysis of the data obtained as a result of the study is noted for the possibility of more effective risk management in the construction sector.

Keywords: risk management, Monte Carlo method, construction, software package, histogram of deviations.

Таким образом, анализ и управление рисками в капитальном строительстве являются неотъемлемыми процессами, которые обеспечивают успешную реализацию проектов и устойчивое развитие строительной отрасли в целом.

Несмотря на большое количество исследований, посвящённых теме управления и анализа рисков строительных систем, актуальной остается проблема математического анализа таких систем.

Материалы и методы

Материалы и методы исследования: метод Монте-Карло, метод кластеризации, теория вероятности, теория надёжности, анализ, синтез, моделирование.

Результаты

Для оценки рисков по объектам капитального строительства необходимо провести всесторонний анализ статистических данных. Такой анализ позволит выявить вероятные источники рисков и оценить их влияние на проект. При этом источников риска может быть огромное количество – это и данные о качестве материалов, аварийности, производительности труда и о многих других аспектах, однако, как правило, последствия от возникновения всех этих рисков в строительной системе отражаются на двух основных параметрах: продолжительности и затратах [3]. Следовательно, изучение отклонений по продолжительности и стоимости от проектных значений на каждом этапе жизненного цикла строительного проекта является важным источником информации о рисках проекта [4]. В статье рассматриваются этапы жизненного

цикла за исключением этапа эксплуатации и сноса объекта.

Следует отметить, что выбор математического инструмента, способного описать поведение сложной вероятностной (стохастической) системы, подверженной влиянию как внешних, так и внутренних факторов риска, коей является строительное производство, является актуальной проблемой.

Одним из наиболее эффективных инструментов для обработки статистической информации и оценки рисков является метод Монте-Карло [5–6]. Этот метод основан на принципах случайного моделирования и позволяет оценить влияние неопределённости на результаты проекта. Суть метода заключается в многократном проведении симуляций, где входные параметры задаются в виде вероятностных распределений [7–8]. Например, вместо одного фиксированного значения стоимости материалов или времени выполнения работы задаётся диапазон возможных значений с определённой вероятностью для каждого из них.

Применение метода Монте-Карло позволяет:

- 1) учесть множество возможных сценариев развития событий;
- 2) оценить вероятность достижения проектных значений проекта;
- 3) определить риски, влияющие на достижение проектных параметров, требующие особого внимания;
- 4) разработать стратегические планы для минимизации негативных последствий влияния рисков.

На основании такого анализа можно получить более полное и реалистичное представление о возможных рисках и их влиянии на проект. Это, в свою очередь, способствует более обоснованному принятию решений и повышению общей эффективности управления проектом.

При этом количество данных, возникающее при использовании метода Монте-Карло, слишком велико, чтобы обрабатывать их вручную. Этот метод предполагает многократное проведение симуляций с различными входными параметрами, что приводит к генерации огромного объёма информации. Анализ и интерпретация таких данных требуют значительных временных и трудовых затрат, если выполняются вручную. Например, в процессе анализа рисков, возникших при строительстве трёх объектов капитального строительства, реализуемых в рамках национального проекта «Образование» в Новосибирской области, количество комбинаций возможных отклонений по продолжительности и стоимости на всех этапах жизненного цикла объектов достигло 4,74*1034. При строительстве семи объектов капитального строительства по национальному проекту «Здравоохранение» – 7,67*1046. Таким образом, актуальной становится задача автоматизации процесса обработки и анализа данных.

Обоснование реализации программного комплекса

Для решения поставленной задачи целесообразно реализовать программный комплекс. Это несёт следующие преимущества:

1. Повышенная точность и надёжность расчётов – автоматизация исключает человеческий фактор и вероятность ошибок, связанных с ручной обработкой данных. Программа обеспечивает использование точных алгоритмов и процедур для вычислений, что улучшает качество и достоверность результатов.
2. Экономия времени и ресурсов – автоматизация значительно сокращает время, необходимое для выполнения

громоздких вычислительных процессов. Снижение потребности в ручной работе позволяет перераспределить ресурсы на другие важные задачи, повышая скорость исследований.

3. Обработка большого объёма данных – программа способна эффективно обрабатывать огромные объёмы данных, что невозможно вручную. Многократные симуляции и анализ больших наборов данных выполняются быстрее и более эффективно.

4. Доступность и удобство использования – программа обеспечивает удобный интерфейс для пользователя, упрощая настройку и запуск вычислительных процессов. Интуитивно понятный интерфейс и автоматическая генерация делают работу с программой доступной для пользователей с различным уровнем технической подготовки.

5. Улучшенная визуализация данных – программа предоставляет мощные инструменты для визуализации результатов, включая графики, диаграммы, гистограммы и отчёты. Наглядное представление данных помогает лучше понять результаты анализа и принять обоснованные решения.

6. Повышенная оперативность принятия решений – быстрая обработка данных позволяет оперативно реагировать на изменения и принимать решения в реальном времени. Быстрая оценка рисков и разработка стратегий управления позволяют своевременно адаптировать план проекта.

7. Лёгкость интеграции и обновления – программу можно легко интегрировать с другими системами и базами данных, что упростит сбор и обработку данных в будущем.

Описание программного комплекса

Для возможности использования метода Монте-Карло для анализа сложной иерархической строительной системы (например, реализации национальных проектов или госпрограмм) выделены следующие уровни иерархии:

1. Программа (например, национальный проект).
2. Проект (например, множество объектов капитального строительства, реализуемых в рамках национального проекта).
3. Объект.
4. Этап жизненного цикла объекта (или виды работ).

Для каждого элемента уровня этапа жизненного цикла объекта моделью предусмотрены как плановые, так и фактические значения продолжительности и затрат. Следует отметить, что на данном уровне могут вноситься данные, касающиеся как непосредственно жизненного цикла объекта (за исключением этапа эксплуатации и сноса), так и отдельных видов работ, входящих в указанные этапы жизненного цикла; для уровней объекта, проекта и программы – только плановые значения указанных параметров.

Задача программного комплекса состоит в анализе фактических и плановых значений параметров в модели, нахождении возникших отклонений и на их основе создании достаточной статистической базы для дальнейшего анализа.

Рассмотрим объект N. Затраты приведены в рублях, а продолжительность – в месяцах (рисунок 1).

Первым шагом необходимо проанализировать этапы жизненного цикла данного объекта (рисунок 2).

Отклонение считается как разность между фактическим и плановым значением параметра (1):

$$\Delta_a = P_\phi - P_n. \tag{1}$$

Выбрано:

Объект N

Добавить этап жизненного цикла объекта

Удалить

Плановые значения:

Затраты: 186 000 480,00 Р

Продолжительность: 14,5

Рис. 1. Плановые значения характеристик объекта N
Fig. 1. Planned values of characteristics of object N

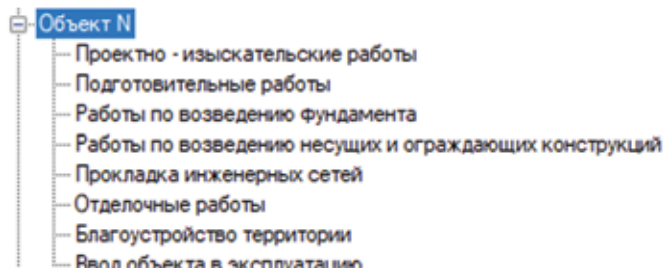


Рис. 2. Этапы жизненного цикла объекта N
Fig. 2. Stages of the life cycle of object N

Если плановое значение больше фактического, считаем, что отклонений не возникло. В случае если будет найдено отклонение – его будет необходимо перевести в процент от планового значения и внести в список возможных процентов отклонений по формуле (2):

$$\Delta_i = \frac{P_{\text{фi}} - P_{\text{пл}}}{P_{\text{пл}}}$$

(2)

Для параметра продолжительности и параметра затрат эти списки индивидуальны (рисунок 3).

Вторым шагом все плановые значения параметров по этапам жизненного цикла объекта необходимо собрать в два списка: один – по продолжительности, второй – по затратам.

Третий шаг – формирование всех возможных комбинаций плановых значений характеристик из списков со второго шага с возникшими отклонениями в процентах с первого шага (3):

$$C_j = \sum_{i=1,n} P_{\text{пи}} \cdot \Delta_j$$

(3)

№ комбинации отклонений	Элемент 1	Элемент 2	Элемент 3	...	Элемент n
1	+			...	
2		+		...	
3			+	...	
...				...	+
...	+	+		...	
...	+		+	...	
...	+			...	+
...	...	...	...	...	...
n	+	+	+	...	+

Табл. 1. Возможные комбинации отклонений по элементу уровня «Объект»
Tab. 1. Possible combinations of deviations for the "Object" level element

Выбрано:

Благоустройство территории

Добавить проект

Удалить

Плановые значения:

Затраты: 21 279 919,00 Р

Продолжительность: 5

Фактические значения:

Затраты: 21 320 000,00 Р

Продолжительность: 4

Рис. 3. Фактические и плановые значения характеристик для этапа «Благоустройство территории»
Fig. 3. Actual and planned values of characteristics for the stage "Landscaping of the territory"

То есть для каждого планового значения ставится в соответствие возможный процент отклонения (таблица 1).

На основе полученных данных можно построить пару гистограмм по каждому из параметров для рассматриваемого объекта. Это гистограмма плотности распределения отклонений и гистограмма плотности распределения вероятностей.

Для построения гистограмм весь диапазон отклонений разбивается на интервалы. Количество интервалов можно регулировать самостоятельно (рисунок 4).

Далее все отклонения распределяются по построенным интервалам. В интервалы гистограммы плотности распределения отклонений добавляются сами значения отклонений, а в соответствующие интервалы гистограммы плотности распределения вероятностей добавляются единицы, таким образом ведётся учёт количества отклонений, попавших в данный интервал.

После этого значение каждого интервала из гистограммы плотности распределения отклонений делится на значение соответствующего ему интервала из гистограммы плотности распределения вероятностей. Таким образом находится среднее значение на каждом интервале.

Параметры гистограммы:

Количество интервалов: 100

Рис. 4. Возможность задавать количество интервалов
Fig. 4. Possibility to set the number of intervals

Для каждого интервала из гистограммы вероятностей конечное значение определяется как количество значений в нём, делённое на общее количество значений. Это и есть вероятность попадания в данный интервал.

Последний этап – отображение полученных результатов (рисунки 5–6).

При расчёте и построении гистограмм для уровня проекта или программы сначала вычисляются все возможные отклонения на нижестоящих уровнях и затем переводятся в процент относительно плановых значений текущего уровня – проекта либо программы. После этого действия будут аналогичны процессу формирования гистограмм плотности распределения для объекта.

Полученные гистограммы в наглядной форме позволяют анализировать вероятность возникновения отклонений по продолжительности и затратам не только на каждом этапе жизненного цикла конкретного объекта капитального строительства, но и всей сложной строительной системы, такой, например, как реализация национального проекта.

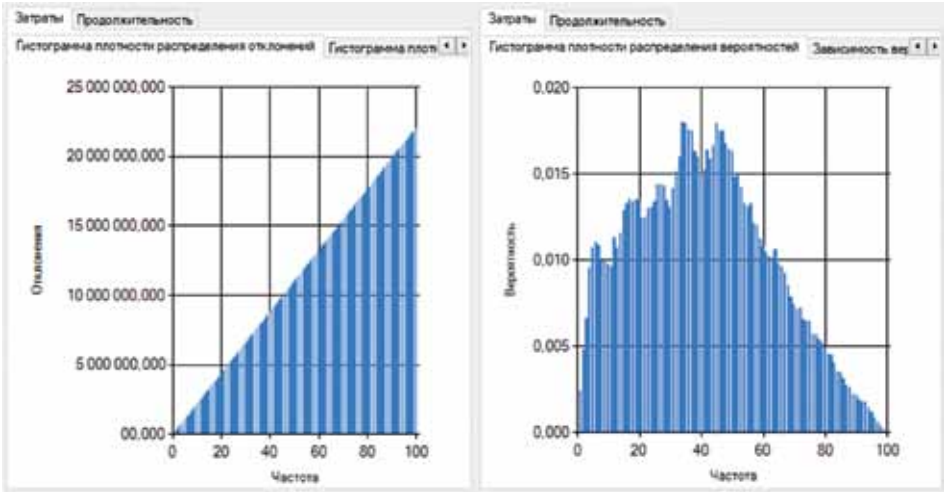


Рис. 5. Гистограммы плотности распределения отклонений и вероятностей по параметру затрат для объекта N
Fig. 5. Histograms of the distribution density of deviations and probabilities by the cost parameter for object N

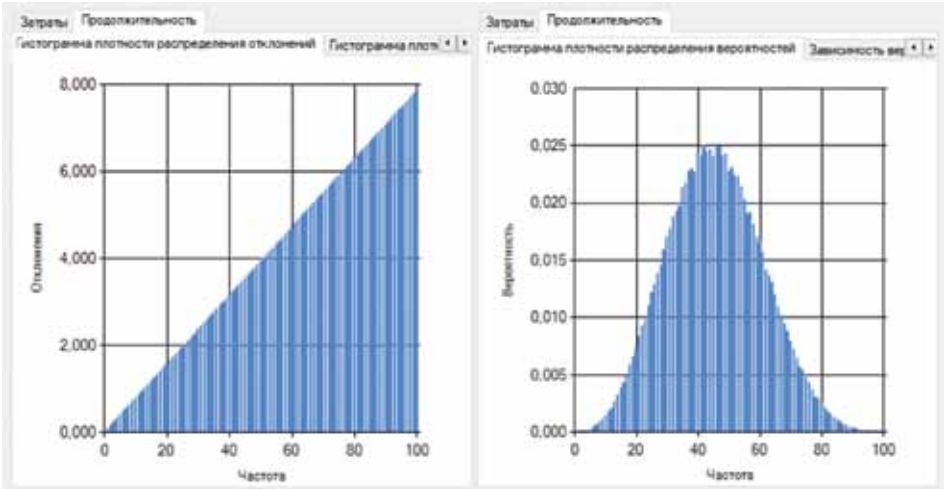


Рис. 6. Гистограммы плотности распределения отклонений и вероятностей по параметру продолжительности для объекта N
Fig. 6. Histograms of the distribution density of deviations and probabilities by the duration parameter for object N

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тихомирова, О. Г. Управление проектом: комплексный подход и системный анализ : монография / О. Г. Тихомирова. – Москва : ИНФРА-М, 2024. – 300 с.

2. Риск-менеджмент в строительстве : монография / О. Е. Астафьева, Н. А. Моисеенко, А. В. Козловский, Т. Ю. Шемякина, В. М. Серов. – Москва : ИНФРА-М, 2022. – 183 с.

3. Михальченко, О. Ю. Организационная надёжность планирования строительства объектов : дисс. ... канд. техн. наук : 05.23.08 / Михальченко Олег Юрьевич ; Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин). – Новосибирск, 2012. – 150 с.

4. Сафарян, Г. Б. Моделирование стохастических рисков в строительной системе / Г. Б. Сафарян, А. А. Липидус // Перспекти-

вы науки. – 2023. – № 12 (171). – С. 155–162.

5. Kroese, D. P. Statistical Modeling and Computation / D. P. Kroese, J. C. C. Chan. – DOI 10.1007/978-1-4614-8775-3. – New York : Springer, 2014. – 503 p.

6. Wasserman, L. All of Statistics: A Concise Course in Statistical Inference / L. Wasserman. – DOI: 10.1007/978-0-387-21736-9. – New York : Springer, 2004. – 528 p.

7. Михайлов Г. А. Статистическое моделирование. Методы Монте-Карло : учебное пособие для вузов / Г. А. Михайлов. – Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 323 с.

8. Graham, C. Stochastic Simulation and Monte Carlo Methods: Mathematical Foundations of Stochastic Simulation / C. Graham, D. Talay. – DOI:10.1007/978-3-642-39363-1. – New York : Springer, 2013. – 260 p.

REFERENCES

1. Tikhomirova, O. G. Upravlenie proyektom: kompleksnyj podkhod i sistemnyj analiz : monografiya [Project management: an integrated approach and systems analysis : monograph] / O. G. Tikhomirova. – Moscow : INFRA-M, 2024. – 300 p.

2. Risk-menedzhment v stroitel'stve : monografiya [Risk management in construction : monograph] / O. E. Astafyeva, N. A. Moiseenko, A. V. Kozlovsky, T. Yu. Shemyakina, V. M. Serov. – Moscow : INFRA-M, 2022. – 183 p.

3. Mikhachenko, O. Yu. Organizatsionnaya nadezhnost' planirovaniya stroitel'stva ob'ektov : kand. tekhn. nauk : 05.23.08 [Organizational reliability of facility construction planning : dis. ...Candidate of Technical Sciences : 05.23.08] / Mikhachenko Oleg Yuryevich; Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering. – Novosibirsk, 2012. – 150 p.

4. Safaryan, G. B. Modelirovanie stokhasticheskikh riskov v

stroitel'noy sisteme / G. B. Safaryan, A. A. Lapidus // Perspektivy nauki. – 2023. – № 12 (171). – Pp. 155–162.

5. Kroese, D. P. Statistical Modeling and Computation / D. P. Kroese, J. C. C. Chan. – DOI 10.1007/978-1-4614-8775-3. – New York : Springer, 2014. – 503 p.

6. Wasserman, L. All of Statistics: A Concise Course in Statistical Inference / L. Wasserman. – DOI: 10.1007/978-0-387-21736-9. – New York : Springer, 2004. – 528 p.

7. Mikhaylov, G. A. Statisticheskoe modelirovanie. Metody Monte-Karlo : uchebnoe posobiye dlya vuzov [Statistical modeling. Monte Carlo methods : a textbook for universities] / G. A. Mikhaylov. – Moscow : Izdatel'stvo Yurayt, 2024. – 323 p.

8. Graham, C. Stochastic Simulation and Monte Carlo Methods: Mathematical Foundations of Stochastic Simulation / C. Graham, D. Talay. – DOI:10.1007/978-3-642-39363-1. – New York : Springer, 2013. – 260 p.

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340_2024_3_36

Планирование продолжительности выполнения инструментального контроля на объектах промышленного и гражданского назначения

Planning the Duration of Instrumental Control at Industrial and Civil Sites

Топчий Дмитрий Владимирович

Доктор технических наук, доцент, профессор, заведующий кафедрой «Испытания сооружений», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, TopchiyDV@gic.mgsu.ru

Topchiy Dmitriy Vladimirovich

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, Head of the Department of Testing of Structures, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, TopchiyDV@gic.mgsu.ru

Мартос Виталий Валерьевич

Старший преподаватель кафедры технологии строительства, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ), Россия, 603950, Нижний Новгород, улица Ильинская, 65, martos13@mail.ru

Martos Vitaly Valerievich

Senior Lecturer at the Department of Construction Technology, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (NNGASU), Russia, 603950, Nizhny Novgorod, ulitsa Ilyinskaya, 65, martos13@mail.ru

Монахов Борис Евгеньевич

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологии и организация строительного производства», директор Института дистанционного образования, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, monahov@mgsu.ru

Monakhov Boris Evgenievich

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technologies and Organization Construction Production, Director of the Institute of Distance Education, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, monahov@mgsu.ru

Аннотация. Процесс ввода в эксплуатацию и поддержание объектов капитального строительства в работоспособном техническом состоянии подразумевает выполнение работ по инструментальному контролю, включающих обеспечение комплексной проверки требований к объекту капитального строительства, предъявляемых нормативно-технической документацией, современными средствами и методами контроля качества выполненных работ, что решается в рамках строительного и лабораторного контроля, а также при обследовании технического состояния здания.

Объём данных исследований и их сложность увеличивается по ряду причин: рост объёмов нового строительства и эксплуатируемого фонда зданий, в том числе промышленного назначения, требующих технического перевооружения или реконструкции; необходимость экспресс-оценки состояния зданий, повреждённых в результате ведения боевых действий. Конечно, ряд определяющих задач решается на предварительном этапе в рамках визуального исследования, но для принятия наиболее достоверного решения по дальнейшим действиям, влияющим на срок последующей эксплуатации объекта и стоимость восстановительных работ, необходимый и достаточный объём

Abstract. The process of commissioning and maintaining capital construction projects in good technical condition implies the performance of instrumental control work, including ensuring a comprehensive check of the requirements for the capital construction project, presented by regulatory and technical documentation, modern means and methods of quality control of the work performed, which is resolved within the framework of construction and laboratory control, as well as during the inspection of the technical condition of the building.

The volume of these studies and their complexity increases for a number of reasons: the growth in the volume of new construction and the operating stock of buildings, including industrial ones, requiring technical re-equipment or reconstruction; the need for an express assessment of the condition of buildings damaged as a result of military actions. Of course, a number of defining tasks are solved at the preliminary stage within the framework of a visual study, but for making the most reliable decision on further actions affecting the term of subsequent operation of the object and the cost of restoration work, the necessary and

Введение

Несмотря на существующее многообразие приборных возможностей, имеющейся теоретической и практической базы фактически отсутствует методика оптимизации подбора средств измерений для выполнения инструментального контроля, отсутствуют требования по составу средств измерений, по составу вспомогательного оборудования, необходимого для выполнения работ.

В результате объективность определения сроков выполнения работ подвергается сомнению, что отрицательно сказывается на планируемых проектных и последующих строительно-монтажных и специальных работах в ходе эксплуатации объекта.

В связи с широким охватом и разнообразием в исследуемом вопросе получения оптимального комплекта средств инструментального измерения и вспомогательного оборудования [1–3] необходимо внедрение современных цифровых технологий обработки данных. Пример таких решений всё больше способствует развитию отрасли в целом [4–6]. Например, можно систематизировать информацию по оборудованию, которое может использоваться для планирования исследовательских и контрольных мероприятий.

Такой массив данных можно встретить в отечественной [7–9] и зарубежной литературе [10; 11]. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий, разра-

инструментальных измерений является определяющим. Оба этапа в различном составе включают выполнение измерений, которые в итоге становятся основой организационно-технологического планирования инструментального контроля в целом.

В представленной публикации исследуется задача оптимизации оценки продолжительности выполнения инструментального контроля. Средства инструментальных измерений и методики их применения развиваются по разным направлениям: по диапазону объёмов исследования в единицу времени, скорости обработки информации, эргономики применения и т. п. Нормативно-техническая и рекомендательная документация может не содержать всей полноты информации, необходимой для принятия решений по подбору как самих средств измерения и необходимого вспомогательного оборудования, так и для проектируемой предварительной оценки продолжительности предстоящих работ.

Ключевые слова: комплексное обследование зданий, техническое состояние, инструментальный контроль, инструментальные измерения, технологические процессы, база данных, программа ЭВМ.

sufficient volume of instrumental measurements is decisive. Both stages in different composition include measurements, which eventually become the basis for organizational and technological planning of instrumental control as a whole.

The presented publication examines the problem of optimizing the assessment of the duration of instrumental control. Instrumental measurement tools and methods of their application are developing in different directions: in terms of the range of research volumes per unit of time, information processing speed, ergonomics of application, etc. Normative, technical and advisory documentation may not contain all the information necessary for making decisions on the selection of both the measuring tools themselves and the necessary auxiliary equipment, and for the projected preliminary assessment of the duration of the upcoming work.

Keywords: comprehensive inspection of buildings, technical condition, instrumental control, instrumental measurements, technological processes, database, computer program.

ботанное АО «ЦНИИпромзданий» в 1997 г. [12], также содержит данную информацию и указывает на проблематику «разнообразия ... применяемых измерительных средств и методов обработки и обобщения результатов», но актуализации не подвергалось по настоящее время.

Однако, если рассматривать как основу [9], можно с уверенностью утверждать, чтобы специалист мог грамотно анализировать и выбирать оборудование на основе сравнения, требуются цифровые способы представления информации [4]. А в случае рассмотрения задачи с точки зрения оценки сроков выполнения инструментальных измерений оптимальным комплектом напрашивается внедрение элементов программного расчёта в зависимости от заданных исходных данных.

Целью выполняемого исследования является автоматизация методики определения продолжительности применения оптимального комплекта средств измерений и вспомогательного оборудования при планировании инструментального контроля.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

- проанализировать существующие данные и провести работу по сбору сведений по различным средствам инструментальных измерений;
- автоматизировать алгоритм формирования оптимального комплекта средств инструментальных из-

мерений и вспомогательного оборудования;

- выполнить автоматизацию процедуры определения продолжительности планируемых работ по инструментальному контролю с применением оптимального комплекта;
- осуществить внедрение разработанной методики подбора оптимального комплекта с расчётом продолжительности работы им.

Объект исследования – промышленные и гражданские здания, которые, ввиду прошедшего периода эксплуатации или планируемых работ по вводу или реконструкции, подлежат инструментальному контролю.

Предмет исследования – подготовительные и основные процессы, выполняемые в ходе инструментального контроля при возведении, эксплуатации и реконструкции зданий.

Материалы и методы

Исследование заключается в сборе, систематизации, хранении, обработке информации, касающейся современных средств измерений и вспомогательного оборудования, необходимого для выполнения инструментального контроля на объектах капитального строительства.

Предлагаются к рассмотрению цифровые решения внедрения методики подбора оптимального комплекта средств измерений и вспомогательного оборудования для инструментального контроля и возможность корректно рассчитывать и сокращать сроки выполнения работ и затрат на них.

Результаты

В рамках инструментального контроля могут выполняться следующие виды работ [1]: определение геометрических параметров объекта исследования (обмерные работы), определение физико-механических свойств объекта исследования и среды, определение параметров дефектов и повреждений объекта исследования, изучение внутренней структуры конструкции и выявление скрытых дефектов и повреждений объекта исследования.

По приведённым видам работ и составляющим их процессам может выполняться многочисленное число операций различными методами, способами и средствами для оценки многочисленных искомых характеристик объекта исследования, указанных в нормативно-технической документации. Известно, что для выполнения одной и той же операции (определения какой-либо характеристики) могут применяться различные средства измерения со своим набором свойств и особенностей применения, что зачастую может поставить в тупик или вообще не привести к результату в нужные сроки и в рамках возможных затрат. Сравнение и анализ средств измерения проводятся по различным методам [13–17], конструкциям [17–20], комплексному применению и объёмам контроля [21–24], особенно выделяется контроль на объектах транспортной инфраструктуры [25–27], опыт которого применим и на зданиях и сооружениях. Эти особенности можно указать как параметры влияния на подбор средства измерения и вспомогательного оборудования.

Сравнительная оценка эффективности каждого из методов приводится различными учёными [20; 27], в единичных случаях оценивается трудоёмкость и стоимость применения каждого метода [28], однако не оценивается именно стоимость работы подбираемым комплектом в целом под поставленные задачи, включая применение вспомогательного оборудования. Последнее не раскрывается в достаточном объёме в представленных исследованиях за редким исключением [3], а это напрямую влияет на качество и трудоёмкость работ.

Параметры влияния на подбор связаны непосредственно с самим средством измерения и определяют эффективность по конкретному критерию. С целью увязки параметров со средствами измерения была выполнена систематизация их характеристик.

Учитывая это, была сформирована максимально полная база данных всех возможных инструментальных средств измерений по блокам: исследование грунтов основания, всех видов инженерных сетей, каменных, моно-



Рис. 2. Классификация объектов исследования при инструментальном контроле
Fig. 2. Classification of research objects in instrumental control

литных и сборных железобетонных, металлических, деревянных конструкций, с привязкой к потенциальному вспомогательному оборудованию.

На рисунке 1 представлен фрагмент сбора сведений по средствам измерения. На рисунке 2 – фрагмент анализа комплекта под конкретные внешние параметры, ограничивающие выбор относительно характеристик объекта исследования в соответствии с разработанной классификацией.

Разработанной базе данных присвоено наименование «Инструментальные измерения». База данных предназначена для хранения и обработки информации, касаю-

щейся современных средств инструментальных измерений и вспомогательного оборудования, необходимого для выполнения инструментального контроля на промышленных и гражданских объектах. Принципиальная структура базы данных представлена на рисунке 3.

Каждое описываемое средство измерения структурируется по набору ряда параметров, представленных в таблице 1.

В составе базы данных представлены сведения по:
1) описанию различных средств инструментального измерения и поиск по средствам инструментальных измерений, методам измерения, видам работ;

Данные о средствах инструментальных измерений					
Наименование средства инструментального измерения	Прибор Silver Schmidt	Наличие в собственности или в аренде	Требования к квалификации персонала	Средние	
Область применения (описание)	Средство измерения для контроля и оценки прочности бетона	Температура применения, град. С	Необходимое вспомогательное оборудование	Шлифовальный камень; Элементы питания (батарейки, аккумуляторы и т.д.)	
Описание метода и способа измерения	Применяется на практике наиболее массовый. Метод упругого отскока основан на зависимости баллистического индекса от прочности	Трудоёмкость подготовительных процессов, чел.-мин.	9	Тип испытания	Разовое испытание
Физический принцип	Механический	Трудоёмкость основных процессов, чел.-мин.	12	Требования к оборудованию	Оборудование должно быть повернуто (калибровано), проверен расчёт прочности. При применении данных используется градуировочная зависимость
Область применения (по видам работ)	Определения физико-механических свойств объекта исследования и среды	Оценка стоимости оборудования	Средние	Варианты комбинации с другими методами	Комбинация применения с ультразвуковыми методами измерения (методом Solov'ev)
Область применения (по виду элементов объекта исследования)	Строительная конструкция	Объём испытаний на единицу строительной продукции (на 1 участок)	10-15	Преимущества	Данные о результатах можно получить непосредственно на объекте исследования, простота применения.
Ограничения по применению	Исследуется только состояние поверхности слоя бетона конструкции. Результат подвержен влиянию различных факторов. В приборе используется	Сведения о точности (при наличии сведений)	В пределах точности от ±15 до ±20%	Недостатки	Требуется подготовка поверхности
Примеры обнаруживаемых дефектов и повреждений	Участки (конструкции) с низкой прочностью бетона	Требования к участку испытания	Минимальное, требуется подготовка поверхности	Комментарии	Метод упругого отскока обеспечивает недорогой и быстрый способ неразрушающего испытания бетона в лаборатории и непосредственно на строительной площадке. Точность измерения прочности бетона с
Оцениваемые физико-механические свойства	Прочностные свойства материала конструкции	Примерный объём возможных повреждений	Отсутствует	Полезные ссылки	https://www.silver-schmidt.com/en/products/silver-schmidt-s200
Характеристики (по степени влияния на конструкцию)	Неразрушающий	Индивидуальный критерий предпочтительности, расчётный	0,029	Пример применения (фото)	
Нормативно-технические ссылки	ГОСТ 22690, BS 1881-202, BS EN 12504-2, ASTM C806, C806M-08, ISO 228-18-03	Пример результатов (табличные значения)		Пример результатов (табличные значения)	

Рис. 1. Пример рабочего окна сбора данных о средствах инструментальных измерений
Fig. 1. Example of a window for working with a database of instrumental measurement tools



Рис. 3. Общая структура базы данных «Инструментальные измерения»
Fig. 3. Basic structure of the database «Instrumental measurements»

№ пп.	Наименование параметров/характеристик средств измерения
1.	Наименование средства инструментального измерения
2.	Область применения (описание)
3.	Описание метода и средств контроля
4.	Физический принцип (описание)
5.	Область применения (по видам работ)
5.1.	Определение геометрических параметров объекта исследования (обмерные работы)
5.2.	Определение физико-механических свойств объекта исследования и среды
5.3.	Определение параметров дефектов и повреждений объекта исследования
5.4.	Изучение внутренней структуры конструкции и выявление скрытых дефектов и повреждений объекта исследования
6.	Область применения (по виду элементов объекта исследования)
6.1.	Бетонные и железобетонные конструкции
6.2.	Каменные и армокаменные конструкции
6.3.	Металлические конструкции
6.4.	Деревянные конструкции
7.	Ограничения по применению
7.1.	Вид конструкции – горизонтальная/вертикальная конструкция
7.2.	Характеристика сечения – с углами / без углов
7.3.	Положение в пространстве – требуется доступ на высоте
8.	Примеры обнаруживаемых дефектов и повреждений
9.	Оцениваемые физико-механические свойства
9.1.	Оценка и контроль прочности
9.2.	Оценка степени развития коррозии
10.	Объём испытаний на единицу строительной продукции (при наличии сведений)
11.	Наличие в собственности или в аренде
12.	Температура применения
12.1.	Минимальная
12.2.	Максимальная
13.	Трудоёмкость подготовительных процессов, чел.-мин.
14.	Трудоёмкость основных процессов, чел.-мин.
15.	Стоимость оборудования – высокая/средняя/низкая
16.	Сведения о точности (при наличии сведений)
17.	Требования к участку испытания
18.	Характеристики
18.1.	Физический принцип метода – визуальный / электрический или электромагнитный / акустический / химический / механический / другой
18.2.	По степени влияния на конструкцию – неразрушающий / локального разрушения / разрушающий
19.	Примерный объём возможных повреждений участка испытаний после выполненных измерений
20.	Нормативно-технические ссылки
21.	Требования к квалификации персонала – высокие/средние/низкие
22.	Необходимое вспомогательное оборудование (выбор из списка галочками «что подходит» либо автоматически)
22.1.	Элементы питания (батарейки)
22.2.	Подключение к электричеству
22.3.	Наличие перфоратора
22.4.	Расходный материал (бур)
22.5.	Шлифовальный камень
22.6.	Смазывающий гель
22.7.	Средства подмащивания (лестница) и т. п.
23.	Тип испытания – разовое испытание / мониторинг
24.	Требования к оборудованию
25.	Варианты комбинации с другими методами
26.	Преимущества
27.	Недостатки
28.	Комментарии
29.	Пример применения (фото)
30.	Пример результатов (табличные значения)
31.	Полезные ссылки

Табл. 1. Перечень параметров описания средств измерения
Tab. 1. List of described parameters of measuring instruments

- представлен состав и варианты вспомогательного оборудования;

2) определённым экспертным путём критериям предпочтительности средств измерений и вспомогательного оборудования;

3) возможным комплектам средств измерения и вспомогательного оборудования с привязкой к исследуемым грунтам основания, всем видам инженерных
- сетей, каменных, монолитных и сборных железобетонных, металлических, деревянных конструкций, с привязкой к потенциальному вспомогательному оборудованию для проведения работ по обследованию;

4) трудоёмкости применения средств измерения;

5) выявленным оптимальным комплектам средств измерения и вспомогательного оборудования;



Рис. 4. Общая структура программы ЭВМ «Инструментальный контроль»
Fig. 4. The basic structure of the computer program «Instrumental control»

- 6) продолжительности подготовительных и основных процессов выполнения работ оптимальным комплектом средств инструментальных измерений и вспомогательного оборудования;
- 7) статистике реализованных проектов (выполняемым объектам).
- Следующим шагом был этап разработки программы ЭВМ «Инструментальный контроль» (Регистрационный номер № 2024664551), которая предназначена для оптимизации применения оптимального комплекта средств измерений и вспомогательного оборудования и выполнения расчёта продолжительности работ по инструментальному контролю. Принципиальная структура программы ЭВМ представлена на рисунке 4.
- Программа ЭВМ «Инструментальный контроль» работает в связке с базой данных «Инструментальные измерения». На основании введённых данных о предполагаемых грунтах основания, функциональном назначении и конструктивном решении объекта, о составе исследуемых инженерных систем и строительных конструкций, о геометрических параметрах объекта пользователь может получить:
- 1) состав оптимального комплекта средств измерений и вспомогательного оборудования;

2) сведения о продолжительности работ представленным оптимальным комплектом.
- Программа ЭВМ позволяет:
- сократить сроки оценки продолжительности работ по инструментальным измерениям;

– сократить сроки подготовительных процессов ввиду доступности информации с применением програм-

мы ЭВМ;

– сохранять все данные по рассматриваемому проекту с целью возможной последующей корректировки оптимального комплекта и трудозатрат.

Работа с программой ЭВМ подразумевает сохранение информации по каждому объекту исследования с указанием сведений по ответственному лицу, выполняющему анализ данных и подготовку к проведению инструментального контроля (например, при комплексном обследовании технического состояния здания).

Разработанная методика и результаты были внедрены при планировании и выполнении работ на ряде объектов различного назначения. На представленной схеме (см. рисунок 5) в упрощённом виде представлена последовательность ввода и вывода данных при рассмотрении любого объекта. При внедрении выполнены дублирование применения разработанных решений и работа по ранее традиционным подходам («по старому»).

Пример № 1 – объект промышленного назначения. Проектируемые значения работы оптимальным комплектом для заданных условий составили до 57,63 чел.-дн. при составе звена в 2 инженера. По факту выполнение инструментальных работ на объекте составило группой инженеров из 4 человек 32 чел.-дн. Рабочая смена предусматривается длительностью 8 часов.

Однако на данном примере более важны следующие выводы. Был проанализирован подобранный по факту исполнителями состав средств измерения и было выявлено следующее:

– отсутствие в перечне необходимого оборудования и, соответственно, недостаток данных по результатам прове-

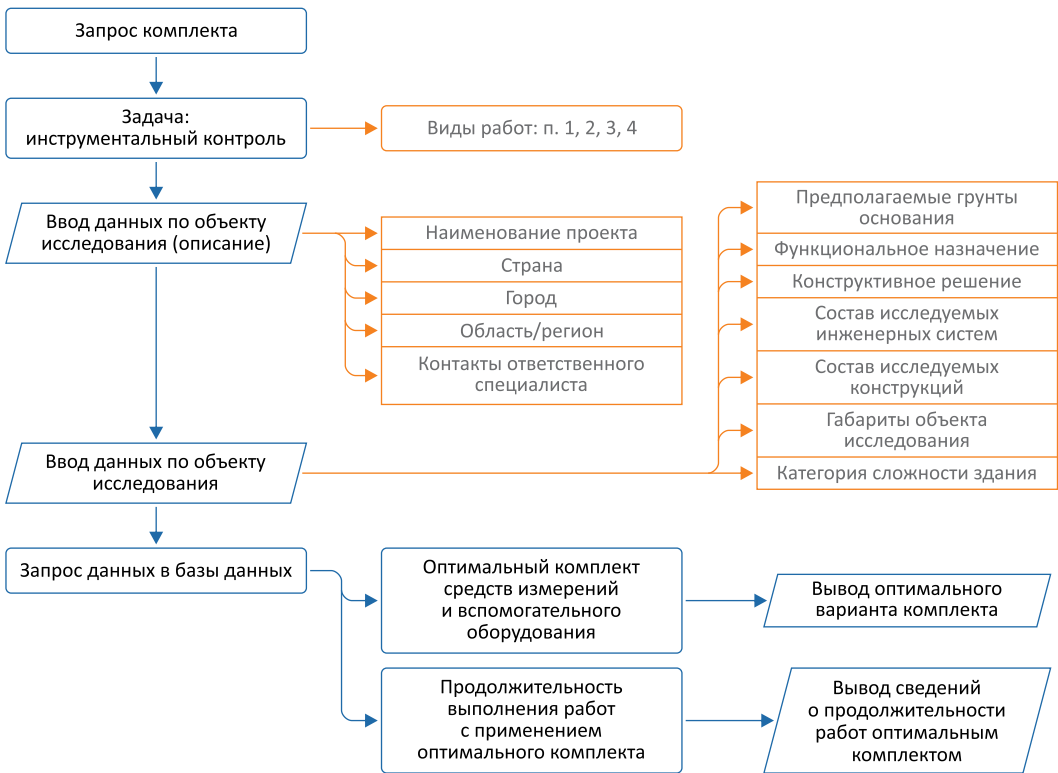


Рис. 5. Схема последовательности ввода и вывода данных при рассмотрении объекта исследования
Fig. 5. Scheme of the sequence of input and output of data when considering the object of study

№ п/п	Перечень средств инструментальных измерений	Перечень вспомогательного оборудования									
		Измерительная лента (рулетка)	Портативная станция с компьютером	Навесная аппаратура с питанием от сети 220 В	Резервный аккумулятор (батарей)	Штативы для камер	Съемочный пульт	Устройство для фиксации данных (фото, видео)	Резервный аккумулятор (батарей)	Устройство для фиксации данных (фото, видео)	Средства индивидуальной защиты
1	Комплект ВПК										+
2	Двухметровая рейка (уровень)										
3	Тахеометр	+									
4	Лазерный измеритель расстояний	+									
5	Испытательный пресс (для испытания образцов камня, отобранных на объекте)		+	+	+			+	+	+	
6	Испытательный пресс (для испытания образцов раствора, отобранных на объекте)		+	+	+			+	+		
7	Прибор Schmidt (прочность раствора)					+					+
8	Прибор Schmidt (прочность камня)					+					+
9	Измеритель прочности сцепления раствора ОННКС-Оп	+									
10	Прибор "ПКСО" (скальное прослушивание)	+					+				+

Продолжительность выполнения работ, чел.-час.		
Определение геометрических параметров объекта исследования (обмерные работы)	Подг.	4,20
Определение физико-механических свойств объекта исследования и среды	Осн.	21,02
Определение параметров дефектов и повреждений объекта исследования	Осн.	1,66
Изучение внутренней структуры и выявление скрытых дефектов и повреждений объекта	Подг.	11,45
	Осн.	1,91
	Подг.	12,75
	Осн.	2,42
	Осн.	15,94
Всего при планировании всех работ (состав звена 2 инженера)	чел.-час.	71,36
	чел.-дн.	8,92

Рис. 6. Пример оптимального комплекта и оценки продолжительности работ
Fig. 6. An example of an optimal set and estimating the duration of work

дённных работ;
– отсутствие привязки подобранных средств измерения к конкретным задачам;

– дублирование функций отдельных средств измерения (например, геодезическое оборудование).
Подобранный по разработанной методике комплект указывает на следующие результаты: более значительное число средств измерения и оборудования. Однако при соответствующей подготовке на этапе подготовительных работ часть оборудования допускается уменьшить либо необходимость применения установить уже на объекте. Но в любом случае исключается вероятность невыполнения нужных исследований и, соответственно, минимизация риска получения некачественного отчёта по результатам инструментального контроля.
Пример № 2 – объект гражданского назначения (общественное здание) – административно-бытовой корпус. Исследованию подлежали только строительные конструкции без инженерных сетей. При задании условий продолжительность параллельного выполнения работ оптимальным комплектом показала следующие результаты:

1. Проектируемая продолжительность выполнения работ показала эффект в 10,8 %;
2. Фактическая трудоёмкость выполнения работ уменьшена на 12 %;
3. Экономический эффект составил 355 тыс. руб. с учётом всех прямых затрат и накладных расходов, что составляет 13 % от договорной стоимости работ по обследованию.

Пример выводимых данных представлен на рисунке 6.
Обсуждение

Выполнена систематизация средств инструментальных измерений и вспомогательного оборудования с выделением параметров отбора вариантов их применения и комбинации. Предложенные в данном исследовании решения позволяют автоматизировать работу по внедрению методики подбора оптимального комплекта средств измерений и вспомогательного оборудования для проведения инструментального контроля и дают возможность

специалисту оперативно и корректно рассчитывать и сокращать сроки выполнения работ и затрат на них.

Заключение

Выполнено внедрение результатов представленных разработок, которые уже на начальном этапе показали эффективность и будут продолжать совершенствоваться

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Топчий, Д. В. Пути обоснования оптимального комплекта средств инструментальных измерений для комплексного обследования зданий / Д. В. Топчий, В. В. Мартос // Строительное производство. – 2024. – № 1. – С. 12–20.

2. Лapidус, А. А. Организация работ по обследованию зданий и сооружений / А. А. Лapidус, Д. В. Топчий. – DOI 10.33622/0869-7019.2023.03.12-15 // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 3. – С. 12–15.

3. Исаков, А. В. Факторы, влияющие на достоверность результатов неразрушающего контроля бетона конструкций эксплуатируемых сооружений (из опыта обследований) / А. В. Исаков, В. Г. Штенгель // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б. Е. Веденеева. – 2021. – Т. 301. – С. 85–108.

4. Fayek, A. R. Fuzzy logic and fuzzy hybrid techniques for construction engineering and management / A. R. Fayek // Journal of Construction Engineering and Management. – 2020. – Vol. 146, No. 7. – Art. 04020064. – URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001854](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001854).

5. Boiko, A. Data-driven construction: Navigating the Data Age in the Construction Industry A. Boiko. – 2024. – 275 p.

6. Saleh, E. F. A comprehensive evaluation of existing and new model-identification approaches for non-destructive concrete strength assessment / E. F. Saleh, A. N. Tarawneh, H. N. Katkhuda // Construction and Building Materials. – 2022. – Vol. 334. – Art. 127447. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127447>.

7. Зубков, В. А. Определение прочности бетона : учебное пособие для студентов строительных специальностей / В. А. Зубков. – Москва : ACB, 1996. – 120 с.

8. Методы контроля качества материалов и строительных конструкций. Лабораторный практикум / А. А. Шилин, А. М. Кириленко, А. И. Загоршнев и др. ; под ред. проф., д-ра техн. наук А. А. Шилина. – Москва : Горная книга : Издательство Московского государственного горного университета, 2009. – 319 с.

9. Бадьин, Г. Справочник по измерительному контролю качества строительных работ / Г. Бадьин. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2010. – 464 с.

10. NDT-Toolbox (Non Destructive Testing Toolbox) : Sustainable Bridges Background document SB 3.16 / R. Helmerich et al. – 2007.

11. A Plan for Developing High-Speed, Nondestructive Testing Procedures for Both Design Evaluation and Construction Inspection / A. J. Wimsatt et al. – USA : SHRP 2, 2009.

12. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий / АО "ЦНИИПромзданий". – Москва, 1997. – 222 с.

13. Patel, R. Review on Non-Destructive Testing (NDT) Techniques: Advances. Researches and Applicability / R. Patel, D. Patel, D. Meshram. – DOI 10.47191/ijcsrr/V5-i4-59 // International Journal of Current Science Research and Review. – 2022. – Vol. 5, Iss. 4. – Pp. 1342–1355.

14. Schabowicz, K. Non-destructive testing of materials in civil engineering / K. Schabowicz // Materials. – 2019. – Vol. 12, No. 19. – P. 3237. – URL: <http://doi:10.3390/ma12193237>.

авторами-разработчиками. Результатом внедрения представленных решений является до 10–15 % сокращение сроков, трудоёмкости и стоимости работ при улучшении качественного уровня организации работ в части планирования.

15. Rathod, H. Sub-surface simulated damage detection using Non-Destructive Testing Techniques in reinforced-concrete slabs / H. Rathod, R. Gupta // Construction and Building Materials. – 2019. – Vol. 215. – Pp. 754–764. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.223>.

16. Богданов, А. Н. Строительный контроль методом наземного лазерного сканирования / А. Н. Богданов, Я. А. Листратов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – № 4 (50). – С. 401–409.

17. Historical masonry buildings' condition assessment by non-destructive and destructive testing / J. R. Krentowski, P. Knyziak, J. A. Pawłowicz et al. // Engineering Failure Analysis. – 2023. – Vol. 146. – Art. 107122. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107122>.

18. Лapidус, А. А. Особенности проведения геодезического контроля в рамках надзора за строительными объектами города Москвы / А. А. Лapidус, А. Я. Токарский, В. Н. Назаров. – DOI 10.54950/26585340_2023_1_27 // Строительное производство. – 2023. – № 1. – С. 27–35.

19. Пурина, Е. А. Анализ методов проведения строительного контроля при монтаже металлических ферм / Е. А. Пурина, П. А. Волчкова // Технология и организация строительного производства. – 2017. – № 3 (4). – С. 18–21.

20. Sharma, K. Analysis of Non-destructive Testing for Improved Inspection and Maintenance Strategies / K. Sharma // e-Journal of Nondestructive Testing. – 2023. – Vol. 28, Iss. 7. – URL: <https://doi.org/10.58286/28287>.

21. Breyse, D. Non-destructive assessment of concrete structures: Reliability and limits of single and combined techniques : State-of-the-art report of RILEM Technical committee TC 207-INR / D. Breyse. – Springer, 2012. – 388 p.

22. Description of the general outlines of the French project SENSQ–Quality assessment and limits of different NDT methods / J. P. Balayssac, S. Laurens, G. Arliguie et al. // Construction and Building Materials. – 2012. – Vol. 35. – Pp. 131–138. – URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.03.003>.

23. Recommendation of RILEM TC249-ISC on non destructive in situ strength assessment of concrete / D. Breyse, J.-P. Balayssac, S. Biondi et al. // Materials and structures. – 2019. – Vol. 52. – Art. 71. – URL: <https://doi.org/10.1617/s11527-019-1369-2>.

24. Lim, M. K. Combining multiple NDT methods to improve testing effectiveness / M. K. Lim, H. Cao // Construction and building materials. – 2013. – Vol. 38. – Pp. 1310–1315. – URL: <https://doi:10.1016/j.conbuildmat.2011.01.011>.

25. Automated rebar recognition and corrosion assessment of concrete bridge decks using ground penetrating radar / N. Faris, T. Zayed, A. Fares et al. // Automation in Construction. – 2024. – Vol. 166. – Art. 105631. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105631>.

26. The economic impact of implementing nondestructive testing of reinforced concrete bridge decks in Indiana / B. R. Taylor, Y. Qiao, M. D. Bowman et al. – 2016. – URL: <https://doi.org/10.5703/1288284316343>.

27. Lee, S. Bridge inspection practices using non-destructive testing methods / S. Lee, N. Kalos // Journal of Civil Engineering

and Management. – 2015. – Vol. 21. – No. 5. – Pp. 654–665. – URL: <https://doi.org/10.3846/13923730.2014.890665>.

28. Hesse, A. A. Using expert opinion to quantify uncertainty in and cost of using nondestructive evaluation on bridges /

REFERENCES

- Topchiy, D. V. Puti obosnovaniya optimal'nogo kompleksa sredstv instrumental'nykh izmerenij dlya kompleksnogo obsledovaniya zdaniy [Ways to justify the optimal set of instrumental measuring tools for a comprehensive survey of buildings] / D. V. Topchiy, V. V. Martos // Stroitel'noye proizvodstvo [Construction production]. – 2024. – No. 1. – Pp. 12–20.
- Lapidus, A. A. Organizatsiya rabot po obsledovaniyu zdaniy i sooruzhenij [Organization of work on the inspection of buildings and structures] / A. A. Lapidus, D. V. Topchiy. – DOI 10.33622/0869-7019.2023.03.12-15 // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo [Industrial and civil engineering]. – 2023. – No. 3. – Pp. 12–15.
- Isakov, A. V. Faktory, vliyayushhiye na dostovernost' rezul'tatov nerazrushayuschego kontrolya betona konstruksij ehkspluatiruyemykh sooruzhenij (iz opyta obsledovaniy) [Factors influencing the reliability of the results of non-destructive testing of concrete structures of operated structures (from survey experience)] / A. Isakov, V. G. Shtengel // Izvestiya Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo Instituta gidrotekhniki im. B. Ye. Vedeneeva [Proceedings of the All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering named after B. E. Vedeneev]. – 2021. – Vol. 301. – Pp. 85–108.
- Fayek, A. R. Fuzzy logic and fuzzy hybrid techniques for construction engineering and management / A. R. Fayek // Journal of Construction Engineering and Management. – 2020. – Vol. 146, No. 7. – Art. 04020064. – URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001854](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001854).
- Boiko, A. Data-driven construction: Navigating the Data Age in the Construction Industry A. Boiko. – 2024. – 275 p.
- Saleh, E. F. A comprehensive evaluation of existing and new model-identification approaches for non-destructive concrete strength assessment / E. F. Saleh, A. N. Tarawneh, H. N. Katkhuda // Construction and Building Materials. – 2022. – Vol. 334. – Art. 127447. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127447>.
- Zubkov, V. A. Opredelenie prochnosti betona : uchebnoe posobie dlya studentov stroitel'nykh spetsial'nostej [Determination of concrete strength: a textbook for students of construction specialties] / V. A. Zubkov. – Moscow : ASV, 1996. – 120 p.
- Shilin, A. A. Metody kontrolya kachestva materialov i stroitel'nykh konstruksij. Laboratornyj praktikum [Methods of quality control of materials and building structures. Laboratory practical training] / A. A. Shilin, A. M. Kirilenko, A. I. Zakorshmennyy i dr. ; pod red. prof., d-ra tekhn. nauk A. A. Shilina. – Moscow : Gornaya kniga : Izdatel'stvo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 2009. – 319 p.
- Badin, G. Spravochnik po izmeritel'nomu kontrolyu kachestva stroitel'nykh rabot [Handbook of measuring quality control of construction works] / G. Badin. – St. Petersburg : BHV-Peterburg, 2010. – 464 p.
- NDT-Toolbox (Non Destructive Testing Toolbox) : Sustainable Bridges Background document SB 3.16 / R. Helmerich et al. – 2007.
- A Plan for Developing High-Speed, Nondestructive Testing Procedures for Both Design Evaluation and Construction Inspection / A. J. Wimsatt et al. – USA : SHRP 2, 2009.
- Posobiye po obsledovaniyu stroitel'nykh konstruksij zdaniy [Manual for inspection of building structures] / AO "TS-NIIPromzdaniy". – Moscow, 1997. – 222 p.
- Patel, R. Review on Non-Destructive Testing (NDT) Techniques: Advances. Researches and Applicability / R. Patel, D. Patel, D. Meshram. – DOI 10.47191/ijcsrr/V5-i4-59 // International

A. A. Hesse, R. A. Atadero, M. E. Ozbek // Advances in Civil Engineering. – 2017. – Vol. 2017. – No. 1. – Art. 7925193. – URL: <https://doi.org/10.1155/2017/7925193>.

- Journal of Current Science Research and Review. – 2022. – Vol. 5, Iss. 4. – Pp. 1342–1355.
- Schabowicz, K. Non-destructive testing of materials in civil engineering / K. Schabowicz // Materials. – 2019. – Vol. 12, No. 19. – P. 3237. – URL: <http://doi.org/10.3390/ma12193237>.
- Rathod, H. Sub-surface simulated damage detection using Non-Destructive Testing Techniques in reinforced-concrete slabs / H. Rathod, R. Gupta // Construction and Building Materials. – 2019. – Vol. 215. – Pp. 754–764. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.223>.
- Bogdanov, A. N. Stroitel'nyj kontrol' metodom nazemnogo lazernogo skanirovaniya [Construction control by the method of terrestrial laser scanning] / A. N. Bogdanov, Ya. A. Listratov // Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Bulletin of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering]. – 2019. – No. 4 (50). – Pp. 401–409.
- Historical masonry buildings' condition assessment by non-destructive and destructive testing / J. R. Krentowski, P. Knyziak, J. A. Pawłowicz et al. // Engineering Failure Analysis. – 2023. – Vol. 146. – Art. 107122. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107122>.
- Lapidus, A. A. Osobennosti provedeniya geodezicheskogo kontrolya v ramkakh nadzora za stroitel'nymi ob'yektami goroda Moskvy [Features of conducting geodetic control within the framework of supervision of construction projects of the city of Moscow] / A. A. Lapidus, A. Ya. Tokarskiy, V. N. Nazarov. – DOI 10.54950/26585340_2023_1_27 // Stroitel'noye proizvodstvo [Construction production]. – 2023. – No. 1. – Pp. 27–35.
- Purina, Ye. A. Analiz metodov provedeniya stroitel'nogo kontrolya pri montazhe metallicheskih ferm [Analysis of methods for conducting construction supervision during installation of metal trusses] / Ye. A. Purina, P. A. Volchkova // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – 2017. – No. 3 (4). – Pp. 18–21.
- Sharma, K. Analysis of Non-destructive Testing for Improved Inspection and Maintenance Strategies / K. Sharma // e-Journal of Nondestructive Testing. – 2023. – Vol. 28, Iss. 7. – URL: <https://doi.org/10.58286/28287>.
- Breyse, D. Non-destructive assessment of concrete structures: Reliability and limits of single and combined techniques : State-of-the-art report of RILEM Technical committee TC 207-INR / D. Breyse. – Springer, 2012. – 388 p.
- Description of the general outlines of the French project SENSO–Quality assessment and limits of different NDT methods / J. P. Balayssac, S. Laurens, G. Arliguie et al. // Construction and Building Materials. – 2012. – Vol. 35. – Pp. 131–138. – URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.03.003>.
- Recommendation of RILEM TC249-ISC on non destructive in situ strength assessment of concrete / D. Breyse, J.-P. Balayssac, S. Biondi et al. // Materials and structures. – 2019. – Vol. 52. – Art. 71. – URL: <https://doi.org/10.1617/s11527-019-1369-2>.
- Lim, M. K. Combining multiple NDT methods to improve testing effectiveness / M. K. Lim, H. Cao // Construction and building materials. – 2013. – Vol. 38. – Pp. 1310–1315. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.01.011>.
- Automated rebar recognition and corrosion assessment of concrete bridge decks using ground penetrating radar / N. Faris, T. Zayed, A. Fares et al. // Automation in Construction. – 2024. – Vol. 166. – Art. 105631. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105631>.

- The economic impact of implementing nondestructive testing of reinforced concrete bridge decks in Indiana / B. R. Taylor, Y. Qiao, M. D. Bowman et al. – 2016. – URL: <https://doi.org/10.5703/1288284316343>.
- Lee, S. Bridge inspection practices using non-destructive testing methods / S. Lee, N. Kalos // Journal of Civil Engineering and Management. – 2015. – Vol. 21. – No. 5. – Pp. 654–665. –

УДК 624.15

Система модульной оценки качества проектных организаций с учётом рисков

A Risk-Based Modular Quality Assessment System for Project Organizations

Байбурин Альберт Халитович

Доктор технических наук, профессор кафедры «Строительное производство и теория сооружений», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)» (ЮУрГУ), Россия, 454080, Челябинск, проспект Ленина, 76, abayburin@mail.ru

Baiburin Albert Khalitovich

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Building Technologies and Structural Engineering, South Ural State University (SUSU), Russia, 454080, Chelyabinsk, prospect Lenina, 76, abayburin@mail.ru

Самарин Александр Юрьевич

Генеральный директор ООО «АПРИОРИ-строй», Россия, 454091, Челябинск, улица Российская, 224, mon787@ya.ru

Samarin Alexander Yurievich

General Director of Apriori-Stroy LLC, Russia, 454091, Chelyabinsk, ulitsa Rossiyskaya, 224, mon787@ya.ru

Аннотация. В статье представлена методика оценки качества проектных организаций с применением интегрального показателя, учитывающего риски, возникающие в процессе проектирования. В основе методики лежит модульный подход, который декомпозирует деятельность проектных организаций на несколько ключевых модулей. Для каждого модуля разработана система критериев, влияющих на общий показатель качества организации. Принципиальные подходы определения количественных показателей исследуемых критериев качества базируются на методе анализа иерархий (АНР) в части определения весомости критериев внутри каждого модуля и корреляционного анализа для выявления взаимосвязей между критериями. Предложенная методика учитывает корреляционные зависимости между показателями качества и рисками, что

Abstract. The article presents a methodology for assessing the quality of design organizations using an integral indicator that takes into account the risks that arise in the design process. The methodology is based on a modular approach that decomposes the activities of design organizations into several key modules. For each module, a system of criteria has been developed that affect the overall quality indicator of the organization. The principal approaches to determining quantitative indicators of the quality criteria under study are based on the hierarchy analysis (AHP) method in terms of determining the weight of criteria within each module and correlation analysis to identify the relationships between the criteria. The proposed methodology takes into account correlations between quality indicators and risks, which makes it

Введение

Обеспечение требуемого уровня качества проектирования напрямую связано с безопасностью и эффективностью реализуемых проектов в виде зданий и сооружений. На качество проектных решений влияют как внутренние факторы, связанные с управлением процессами проектирования, так и внешние, включающие экономические, экологические и законодательные требования. Кроме того, одним из важнейших факторов, влияющих на успешность реализации проектов, являются риски, воз-

URL: <https://doi.org/10.3846/13923730.2014.890665>.

- Hesse, A. A. Using expert opinion to quantify uncertainty in and cost of using nondestructive evaluation on bridges / A. A. Hesse, R. A. Atadero, M. E. Ozbek // Advances in Civil Engineering. – 2017. – Vol. 2017. – No. 1. – Art. 7925193. – URL: <https://doi.org/10.1155/2017/7925193>.

DOI: 10.54950/26585340_2024_3_45

позволяет прогнозировать и минимизировать потенциальные проблемы на этапе проектирования и строительства.

Результаты исследования подтверждают, что использование модульного подхода для определения интегрального показателя позволяет не только улучшить управление качеством проектных организаций, но и снизить риски, связанные с аварийностью и нарушениями в строительстве. Представленный подход является гибким и адаптируемым для различных типов проектных организаций, а также может быть использован для повышения конкурентоспособности компаний на рынке.

Ключевые слова: проектирование строительства, управление рисками в строительстве, анализ видов и последствий отказов, приоритетное число риска, модульный подход, проектные организации.

possible to predict and minimize potential problems at the design and construction stage.

The results of the study confirm that the use of a modular approach to determine the integral indicator allows not only to improve the quality management of design organizations, but also to reduce the risks associated with accidents and violations in construction. The presented approach is flexible and adaptable for various types of project organizations, and can also be used to increase the competitiveness of companies in the market.

Keywords: construction design, risk management in construction, analysis of types and consequences of failures, priority number of risks, modular approach, design organizations.

никающие на различных этапах проектирования. Управление рисками является приоритетным направлением в сфере развития регулирования отрасли, что требует разработки эффективных методик для анализа и оценки качества с учётом рисков.

Контроль качества проектных работ как в России, так и за рубежом прошёл долгий путь эволюции, начиная с элементарных требований к безопасности и надёжности зданий до сложных многоуровневых систем управления качеством, интегрированных в современные проекты. Ба-

зисные основы отраслевых требований в области проектирования были заложены в период СССР путём внедрения практики обязательного соблюдения строительных норм и правил (СНиП), направленных на обеспечение безопасности и соответствие проектной документации техническим требованиям [1]. В постсоветский период, с развитием рыночной экономики и увеличением конкуренции, вопросы качества проектных решений приобрели особую значимость. Современная система представляет собой модель, обусловленную соблюдением требований федерального законодательства и интегрированными в неё зарубежными элементами в области стандартизации по образу стандартов серии ISO [2; 3].

Методологические основы исследований в области оценки качества проектных организаций базируются на основе квалиметрии, предложенной Г. Г. Азгальдовым, и системного подхода [4; 5]. Принципы комплексного подхода уровня качества нашли развитие в работах А. Х. Байбурина, подчёркивающих важность количественной оценки критериев качества, таких как надёжность проектных решений, квалификация кадров и техническое оснащение [6]. В научных трудах Эдварда Деминга находит отражение проблематика систем управления качеством и использования статистических методов для повышения эффективности проектной деятельности [7]. Исследования, связанные с рисками проектирования и строительства, определяют тесную взаимосвязь критериев качества с ростом аварийности на объектах строительства по причине проектирования [8].

№ пп.	Наименование критерия	Весомость, ω_j
1	Модуль кадрового потенциала	
1.1	Аттестация персонала	0,328
1.2	Уровень профессионального совершенства	0,191
1.3	Коллективный опыт	0,121
1.4	Квалификация инженеров	0,102
1.5	Стабильность кадрового состава	0,080
1.6	Научный потенциал	0,063
1.7	Командная работа	0,045
1.8	Уровень вовлечённости в BIM	0,035
1.9	Уровень удовлетворённости сотрудников	0,035
2	Модуль уровня инженерно-технической обеспеченности проектной организации	
2.1	Техническая оснащённость	0,359
2.2	Мобильность рабочих мест	0,188
2.3	Наличие современных средств проектирования	0,134
2.4	Информационная доступность	0,092
2.5	Использование системы электронного документооборота	0,090
2.6	Информационная надёжность и безопасность	0,085
2.7	Уровень системы облачных решений и удалённого доступа	0,067
3	Модуль оценки качества проектов	
3.1	Уровень бездефектности	0,343
3.2	Система внутреннего контроля проектной документации	0,187
3.3	Уровень использования BIM-среды проектирования	0,155
3.4	Операционная эффективность	0,089
3.5	Соответствие требованиям исходной документации	0,097
3.6	Эффективность регламентации документооборота, нормоконтроля	0,089
3.7	Эффективность исполнения договорных обязательств	0,089
3.8	Эстетическое и функциональное качество проектных решений	0,085
3.9	Уровень наукоёмкости	0,084
3.10	Риск-ориентированный подход при проектировании	0,060
3.11	Экологическая устойчивость и энергоэффективность инженерных решений	0,048
3.12	Применение подходов жизненного цикла и адаптивности в проектных решениях	0,045

Табл. 1. Структура и весомость критериев качества модульной системы оценки
Tab. 1. Structure and weight of quality criteria of the modular assessment system

Целью исследования является разработка системы оценки качества проектных организаций с учётом рисков, обеспечивающей эффективное управление проектными работами на основе модульного подхода. В рамках исследования разработан комплексный интегральный показатель качества проектной организации, исследованы критерии качества, выявлены и классифицированы риски проектной деятельности и предложены меры по их снижению. Применение модульного подхода в системе оценки качества проектных организаций с учётом рисков позволит более точно и эффективно управлять качеством проектной документации и результатами проектной деятельности. Это позволит не только улучшить внутренние процессы управления проектами, но и повысить конкурентоспособность организаций на рынке.

Научная новизна заключается в разработке комплексной системы оценки качества проектных организаций, которая интегрирует современные методы анализа рисков и позволяет формировать объективные показатели, отражающие качество работы с учётом всех значимых факторов. В отличие от существующих методик, предлагаемый подход учитывает комплексный характер рисков, возникающих в проектной деятельности.

Методология

При разработке системы оценки качества были решены задачи исследования:

- определение и обоснование критериев качества проектных организаций, представляющих собой ключевые показатели, которые могут быть исполь-

зованы для оценки уровня качества выполнения проектных работ. Область исследуемых показателей охватывает как технические, так и организационные аспекты деятельности проектных организаций;

- группирование критериев качества по модульному принципу с определением весомости;
- разработка интегрального показателя качества проектной организации и исследование его взаимосвязи с интерпретируемыми показателями риска.

Формирование и структурирование критериев качества проектных организаций проведено по методу анализа иерархий Саати (АНР) [9] применительно к основным иерархическим уровням в виде модулей, таких как кадровый потенциал, инженерно-техническая обеспеченность и качество проектов. Данный подход позволяет учитывать сложные взаимосвязи между различными факторами и структурировать их в виде иерархии, а с помощью методики парных сравнений определить относительную важность каждого критерия, что критически важно для дальнейшего расчёта интегрального показателя качества.

Результаты

Сводная таблица критериев и ранжирования весомостей по модулям организации представлены в таблице 1.

Применение экспертного метода в процессе исследования позволило использовать накопленный опыт специалистов, работающих в области проектирования и управления качеством. Экспертные оценки использовались для определения весов отдельных критериев и подкатегорий, агрегированных в дальнейшем для расчёта итогового показателя качества.

Интегральный показатель качества рассчитан как сводное значение, учитывающее весовые коэффициенты различных критериев (ω_j) и каждого модуля (W_j). В основе этого подхода лежит использование методов анализа иерархий и взвешенной суммы (Weighted Sum Model, WSM).

$$Q_{opz} = \sum_{i=1}^n W_i Q_i,$$

где Q_{opz} – интегральный показатель уровня организации, W_i – вес i -го модуля в общей системе оценки, Q_i – значение показателя уровня качества i -го модуля.

Веса модулей рассчитаны на основании экспертного подхода и скорректированы в соответствии с приоритетностью модуля в организационно-управленческой структуре, определены веса критериев, влияющих на итоговый показатель модуля. Используя агрегированные веса критериев, рассчитанные с помощью метода Саати и экспертных оценок, был сформирован интегральный показатель качества проектной организации. Этот показатель позволяет комплексно оценить уровень качества, учитывая важнейшие аспекты деятельности проектной организации. Значение показателя качества отдельно взятого модуля определяется по формуле:

$$Q_i = \sum_{j=1}^m \left(\omega_j \frac{\sum_{k=1}^k c_j n_k}{n} \right),$$

где Q_i – показатель уровня качества оцениваемого модуля, ω_j – вес j -го критерия качества оценки модуля, C_i – значение критерия i -го модуля, определённого k -ым экспертом, n – количество экспертов.

Интегральный показатель качества позволяет количественно оценить уровень организации, интегрируя

разнородные критерии в единый показатель, что делает его оптимальным инструментом для принятия управленческих решений и оценки уровня рисков. В процессе исследования была установлена связь между интегральным показателем качества проектной организации и уровнем рисков, с которыми эта организация сталкивается. Основная гипотеза заключалась в понимании, что качество выполнения проектных работ напрямую влияет на вероятность возникновения различных рисков (технических, организационных, финансовых и других), а также на их последствия.

Общепринятые практики анализа качественных и количественных показателей уровней риска основываются на исследовании вероятности их возникновения, с учётом влияния выбранных критериев качества, они описаны в современной научной литературе [9; 10]. Применённые в ходе исследования методики анализа видов и отказов FMECA (Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis) и коренных причин дефектов RCA (Root Cause Analysis) предполагают разработку рисков с учётом выявленных показателей и причин [11; 12]. Общий уровень приоритетного риска для каждого модуля определяется как взвешенная сумма его показателей по всем критериям модуля:

$$RPN_M = \frac{\sum_{i=1}^n w_i RPN_i}{n},$$

где RPN_M – численное значение приоритетного числа риска исследуемого модуля организации, w_i – вес i -го критерия качества, RPN_i – численное значение приоритетного числа риска i -го критерия качества, n – количество рассматриваемых критериев качества.

Математическая и практическая интерпретация рисков по результатам систематизации и коррелирующего анализа показателей качества проектной организации с учётом уровня её дефектности при базовом значении уровня риска равном 100 баллов (принято условно) определяется следующим способом:

$$R_{opz} = 100 - \sum_{i=1}^n \beta_i (W_i Q_i),$$

где R_{opz} – уровень риска организации, W_i – весомость модуля организации, β_i – коэффициенты, отражающие влияние качества модулей на общий риск, Q_i – величина уровня качества i -го модуля организации.

Анализ показал, что существует зависимость между уровнем качества и уровнем рисков. Чем ниже качество выполнения проектных работ, тем выше вероятность возникновения рисков, что подтверждается положительными значениями коэффициентов корреляции. Критерии, связанные с операционной эффективностью и технической оснащённостью, показали наибольшую корреляцию с рисками, что указывает на необходимость усиленного контроля в этих областях.

Полученные значения интегрального показателя качества можно использовать как индикатор для прогнозирования возможных рисков. Организации с низким интегральным показателем качества находятся в зоне повышенного риска и требуют особого внимания со стороны руководства.

Обсуждение

Рассматривая предложенную методику в контексте существующих подходов в определении качества, можно сделать ряд выводов. Определяющие базовые принципы в серии стандартов ISO 9001 больше фокусируются на

процессах и улучшении качества, в то время как представленная методика включает в себя оценку качества через специфические критерии и учитывает риски, что делает её более адаптируемой для проектных организаций с высокой степенью неопределённости. EFQM-модель управления качеством, применяемая в Европе, позволяющая организациям достигать устойчивого успеха за счёт всеобъемлющей оценки и улучшения своих процессов [13], обладает рядом эффективных методов. Тем не менее, EFQM больше фокусируется на организационной культуре, лидерстве и стратегических аспектах, тогда как рассматриваемая методика сосредоточена на детальной оценке качества проектирования и специфических рисках и адаптирована для специфических задач проектных организаций, где важно учитывать инженерно-технические аспекты и показатели качества на каждом этапе разработки проекта. Данная методика оценки качества проектных организаций развивает разработки научных подходов, предложенные Азгальдовым Г. Г. и Байбуриным А. Х. Таким образом, разработанная методика представляет целенаправленный инструмент для оценки качества проектных организаций, учитывая их специфические риски и технические особенности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникин, Ю. В. Проектное дело в строительстве : учебное пособие / Ю. В. Аникин, Н. С. Царёв ; науч. ред. В. И. Аксёнов. – Екатеринбург : Издательство УрФУ, 2015. – 124 с.

2. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : Федеральный закон № 384-ФЗ от 30.12.2009 : принят Государственной Думой 23 декабря 2009 года : одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 года. – Москва, 2009. – 33 с.

3. Системы менеджмента качества. Требования : ГОСТ Р ИСО 9001:2015 : Национальный стандарт Российской Федерации : утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 сентября 2015 г. № 1391-ст / ОАО «ВНИИС». – Москва : Стандартинформ, 2015.

4. Системный подход к разработке и управлению качеством строительных материалов : монография / Ю. М. Баженов, И. А. Гарькина, Е. В. Королёв, Ю. А. Соколова. – Москва : Палеотип, 2006. – 187 с.

5. Азгальдов, Г. Г. Квалиметрия в архитектурно-строительном проектировании / Г. Г. Азгальдов. – Москва : Стройиздат, 1989. – 264 с.

6. Байбурин, А. Х. Обеспечение качества и безопасности возводимых гражданских зданий / А. Х. Байбурин. – Москва : Издательство АСВ, 2015. – 336 с.

7. Деминг, У. Э. Выход из кризиса / У. Э. Деминг. – Тверь : Альба, 1994. – 498 с.

REFERENCES

1. Anikin, Yu. V. Proektnoe delo v stroitel'stve : ucheb. posobie [Design business in construction] / Yu. V. Anikin, N. S. Czarev ; nauch. red. V. I. Aksenov. – Ekaterinburg : Izdatel'stvo UrFU, 2015. – 124 p.

2. Tekhnicheskij reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij : Federal'nyj zakon № 384-FZ ot 30.12.2009 [Technical Regulations on the safety of buildings and structures] : prinyat Gosudarstvennoj Dumoj 23 dekabrya 2009 goda [Federal Law No. 384-FZ of 12/30/2009] : [adopted by the State Duma on December 23, 2009] : odobren Sovetom Federatsii 25 dekabrya 2009 goda [approved by the Federation Council on December 25, 2009]. – Moscow, 2009. – 33 p.

3. Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya [Quality management systems. Requirements] : GOST R ISO 9001:2015 :

Выводы

Результаты данного исследования могут быть использованы проектными организациями для повышения эффективности управления качеством проектных решений, а также государственными органами для разработки стандартов и нормативов в области проектирования и строительства. Согласованность критериев была наиболее высокой среди тех, которые продемонстрировали сильную корреляцию (более 0,5) и низкий индекс согласованности в процессе применения метода АНР. В исследовании такими критериями могли быть, например, «Уровень бездефектности», «Система внутреннего контроля проектной документации» и «Соответствие требованиям исходной документации», что свидетельствует о том, что эти критерии тесно взаимосвязаны и согласованы в контексте оценки качества проектной организации. Включение риска в процесс оценки качества позволяет улучшить прогнозирование и управление, так как учитываются возможные отклонения и угрозы. Это также даёт возможность разработать стратегии минимизации рисков и повысить устойчивость организации к потенциальным проблемам.

8. Лапина, А. П. Анализ причин аварий на разных этапах жизненного цикла объекта строительства / А. П. Лапина, А. В. Пономаренко, К. В. Шенцова, А. А. Котесова // Строительные материалы и изделия. – 2019. – Т. 2, № 2. – С. 17–22.

9. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий : пер. с англ. / Т. Саати. – Москва : Радио и связь, 1993. – 278 с.

10. Швецов, А. М. Распределённые интеллектуальные информационные системы / А. М. Швецов, С. А. Яковлев. – Санкт-Петербург : Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003. – 318 с.

11. Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов : ГОСТ Р 51901.12-2007 (МЭК 60812:2006) : Национальный стандарт Российской Федерации : утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2007 г. № 572-ст / ОАО «НИЦ КД». – Москва : Стандартинформ, 2008. – 40 с.

12. AIAG. Potential Failure Mode and Effects Analysis : FMEA Reference Manual / K. A. Lange, S. C. Leggett, B. Baker ; Third Edition. – Southfield, 2001. – 89 p.

13. EFQM Excellence Model / European Foundation for Quality Management. – 2013.

14. Zhao, Y. Implementation of Risk-Based Quality Control in Chinese Construction Projects / Y. Zhao, L. Zhang. – DOI 10.1016/j.proeng.2015.08.017 // Procedia Engineering. – 2015. – № 118. – Pp. 1125–1132.

15. Savage, L. J. The foundations of statistics / L. J. Savage. – New York : John Wiley & Sons ; London : Chapman & Hall, 1954.

Natsional'nyj standart Rossijskoj Federatsii [GOST R ISO 9001:2015 : National Standard of the Russian Federation] : utverzhdyon i vvedyon v dejstvie Prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 28 sentyabrya 2015 g. № 1391-st [approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated September 28, 2015 No. 1391-st] / ОАО «ВНИИС» [JSC VNIIS]. – Moscow : Standartinform, 2015.

4. Sistemnyj podkhod k razrabotke i upravleniyu kachestvom stroitel'nykh materialov : monografiya [A systematic approach to the development and quality management of building materials : monograph] / Yu. M. Bazhenov, I. A. Garkina, E. V. Korolev, Yu. A. Sokolova. – Moscow : Paleotype, 2006. – 187 p.

5. Azgaldov, G. G. Kvalimetriya v arkhitekturno-stroitel'nom proektirovanii [Qualimetry in architectural and construction

design] / G. G. Azgaldov. – Moscow : Stroyizdat, 1989. – 264 p.

6. Bayburin, A. H. Obespechenie kachestva i bezopasnosti vozvodimyykh grazhdanskikh zdaniy [Ensuring the quality and safety of civil buildings under construction] / A. H. Bayburin. – Moscow : DIA Publishing House, 2015. – 336 p.

7. Deming, U. E. Vykhod iz krizisa [Exit from the crisis] / U. E. Deming. – Tver : Alba, 1994. – 498 p.

8. Lapina, A. P. Analiz prichin avarij na raznykh etapakh zhiznennogo tsikla ob'ekta stroitel'stva [Analysis of the causes of accidents at different stages of the life cycle of a construction object] / A. P. Lapina, A. V. Ponomarenko, K. V. Shentsova, A. A. Kotesova // Stroitel'nye materialy i izdeliya [Building materials and products]. – 2019. – Vol. 2, No. 2. – Pp. 17–22.

9. Saati, T. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarkhiy : per. s angl. [Decision-making. The method of hierarchy analysis : translated from English] / T. Saati. – Moscow : Radio i svyaz' [Radio and Communications], 1993. – 278 p.

10. Shvetsov, A. M. Raspredelyonnye intellektual'nye informatsionnye sistemy [Distributed intelligent information systems] / A. M. Shvetsov, S. A. Yakovlev. – St. Petersburg : Izdatel'stvo SPbGENTU «LEHTI» [Publishing House of St. Petersburg State Technical University "LETI"], 2003. – 318 p.

11. Menedzhment riska. Metod analiza vidov i posledstviy ot-

УДК 69.05.

DOI: 10.54950/26585340_2024_3_49

Обзор основных видов взаимодействия участников строительства

Review of Main Interactions of Construction Participants

Олейник Павел Павлович

Доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, cniomtp@mail.ru

Oleynik Pavel Pavlovich

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26, cniomtp@mail.ru

Мириков Виктор Николаевич

Аспирант кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, vnmirikov@yandex.ru

Mirikov Victor Nikolaevich

Postgraduate student of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26, vnmirikov@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены основные трудовые ресурсы, задействованные в строительном производстве, описан актуальный функционал различных участников строительства. Современные строительные проекты характеризуются высокой степенью сложности и включают многочисленных участников, таких как заказчики, подрядчики, проектировщики, поставщики и другие заинтересованные стороны. В связи с этим структура проекта может различаться в зависимости от распределения функционала между участниками и свойств строительного объекта. Целью исследования является выявление зависимости между организационной структурой объекта строительства и характеристиками объекта.

В процессе написания статьи нашли применение отдельные методы исследования – такие как сравнение, сопоставление, анализ, синтез и пр. Кратко описаны основные функции

Abstract. In this article, the main labour resources of the construction are reviewed, the actual functional of different construction participants is defined. Actual construction projects can be characterized by high level of difficulty and include many par-

kazov [Risk management. Method of analysis of types and consequences of failures] : GOST R 51901.12-2007 (МЭК 60812:2006) : Natsional'nyj standart Rossijskoj Federatsii [GOST R 51901.12-2007 (IEC 60812:2006) : National Standard of the Russian Federation] : utverzhdyon i vvedyon v dejstvie Prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 27 dekabrya 2007 g. № 572-st [approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated December 27, 2007 No. 572-st] / ОАО «НИТС КД» [JSC "SIC CD"]. – Moscow : Standartinform, 2008. – 40 p.

12. AIAG. Potential Failure Mode and Effects Analysis : FMEA Reference Manual / K. A. Lange, S. C. Leggett, B. Baker ; Third Edition. – Southfield, 2001. – 89 p.

13. EFQM Excellence Model / European Foundation for Quality Management. – 2013.

14. Zhao, Y. Implementation of Risk-Based Quality Control in Chinese Construction Projects / Y. Zhao, L. Zhang. – DOI 10.1016/j.proeng.2015.08.017 // Procedia Engineering. – 2015. – № 118. – Pp. 1125–1132.

15. Savage, L. J. The foundations of statistics / L. J. Savage. – New York : John Wiley & Sons ; London : Chapman & Hall, 1954.

участников строительства и наиболее типичное распределение функционала между участниками. Рассмотрен системный подход к проекту строительства как позволяющий комплексно охватывать все возникающие в процессе строительства проблемы. В ходе исследования получен результат, подтверждающий, что качество взаимодействия зачастую определяется выбранной схемой взаимосвязей участников строительства и разделением функционала между ними. Приведён пример факторов, способных оказать влияние на принятие решения по выбору организационной структуры строительства. Наличие множества факторов неопределённости ведёт к необходимости выработки нового инструмента, позволяющего более объективно определять структуру проекта.

Ключевые слова: технический заказчик, взаимодействие участников, факторы принятия решений.

ticipants, such as customers, contractors, designers, suppliers and others. Due to this, the project structure can differ depending of the functions distribution between the participants and features of the construction project. The aim of the research is to define

the dependency between the organizational structure of the construction project and the characteristics of the object.

During the creation of the article different methods of research were used, such as comparison, juxtaposition, analysis, synthesis, etc. The main functions of the construction participants are shortly described, as well as the typical distribution of the functions between the participants. The system approach is over-viewed as the most complex and allowing to view all the issues related to construction process. During the research, the result.

Введение

Строительная отрасль – одна из важнейших для экономики государства, если основываться на количестве занятых в ней и объёме создаваемого продукта. Так, на примере данных за последние 5 лет можно отметить, что до 11,7 % трудоспособного населения ведут свою деятельность в отраслях, так или иначе связанных со строительством [1]. Ниже в таблице 1 отражено распределение рабочих мест по видам экономической деятельности. Строительство и недвижимость выделены красным.

Важность строительства для государства подчёркивается авторами по всему миру, так, в работе [2] отмечается, что строительная индустрия обеспечивает рабочие места для масс вне зависимости от экономического и политического контроля. В то же время [3] приходит к выводу, что строительная отрасль является наиболее интегральной частью инфраструктуры страны, и развитие отрасли является частью здорового роста экономики страны.

Трудовые ресурсы, связанные со строительством, можно разделить на прямые и косвенные.

Прямые ресурсы – это сотрудники таких организаций, как застройщики, технические заказчики, проектировщики, подрядчики. Косвенные – это производители строительных материалов, занятые в аренде и продаже строительных машин и механизмов, продаже недвижимости, эксплуатации и т. д.

Предметом рассмотрения настоящей статьи является анализ взаимоотношений участников строительства, напрямую занятых в строительном производстве: застройщиков, технических заказчиков, подрядчиков и проектировщиков. Принципиально их взаимосвязь отражена на рисунке 1.

Количество рабочих мест по видам экономической деятельности	2019 г.	2020 г.
Всего в экономике	77933	76184
В том числе по видам экономической деятельности:		
Сельское хозяйство, охота, лесное хозяйство, рыболовство, рыбоводство	5676	5299
Добыча полезных ископаемых	1171	1160
Обрабатывающие производства	10420	10170
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	1656	1633
Строительство	6862	6599
Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования	14788	14314
Гостиницы и рестораны	1890	1857
Деятельность в области информации и связи	1741	1780
Финансовая и страховая деятельность	1619	1543
Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг	2325	2262
Деятельность профессиональная, научная и техническая	3229	3128
Государственное управление и обеспечение военной безопасности; обязательное социальное обеспечение	3756	3754
Образование	5987	5904
Здравоохранение и предоставление социальных услуг	4804	4800
Предоставление прочих видов услуг	1878	1843

Табл. 1. Количество рабочих мест по видам экономической деятельности
Tab. 1. Quantity of working places in different economic activities

was achieved proving, that the quality of the interaction is often defined by the chosen scheme of interaction of construction participants and the functional distribution between them. The example of the factors, which may have impact on the organizational structure of construction, is shown. Existence of many uncertainty factors leads to necessity of new instrument, which allows to define the project structure more objectively.

Keywords: technical customer, interaction of the participants, solution making factors.

Материалы и методы

В процессе написания статьи нашли применение отдельные методы исследования, такие как сравнение, сопоставление, анализ, синтез и пр. Сочетание теоретических основ и различных методов исследования позволило комплексно подходить к анализу взаимодействия участников строительного процесса.

Современные строительные проекты характеризуются высокой степенью сложности и включают многочисленных участников, таких как заказчики, подрядчики, проектировщики, поставщики и другие заинтересованные стороны. Каждый из этих участников вносит свой вклад в проект, обладая уникальными ролями, задачами и интересами [4]. В зависимости от типа проекта, внешних и внутренних условий, функционал участников может перераспределяться. Рассмотрим далее основные функции, выполняемые участниками проекта.

Результаты

Основные функции, выполняемые при строительстве объекта, следующие:

- предпроектная проработка;
- разработка и утверждение технико-экономического обоснования проекта;
- оформление земельно-правовых отношений;
- предварительное согласование с разрешающими органами;
- получение разрешения на строительство;
- разработка технического задания на проектирование и строительство;
- инженерные изыскания;
- выбор проектировщика для проведения проектных работ;

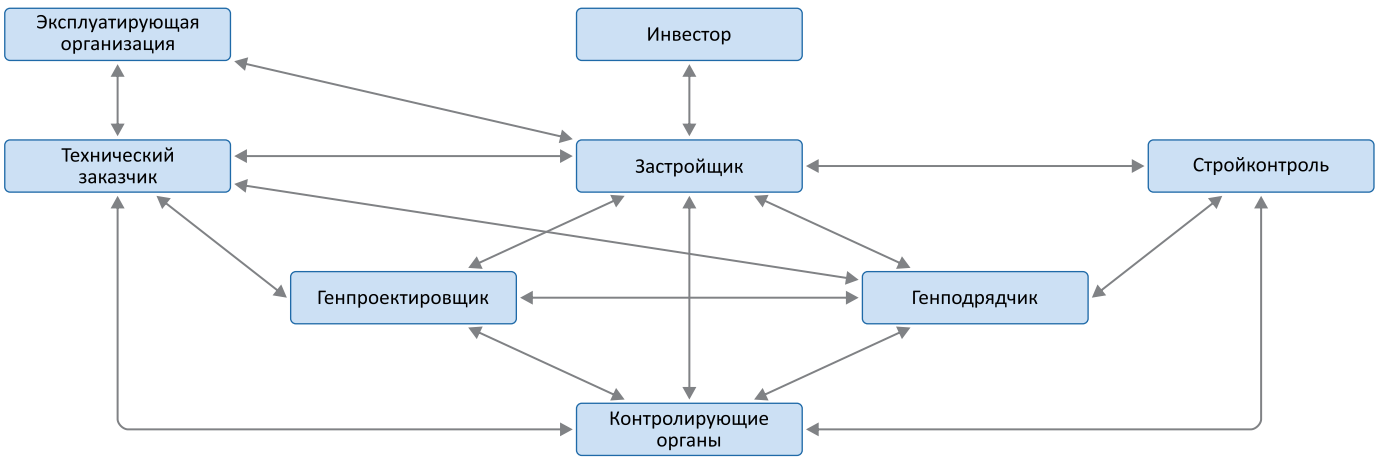


Рис. 1. Основные участники жизненного цикла объекта строительства
Fig. 1. Main participants of construction project life cycle

- разработка проектной документации, прохождение экспертизы и утверждение в установленном порядке;
- привлечение в предусмотренных законодательством случаях авторского надзора проектировщика за строительством объекта;
- выбор подрядчика для осуществления работ по возведению объекта недвижимости [5];
- подготовка графика реализации проекта, в том числе графика производства работ, графика перемещения трудовых ресурсов, графика поставок материалов и оборудования, исходя из которых определяется в том числе график финансирования;
- работы по возведению объекта (строительство) либо проведение реконструкции, капитального ремонта;
- извещение о начале любых работ на строительной площадке органов государственного контроля (надзора), которым подконтролен данный объект;
- обеспечение безопасности работ на строительной площадке для окружающей природной среды и населения;
- строительный контроль за качеством выполняемых работ, их соответствием нормам и техническому заданию;
- контроль за сроками и стоимостью работ, соблюдением бюджета и бизнес-плана проекта;
- обеспечение своевременного финансирования производимых работ;
- обеспечение безопасности законченного строительством объекта недвижимости для пользователей, окружающей природной среды и населения;
- принятие решений о начале, приостановке, консервации, прекращении строительства, о вводе законченного строительством объекта недвижимости в эксплуатацию.

В зависимости от нужд объекта, видения заказчика и имеющихся возможностей, взаимодействие и функционал могут варьироваться. Наиболее распространены следующие схемы:

1. Инвестор, застройщик, технический заказчик, строительный контроль, проектировщик, подрядчик и эксплуатирующая организация являются отдельными юридическими лицами, не зависимыми между собой;
2. Инвестор, застройщик, технический заказчик и стройконтроль являются одним юридическим ли-

- цом, оно же впоследствии эксплуатирует объект, при этом функции подрядчика и проектировщика могут быть как объединены, так и разделены между независимыми организациями;
3. Инвестор является отдельной организацией, а функции технического заказчика, строительного контроля, проектировщика и подрядчика выполняются одним юридическим лицом, эксплуатацию может осуществлять как отдельная организация, которой передают объект, так и организация, выполнявшая функции застройщика;
 4. Инвестор, технический заказчик и подрядчик представляют собой юридическое лицо, осуществляющее строительство хозяйственным способом. Отдельные специализированные функции выполняют в данной ситуации различные структурные подразделения единой организации.

В наиболее распространённой схеме взаимодействия (п. 1) задачи и функции всех участников разделены так, что каждый участник отвечает только за достаточно узкий круг вопросов. Так, застройщик не участвует в проверке рабочей документации или контроле качества производимых работ, передав эти функции техническому заказчику. Технический заказчик, в свою очередь, может исполнять функции строительного контроля, но зачастую передаёт их отдельной специализированной организации [6]. В процессе производства работ также выделяются отдельные виды работ, выполняемые по прямому договору между заказчиком и специализированной организацией, без участия генподрядчика, номинально отвечающего за весь производственный цикл. Даже при проектировании многие заказчики предпочитают разделять проектировщиков в рамках подготовки концепции объекта, разрабатки стадии «П» и подготовки рабочей документации.

С одной стороны, подобная специализация позволяет компаниям сфокусироваться на видах работ, наиболее точно отвечающих компетенциям занятых в компании сотрудников, ранее наработанному опыту, и минимизирует неопределённость и риски участия в проекте. Обратная сторона подобной узкой специализации – размывание ответственности и возможность оправдать ошибки одного из участников работами смежных организаций.

В целом, исходя из видения застройщика и его оценки рисков того или иного варианта взаимодействия подбираются исполнители, обладающие более узкой либо, напротив, более широкой специализацией. Разнообразие воз-

можных форматов организационных структур (основных видов и их разнообразных сочетаний) отображает значительное количество возможных вариантов решений по организации инвестиционно-строительного проекта [7]. При этом нужно понимать, что от управленческих решений и, соответственно, от их правильного делегирования выбранному участнику строительства могут в значительной степени зависеть сроки и бюджет проекта [8].

Наиболее значительными факторами, определяющими решение застройщика, могут быть:

- наличие собственных ресурсов и возможность управлять ими, планы организации по строительству следующих проектов (например, заказчик, выполняющий строительство собственной штаб-квартиры, явно в дальнейшем не будет нуждаться в большом штате профессионалов в области строительства, напротив, девелоперская компания с ростом портфеля объектов стремится к вертикальной интеграции и выполнению всё большего функционала собственными силами);
- масштабы проекта, его уникальность (очевидно, что для наиболее крупных проектов с нестандартными инженерными и дизайн-решениями необходимо привлечение проектировщиков с соответствующим уровнем компетенции, напротив, на небольшом типовом проекте более приемлемым представляется привлечение единой организации под формат «design and build», то есть на выполнение работ и разработку рабочей документации, так как в этом случае все основные решения и узлы типовые, нужно лишь адаптировать их к конкретному земельному участку);
- желание застройщика иметь независимых друг от друга участников, чтобы принимаемые ими в процессе проектирования и производства работ решения подчинялись только интересам застройщика;
- специфика бизнеса девелопера – выполняет ли он только функцию застройщика, после продажи объекта не занимающегося эксплуатацией (например, строительство жилого дома), либо, напротив, изначально запланировано управление объектом на всех этапах жизненного цикла одним собственником (характерно для торговых центров, промышленных предприятий).

Ещё один фактор, влияющий на выбор наиболее оптимальной схемы взаимодействия участников строительства, – это интеграция технологий информационного моделирования в систему управления инвестиционно-строительными проектами. Современные информационные системы позволяют оперативнее отслеживать «узкие места» в проекте и принимать своевременные решения. В этом случае возрастает роль технического заказчика как координатора работ прочих участников, что необходимо учитывать при подборе сотрудников и определении необходимого уровня компетенций.

В настоящее время исследователи приходят к мысли, что необходимо рассматривать жизненный цикл проекта как целостную систему, где все элементы взаимосвязаны и взаимодействуют друг с другом [7]. Это так называемый системный подход. Основные принципы системного подхода включают целостность, иерархичность и интеграцию с обратной связью, что обеспечивает постоянный обмен

информацией и координацию между участниками. В рамках системного подхода возможно подобрать наиболее подходящую для конкретного проекта схему взаимодействия участников строительства. Однако системный подход требует значительных усилий и ресурсов для внедрения и поддержания, а его эффективность сильно зависит от качества и полноты данных, своевременного обмена информацией [9] и, в целом, требует высокого уровня взаимодействия участников.

Обсуждение

Особое внимание следует уделять системному подходу, который позволяет рассматривать взаимодействие участников как сложную динамическую систему с множеством взаимосвязей и факторов влияния. Этот подход основывается на принципах целостности, иерархичности и интеграции, что позволяет учитывать все аспекты проекта и взаимодействия между его участниками.

Системный подход рассматривает проект как единое целое, где каждый элемент системы влияет на другие элементы и зависит от них. Это позволяет выявить и проанализировать все взаимосвязи и зависимости внутри проекта. Такой анализ помогает лучше понять, как изменения в одном элементе могут повлиять на другие части системы, что особенно важно в условиях высокой сложности и многозадачности современных строительных проектов [10].

Интеграция и обратная связь являются ключевыми элементами системного подхода. Интеграция предполагает объединение всех элементов системы в единое целое, что способствует лучшей координации и взаимодействию между участниками. Обратная связь позволяет постоянно отслеживать и оценивать результаты взаимодействия, оперативно выявлять проблемы и вносить необходимые коррективы. Это особенно важно для своевременного реагирования на изменения и предотвращения негативных последствий [4].

Однако применение системного подхода требует значительных усилий и ресурсов. Для его успешной реализации необходимы высококвалифицированные специалисты, качественные и полные данные, а также современные инструменты и технологии для анализа и управления. Кроме того, системный подход может быть сложным для внедрения в условиях ограниченного доступа к информации и недостаточной координации между участниками.

При этом для наиболее эффективной работы в рамках системного подхода необходимо оценивать проект по множеству показателей, как количественных, так и качественных. Количественные показатели, такие как сроки выполнения задач и частота возникновения конфликтов, обеспечивают объективные данные о процессе взаимодействия и его результативности. Качественные показатели, такие как уровень удовлетворённости участников и качество выполнения работ, предоставляют дополнительную информацию о качестве взаимодействия и его влиянии на результаты проекта. Эти показатели могут быть адаптированы под конкретные потребности и особенности проекта, что позволяет проводить более точную и целенаправленную оценку. Важно также учитывать взаимосвязь между различными показателями и стремиться к достижению сбалансированных результатов на всех уровнях взаимодействия.

Таким образом, для оценки эффективности взаимодействия участников строительного процесса и возмож-

ности её повышения необходимо учитывать множество факторов и показателей. Для учёта всех факторов необходима разработка модели, позволяющей улучшить практику управления строительными проектами, повысить успешность и устойчивость проектов. Задача разработки новой модели может придать новый вектор развитию научного подхода к управлению строительными проектами.

Заключение

Эффективное взаимодействие между различными участниками проекта является краеугольным камнем успеха строительных проектов. От тесной координации и хорошей коммуникации зависит эффективность и качество реализации проекта.

Важно учитывать как объективные количественные показатели, такие как сроки и бюджет, так и качественные факторы, такие как уровень удовлетворённости участни-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Труд и занятость в России. 2021: Статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики (Росстат) ; председ. ред. коллегии К. Э. Лайкам, ред. коллегия Л. И. Агеева, В. Е. Гимпельсон, Л. М. Гохберг и др. – Москва, 2021. – 177 с.

2. Amusan, L. Cost and time performance information of building projects in developing economy / L. Amusan, D. Dolapo, O. Joshua // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. – Vol. 8, Iss. 10. – Pp. 918–927.

3. Babu, N. Factors affecting success of construction project / N. Babu // Journal of Mechanical and Civil Engineering. – Vol. 12, Iss. 2. – Pp. 17–26.

4. Вилисова, А. Д. Совершенствование управления в системе взаимодействия участников инвестиционно-строительных проектов на базе облачных технологий / А. Д. Вилисова // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура. – 2022. – № 4. – С. 84–89.

5. Олейник, П. П. Моделирование деятельности технического заказчика на этапе предпроектной проработки и подготовки к строительству / П. П. Олейник, Т. К. Кузьмина // Техно-

REFERENCES

1. Trud i zanyatost' v Rossii. 2021: Statisticheskij sbornik [Labor and employment in Russia. 2021: Statistical collection] / Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat) [Federal State Statistics Service (Rosstat)] ; chairman of the editorial Board K. E. Laikam, editorial Board L. I. Ageev, V. E. Gimpelson, L. M. Gokhberg, etc. – Moscow, 2021. – 177 p.

2. Amusan, L. Cost and time performance information of building projects in developing economy / L. Amusan, D. Dolapo, O. Joshua // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. – Vol. 8, Iss. 10. – Pp. 918–927.

3. Babu, N. Factors affecting success of construction project / N. Babu // Journal of Mechanical and Civil Engineering. – Vol. 12, Iss. 2. – Pp. 17–26.

4. Vilisova, A. D. Sovershenstvovanie upravleniya v sisteme vzaimodejstviya uchastnikov investitsionno-stroitel'nykh projektov na baze oblachnykh tekhnologij [Improving management in the system of interaction between participants in investment and construction projects based on cloud technologies] / A. D. Vilisova // Vestnik YUUrGU. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura [Bulletin of SUSU. Series: Construction and Architecture]. – 2022. – No. 4. – Pp. 84–89.

5. Oleinik, P. P. Modelirovanie deyatel'nosti tekhnicheskogo zakazchika na ehtape predproektnoj prarabotki i podgotovki k stroitel'stvu [Modeling the activities of a technical customer at the stage of pre-design study and preparation for construction] / P. P. Oleinik, T. K. Kuzmina // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – 2013. – No. 2. – Pp. 18–20.

ков и качество взаимодействия. Качество взаимодействия зачастую определяется выбранной схемой взаимосвязей участников строительства и разделением функционала между ними.

Определение наиболее оптимальной схемы взаимодействия участников под конкретный объект – важная задача, позволяющая оптимизировать сроки и стоимость проекта, привлечь наиболее подходящие ресурсы и снизить издержки при производстве. Несомненное практическое значение будет иметь возможный перевод принципов принятия решений из эмпирической плоскости в математическую, т. е. основанием для выбора схемы взаимодействия участников должна быть аналитическая модель, а не только лишь личный опыт принимающих решение.

логия и организация строительного производства. – 2013. – № 2. – С. 18–20.

6. Кузьмина, Т. К. Особенности взаимодействия участников системы строительного контроля объектов капитального строительства / Т. К. Кузьмина, Е. А. Акимова, А. Н. Большакова // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 8 (104). – С. 67–72.

7. Овчинников, А. Н. Повышение (оптимизация) эффективности деятельности организационно-управленческой структуры заказчика при реализации целей и задач инвестиционно-строительного проекта / А. Н. Овчинников, А. А. Лapidus // Строительное производство. – 2021. – № 3. – С. 2–8.

8. Chin Foo, Lee. Importance level of management factors in affecting time and cost performance in construction projects / Lee Chin Foo // Tropical Scientific Journal. – 2022. – Vol. 01, Iss. 01.

9. Баулин, А. В. Строительный контроль в проекте производства работ / А. В. Баулин, А. С. Перунов // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 4. – С. 113–117.

10. Кумукова, Л. Р. Повышение эффективности реализации ИСП на основе проектного аудита / Л. Р. Кумукова // Московский экономический журнал. – 2019. – № 3. – С. 49.

6. Kuzmina, T. K. Osobennosti vzaimodejstviya uchastnikov sistemy stroitel'nogo kontrolya ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva [Peculiarities of interaction of participants in the system of construction control of capital construction facilities] / T. K. Kuzmina, E. A. Akimova, A. N. Bolshakova // Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2023. – № 8 (104). – Pp. 67–72.

7. Ovchinnikov, A. N. Povyshenie (optimizatsiya) ehffektivnosti deyatel'nosti organizatsionno-upravlencheskoj struktury zakazchika pri realizatsii tselej i zadach investitsionno-stroitel'nogo proekta [Improving (optimizing) the effectiveness of the organizational and managerial structure of the customer in the implementation of the goals and objectives of the investment and construction project] / A. N. Ovchinnikov, A. A. Lapidus // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2021. – No. 3. – Pp. 2–8.

8. Chin Foo, Lee. Importance level of management factors in affecting time and cost performance in construction projects / Lee Chin Foo // Tropical Scientific Journal. – 2022. – Vol. 01, Iss. 01.

9. Baulin, A. V. Stroitel'nyj kontrol' v proekte proizvodstva rabot [Construction control in the work production project] / A. V. Baulin, A. S. Perunov // Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2021. – No. 4. – Pp. 113–117.

10. Kumukova, L. R. Povyshenie ehffektivnosti realizatsii ISP na osnove proektnogo audita [Improving the efficiency of ISP implementation based on project audit] / L. R. Kumukova // Moskovskij ehkonomicheskij zhurnal [Moscow Economic Journal]. – 2019. – No. 3. – P. 49.

Оценка влияния факторов кадрового потенциала на результаты производственной деятельности строительно-монтажного персонала

Assessment of the Impact of Human Resources Factors on the Results of Production Activities of Construction and Installation Personnel

Морозенко Андрей Александрович

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительство объектов тепловой и атомной энергетики», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, morozenkoaa@mgsu.ru

Morozenko Andrey Aleksandrovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Construction of Thermal and Nuclear Energy Facilitie, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, morozenkoaa@mgsu.ru

Швец Наталья Сергеевна

Аспирант кафедры «Строительство объектов тепловой и атомной энергетики», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, lam@nsergeevna.ru

Shvets Natalia Sergeevna

Graduate student of the Department of Construction of Thermal and Nuclear Energy Facilitie, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, lam@nsergeevna.ru

Аннотация. Реализация производственных возможностей строительных предприятий, задействованных в крупных и долгосрочных инвестиционно-строительных проектах, заставляет руководителей организаций ориентироваться на вызовы рыночной экономики, а именно на управление имеющимися ресурсами с максимальной степенью эффективности для целей повышения уровня конкурентоспособности предприятия.

Под ресурсами строительного предприятия исследователями, как правило, понимаются организационные, организационно-технологические и технологические ресурсы. Большое количество российских и иностранных научных трудов посвящено подходам к их планированию, расчёту директивных объёмов, выбору оптимальных технологических решений для целей сокращения периода и стоимости объекта строительства.

В контексте данного исследования авторами делается отдельный акцент на необходимости формирования подходов к управлению человеческим (кадровым) ресурсом строительных

предприятий и его потенциалом для целей максимального раскрытия и эффективного использования потенциала прочих ресурсов строительного предприятия и – как следствие – влияния на результаты производственной деятельности. Крайне остро данный вопрос стоит для особо опасных и технически сложных объектов, например АЭС, к сооружению которых должен привлекаться строительно-монтажный персонал с высоким уровнем профессионально-технических знаний и навыков.

Для решения настоящей задачи в контексте управления жизненным циклом строящегося объекта требуется разработка предложений по оценке влияния факторов кадрового потенциала на результаты производственной деятельности строительно-монтажного персонала.

Ключевые слова: факторы кадрового потенциала, АЭС, строительно-монтажный персонал, управление ресурсами, строительные предприятия, квалификация персонала, многофакторный регрессионный анализ.

for the purpose of maximizing the disclosure and effective use of the potential of other resources of a construction enterprise, and, as a result, influencing the results of production activities. This issue is extremely acute for particularly dangerous and technically complex facilities, for example, nuclear power plants, the construction of which must involve construction and installation personnel with a high level of professional and technical knowledge and skills.

To solve this problem in the context of life cycle management of an object under construction, it is necessary to develop proposals to assess the impact of human resources factors on the results of production activities of construction and installation personnel.

Keywords: human resources factors, NPP, construction and installation personnel, resource management, construction enterprises, personnel qualifications, multifactorial regression analysis.

мости, с требуемым уровнем качества и безопасности, а также выполнении условий по набору численности, квалификации и проценту локализации задействованного персонала (для АЭС российского дизайна, сооружаемых за рубежом), способствует ориентации на повышение эф-

Категория	№	Фактор	№ X – Y	Элемент	1. Сварщик, РФ, 6 разряд	2. Арматурщик, АРЕ, 3 разряд	3. Монтажник, НРБ, 4 разряд	4. Бетонщик, РФ, 5 разряд	5. Разнорабочий, АРЕ	6. Разнорабочий, НРБ	7. Монтажник, РФ, 5 разряд	8. Сварщик, АРЕ, 3 разряд	9. Бетонщик, НРБ, 4 разряд	10. Арматурщик, РФ, 6 разряд
Индивидуально-личностные	1	Метрические	X1	Возраст	8	2	5	10	8	2	10	5	8	10
			X2	Религиозная компонента	5	3	3	5	3	3	5	3	3	5
			X3	Семейное положение	8	5	8	8	3	3	8	5	8	5
	2	Физиологические	X4	Состояние здоровья	10	10	3	10	3	3	3	10	3	10
			X5	Фобии	10	2	10	10	2	2	10	10	10	10
			X6	Физическая выносливость	5	10	5	5	10	2	10	5	10	10
			X7	Риск возникновения зависимостей	5	0	10	5	0	0	10	8	10	10
	3	Лингвистические	X8	Лингвистические	7	3	3	3	0	0	3	7	3	10
	4	Когнитивные способности	X9	Понимание инструкции	10	5	10	10	0	0	10	5	5	10
			X10	Концентрация внимания	5	0	10	10	5	0	5	10	5	10
			X11	Скорость реакции	8	5	8	10	3	0	10	8	8	10
	5	Личностные характеристики	X12	Склонность к риску	5	0	0	10	5	0	5	10	10	5
			X13	Стрессоустойчивость	10	5	5	10	0	0	10	5	5	10
			X14	Дисциплинированность	10	4	7	10	0	0	10	4	10	10
Профессионально-технические	6	Основное образование	X15	Основное образование	8	2	0	10	0	0	8	6	2	10
	7	Профессиональная подготовка и результативность на площадке строительства	X16	Разряд	10	4	6	8	2	2	10	4	6	10
			X17	Входной контроль квалификации	7	3	3	10	0	0	10	3	7	10
			X18	Повышение разряда в процессе работы на площадке	2	0	1	3	0	0	2	0	1	3
			X19	Освоение смежной профессии	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
			X20	Выполнение плановых производственных показателей	2	1	2	2	1	0	2	1	1	2
			X21	Оценка профессионального опыта линейными руководителями	8	4	6	8	2	0	10	4	4	10
	8	Наличие предыдущего релевантного опыта	X22	Опыт на проектах Росатома	4	0	2	6	0	0	4	0	0	6
	9	Приверженность безопасности	X23	Нарушения норм и правил в области безопасности	10	0	10	0	0	0	10	0	0	10
			X24	Обязательное обучение по безопасности	5	0	5	5	5	0	5	0	5	5
			X25	Подготовка по культуре безопасности	3	0	3	0	0	0	3	0	0	3
	10	Качество выполняемых технологий	X26	Качество выполняемых технологий	10	0	10	10	0	0	10	0	0	10
	11	Профессиональное лидерство	X27	Участие в конкурсах профессионального мастерства	0	0	5	5	0	0	0	0	0	5
			X28	Поданы предложения по улучшению производственного процесса	0	0	0	3	0	0	5	0	0	3
Результирующий признак			Y	Целевой разряд	6	4	6	6	4	3	6	4	5	6

Табл.1. Исходные данные для проведения многофакторного регрессионного анализа
Tab. 1. Initial data for multivariate regression analysis

фективности использования ресурсного потенциала строительной организации.

Управление трудовыми ресурсами строительных предприятий зачастую выражается в планировании численности требуемых категорий трудовых ресурсов (общестроительного и тепломонтажного персонала, ИТР) на основании опыта сооружения референтных блоков АЭС и контроля приёма в штат строительных предприятий персонала в требуемом количестве.

При этом необходимо учитывать, что экстраполировать данные о требуемой численности трудовых ресурсов с референтного российского блока АЭС в ПОС по блокам АЭС за рубежом в корне ошибочно. Трудовые ресурсы, в отличие от материально-технических или технологических, обладают различным уровнем профессионально-технических и индивидуально-личностных факторов кадрового потенциала, уникальных для каждого участника трудового коллектива, которые необходимо учитывать

для целей планирования и управления трудовыми ресурсами, формирования эффективных форм организации труда.

Научная новизна настоящего исследования состоит в применении инструментария многофакторного регрессионного анализа для целей оценки влияния факторов кадрового потенциала на результаты производственной деятельности строительно-монтажного персонала.

Материалы и методы

Исследования, посвящённые вопросам повышения эффективности и оптимизации использования различных видов ресурсов в строительных организациях, проводили учёные-исследователи под руководством С. Г. Чутченко [1], Р. Г. Кушиева и М. Н. Карахонова [2], Д. С. Рюмина [3].

Рассмотрением вопросов управления трудовыми ресурсами в строительстве занимались такие авторы, как

№	Категория	Фактор	Элемент	№ $X - Y$	Корреляция	Регрессия b_i
1	Целевой квалификационный разряд			Y	1	2,2
2	Индивидуально-личностные	Когнитивные способности	Скорость реакции	X_{11}	0,365148372	0,13
3	Профессионально-технические	Профессиональная подготовка и результативность на площадке строительства	Текущий квалификационный разряд	X_{16}	0,553398591	0,35
4			Повышение разряда в процессе работы на площадке	X_{18}	0,197202659	0,23
5			Освоение смежной профессии	X_{19}	0,30429031	0,33
6			Выполнение плановых производственных показателей	X_{20}	0,895143593	1,66

Табл. 2. Результат проведения многофакторного регрессионного анализа
Tab. 2. The result of a multivariate regression analysis

Д. О. Долганов и П. Е. Манохин [4], К. А. Агаева [5], Д. С. Софронов [6], Л. Р. Яруллина и Т. В. Сучкова [7].

Изучению роли и значимости кадрового потенциала в управлении строительным предприятием посвятили свои труды В. Н. Проворов [8], М. Н. Барбарская [9], У. А. Ахмедханова и С. З. Карсакова [10], Д. Р. Эмирбекова [11].

Авторы в проводимых исследованиях уделяют значительное внимание роли потенциала трудовых ресурсов в управлении строительным предприятием, при этом открытым остаётся вопрос формирования феномена кадрового потенциала и определения факторов профессионально-технической природы, влияющих на его уровень.

Для решения данной задачи целесообразным видится применение инструментария многофакторного регрессионного анализа для определения влияния элементов кадрового потенциала (X) на целевой квалификационный разряд (Y), рассматриваемый в качестве профессионально-технического результирующего признака готовности к выполнению работником производственных показателей и представленного уравнением множественной регрессии следующего вида:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_nx_n, \quad (1)$$

где Xn – число элементов, b – параметры регрессии.

В качестве исходных данных в таблице 1 приведён набор индивидуально-личностных и профессионально-технических категорий факторов кадрового потенциала и их 28 составных элементов, которые, по мнению авторов, оказывают влияние на уровень кадрового потенциала работника и строительного предприятия в целом, а также экспертная оценка элементов по 10 респондентам различных рабочих профессий из Российской Федерации, Арабской республики Египет и Народной республики Бангладеш, где сооружаются АЭС с участием строительных предприятий Росатома.

После определения и оценки составных элементов факторов кадрового потенциала автором при помощи пакета «Анализ данных» в Excel был произведён расчёт парных значений корреляции для определения наличия/отсутствия связи между приведёнными в таблице 1 элементами с использованием формулы расчёта парных значений корреляции (2):

$$r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \times \bar{y}}{\sigma_x \times \sigma_y}, \quad (2)$$

где $\overline{xy}$ – среднее значение произведения двух признаков, $\bar{x}$ и $\bar{y}$ – средние значения признаков, σx и σy – средние квадратичные отклонения признаков.

Особое знание в использовании методологии регрессионного анализа заключается в определении элементов (X), которые оказывают влияние на результирующий

признак (Y) и исключение взаимозависимых составляющих выборки.

Для определения элементов с наиболее тесной связью с результирующим признаком авторами предлагается к применению формула расчёта коэффициента множественной линейной корреляции (3):

$$R = \sqrt{1 - \frac{\Delta}{D_{yy}}} = 0,995824616, \quad (3)$$

где Δ – определитель матрицы парной корреляции, D_{yy} – определитель алгебраического дополнения первого элемента этой матрицы.

Для построения итогового уравнения регрессии вычислим абсолютные коэффициенты на основе относительных коэффициентов, используя формулу (4):

$$n = \beta_1 \frac{\sigma_y}{\sigma_{x1}}, \quad (4)$$

где n – количество элементов, β_1 – коэффициент корреляции Пирсона, σx и σy – средние квадратичные отклонения для X и Y .

Таким образом, в результате проведённого анализа будут рассчитаны абсолютные коэффициенты регрессии и элементы, связь которых с результирующим признаком оказалась наиболее тесной.

Результаты

В ходе определения элементов кадрового потенциала, оказывающих влияние на целевой квалификационный разряд, были определены 5 элементов в факторах кадрового потенциала работника. К элементам, оказывающим наиболее значимое влияние, относятся: скорость реакции при выполнении производственных задач, текущий квалификационный разряд и его повышение в процессе трудовой деятельности, освоение смежной профессии и выполнение плановых производственных показателей. Результаты многофакторного анализа представлены в таблице 2.

По результатам данных, представленных в таблице 2, составим уравнение множественной регрессии (5):

$$y = b_0 + 0,13x_{11} + 0,35x_{16} + 0,23x_{18} + 0,33x_{19} + 1,66x_{20}. \quad (5)$$

Полученные результаты многофакторного регрессионного анализа позволяют предметно подойти к вопросу качественной оценки потенциала трудовых ресурсов строительных предприятий при определении их ключевой метрикой – целевым квалификационным разрядом.

Обсуждение

Управление не только количественной, но и качественной составляющей трудовых ресурсов становится неотъемлемой частью ресурсного подхода, актуальность которого особенно возрастает в условиях дефицита рынка

труда среди представителей рабочих профессий. Понимание руководителем строительного предприятия рычагов влияния на вопросы повышения производительности труда, качества и безопасности работ, а также выполнения требований контракта в части стоимости и периода сооружения через профессионально-техническую компоненту кадрового потенциала строительного предприятия позволяет формировать в строительной компании организационную структуру, а также выстраивать системообразующие процессы на основании научно обоснованных подходов к управлению трудовыми ресурсами при строительстве ОИАЭ.

Выводы

Применение научно обоснованного подхода к управлению трудовыми ресурсами и повышению кадрового потенциала строительных предприятий становится неотъемлемой частью процесса управления жизненным циклом объектов строительства. На примере анализа,

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Чутченко, С. Г. Организационно-экономический инструментарий в управлении информационными ресурсами строительной организации / С. Г. Чутченко, И. А. Чутченко, В. Ю. Ксандинов // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений : Материалы 16-ой Международной научно-практической конференции, Новочеркасск, 15 ноября 2016 года. – Новочеркасск : Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, 2016. – С. 80–85.
- Кушиев, Р. Г. Совершенствование механизма обеспечения строительной организации производственными ресурсами и улучшения их использования / Р. Г. Кушиев, М. Н. Караханов // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Общественные и гуманитарные науки. – 2014. – № 3 (28). – С. 26–29.
- Рюмин, Д. С. Управление использованием материалов в строительной организации / Д. С. Рюмин // Транспортное дело России. – 2010. – № 12. – С. 33.
- Долганов, Д. О. Управление трудовыми ресурсами строительной организации / Д. О. Долганов, П. Е. Манохин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 12-1 (90). – С. 45–50.
- Агаева, К. А. Роль мотивации человеческих ресурсов в повышении конкурентоспособности строительных организаций / К. А. Агаева // Мировая наука. – 2018. – № 10 (19). – С. 68–72.

REFERENCES

- Chutchenko, S. G. Organizatsionno-ehkonomicheskij instrumentarij v upravlenii informatsionnymi resursami stroitel'noj organizatsii [Organizational and economic tools in the management of information resources of a construction organization] / S. G. Chutchenko, I. A. Chutchenko, V. Yu. Ksandinov // Informatsionnye tekhnologii v obsledovanii ehkspluatiruemykh zdaniy i sooruzhenij : Materialy 16-oy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Novocherkassk, 15 noyabrya 2016 goda [Information technologies in the survey of operated buildings and structures : Materials of the 16th International Scientific and Practical Conference, Novocherkassk, November 15, 2016]. – Novocherkassk : Yuzhno-Rossijskij gosudarstvennyj politekhnicheskij universitet (NPI) imeni M. I. Platova [South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov], 2016. – Pp. 80–85.
- Kushiev, R. G. Sovershenstvovanie mekhanizma obespecheniya stroitel'noj organizatsii proizvodstvennymi resursami i uluchsheniya ikh ispol'zovaniya [Improving the mechanism for providing a construction organization with production resources and improving their use] / R. G. Kushiev, M. N. Karakhanov // Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo peda-

представленного в настоящей статье, авторами предложен инструмент оценки влияния факторов кадрового потенциала на результаты производственной деятельности с использованием статистического аппарата.

Доказано, что преобладающее влияние на производственный результат оказывают профессионально-технические факторы квалификационной и компетентностной природы. Результаты и ключевые методологические аспекты проведённого исследования могут стать основой для методик подбора, организации входного контроля квалификации, формирования динамических программ подготовки и развития рабочих кадров строительной отрасли, направленных на рациональное использование ресурсного потенциала предприятий.

Применение данного инструмента возможно при решении различных производственных задач как в атомной, так и в иных производственных отраслях.

- Софронов, Д. С. Качество трудового ресурса строительной отрасли / Д. С. Софронов // Вестник МГСУ. – 2012. – № 3. – С. 159–163.
- Яруллина, Л. Р. Проблемы управления персоналом в организациях строительной индустрии / Л. Р. Яруллина, Т. В. Сучкова // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 4 (34). – С. 427–432.
- Проворов, В. Н. Управление кадровым потенциалом строительной организации / В. Н. Проворов // Вестник евразийской науки. – 2021. – № 3.
- Барбарская, М. Н. Определение направлений развития потенциала человеческих ресурсов строительных организаций / М. Н. Барбарская // Основы экономики, управления и права. – 2014. – № 2 (14). – С. 74–78.
- Ахмедханова, У. А. Методы формирования и эффективного использования кадрового потенциала в системе управления строительным предприятием / У. А. Ахмедханова, С. З. Карсакова // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2012. – № 2 (32). – С. 244–253.
- Эмирбекова, Д. Р. Повышение конкурентоспособности строительных предприятий на основе организационно-экономических решений управления кадровым потенциалом / Д. Р. Эмирбекова // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2017. – Т. 44, № 3. – С. 222–231.

- gogicheskogo universiteta. Obshestvennye i gumanitarnye nauki [Proceedings of the Dagestan State Pedagogical University. Social sciences and humanities]. – 2014. – No. 3 (28). – Pp. 26–29.
- Ryumin, D. S. Upravlenie ispol'zovaniem materialov v stroitel'noj organizatsii [Managing the use of materials in a construction organization] / D. S. Ryumin // Transportnoe delo Rossii [Transport business of Russia]. – 2010. – No. 12. – P. 33.
- Dolganov, D. O. Upravlenie trudovymi resursami stroitel'noj organizatsii [Human resources management of a construction organization] / D. O. Dolganov, P. E. Manokhin // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Scientific Research Journal]. – 2019. – № 12-1 (90). – Pp. 45–50.
- Agueva, K. A. Rol' motivatsii chelovecheskikh resursov v povyshenii konkurentosposobnosti stroitel'nykh organizatsij [The role of human resource motivation in increasing the competitiveness of construction organizations] / K. A. Agueva // Mirovaya nauka [World science]. – 2018. – No. 10 (19). – Pp. 68–72.
- Sofronov, D. S. Kachestvo trudovogo resursa stroitel'noj otrasli [The quality of the labor resource of the construction industry] / D. S. Sofronov // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. –

2012. – No. 3. – Pp. 159–163.

7. Yarullina, L. R. Problemy upravleniya personalom v organizatsiyakh stroitel'noj industrii [Problems of personnel management in organizations of the construction industry] / L. R. Yarullina, T. V. Suchkova // Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Proceedings of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering]. – 2015. – No. 4 (34). – Pp. 427–432.

8. Provorov, V. N. Upravlenie kadrovym potentsialom stroitel'noj organizatsii [Managing the human resources of a construction organization] / V. N. Provorov // Vestnik evrazijskoj nauki [Bulletin of Eurasian science]. – 2021. – No. 3.

9. Barbarskaya, M. N. Opredelenie napravlenij razvitiya potentsiala chelovecheskikh resursov stroitel'nykh organizatsij [Identification of directions for the development of the human resources potential of construction organizations] / M. N. Barbarskaya // Osnovy ehkonomiki, upravleniya i prava [Fundamentals of economics, management and law]. – 2014. – No. 2 (14). – Pp. 74–78.

10. Akhmedkhanova, U. A. Metody formirovaniya i ehffektivnogo ispol'zovaniya kadrovogo potentsiala v sisteme upravleniya stroitel'nykh predpriyatiem [Methods of formation and effective use of human resources in the management system of a construction enterprise] / U. A. Akhmedkhanova, S. Z. Karsakova // Regional'nye problemy preobrazovaniya ehkonomiki [Regional problems of economic transformation]. – 2012. – No. 2 (32). – Pp. 244–253.

11. Emirbekova, D. R. Povyshenie konkurentosposobnosti stroitel'nykh predpriyatij na osnove organizatsionno-ehkonomicheskikh reshenij upravleniya kadrovym potentsialom [Improving the competitiveness of construction enterprises based on organizational and economic solutions for human resource management] / D. R. Emirbekova // Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki [Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical sciences]. – 2017. – Vol. 44, No. 3. – Pp. 222–231.

УДК 69.05 DOI: 10.54950/26585340_2024_3_58

Повышение эффективности реализации типовых проектов на основе применения систем информационного моделирования

Increasing the Efficiency of Implementation of Standard Projects Based on the Use of Information Modeling Systems

Маилян Лия Дмитриевна

Кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой «Организация строительства», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), Россия, 344000, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1

Mailyan Liya Dmitrievna

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Construction Organization, Don State Technical University (DSTU), Russia, 344000, Rostov-on-Don, ploshhad' Gagarina, 1

Зеленцов Леонид Борисович

Доктор технических наук, профессор кафедры «Организация строительства», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), Россия, 344000, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1, l.zelencov@yandex.ru

Zelentsov Leonid Borisovich

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Construction Organization, Don State Technical University (DSTU), Russia, 344000, Rostov-on-Don, ploshhad' Gagarina, 1

Пирко Дмитрий Владимирович

Аспирант кафедры «Организация строительства», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), Россия, 344000, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1, dmitwl2000@gmail.com

Pirko Dmitry Vladimirovich

Postgraduate student of the Department of Construction Organization, Don State Technical University (DSTU), Russia, 344000, Rostov-on-Don, ploshhad' Gagarina, 1, dmitwl2000@gmail.com

Тузлуков Кирилл Владимирович

Аспирант кафедры «Организация строительства», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), Россия, 344000, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1, 2435170@mail.ru

Tuzlukov Kirill Vladimirovich

Postgraduate student of the Department of Construction Organization, Don State Technical University (DSTU), Russia, 344000, Rostov-on-Don, ploshhad' Gagarina, 1, 2435170@mail.ru

Илюшин Сергей Алексеевич

Магистр кафедры «Организация строительства», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), Россия, 344000, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1, 2435170@mail.ru

Ilyushin Sergey Alekseevich

Master student of the Department of Construction Organization, Don State Technical University (DSTU), Russia, 344000, Rostov-on-Don, ploshhad' Gagarina, 1, 2435170@mail.ru

Аннотация. Цель. Повышение эффективности реализации инвестиционно-строительных проектов строительства объектов социальной сферы, финансируемых из бюджетных средств,

за счёт внедрения систем информационного моделирования. **Методы.** В Донском государственном техническом университете (ДГТУ) совместно с ЗАО «ЮТМ» ведётся разработка

цифровой платформы ИСУ «Строительство» [1], позволяющей обеспечить эффективное информационное взаимодействие специалистов проектных и строительных организаций и снизить за счёт этого количество ошибок и несоответствий, возникающих на стадиях проектирования и строительства, в том числе и при реализации типовых проектных решений объектов социальной сферы.

Результаты. Рассматриваемая система ориентирована на устранение ошибок проектирования путём создания единой цифровой платформы и базы данных решения задач на стадии-

Abstract. Object. Increasing the efficiency of implementation of investment and construction projects of State and Municipal facilities through the introduction of information modeling systems.

Methods. At the Don State Technical University (DSTU), within the framework of a technological partnership with UTM CJSC, work is underway to import substitution of existing software in the field of investment and construction project management. The main way to solve this problem is to create a digital platform for solving the entire set of problems of managing an investment and construction project, which will ensure effective information interaction between specialists of design and construction organizations and thereby improve the quality of commissioned

Введение

Разработка проектной документации является неотъемлемой частью инвестиционно-строительного проекта (ИСП), которая определяет технические, эксплуатационные характеристики будущего объекта, а также стоимость проекта в целом. Качественное составление проектной документации оказывает прямое влияние на конечный результат инвестиционно-строительной деятельности.

Для уменьшения сроков инвестиционного цикла проектов, оптимизации расходования бюджетных средств на проектирование и строительство объекта законодательными органами Российской Федерации был предусмотрен ряд мероприятий по реализации инвестиционно-строительных проектов (ИСП) с применением «типовой» проектной документации, которая ранее прошла государственную экспертизу [2]. По задумке авторов законопроекта, применение «типовой» проектной документации не потребует проведения повторной государственной экспертизы, однако это относится только к проектам, сведения об экспертном заключении которых содержатся в реестре заключений государственной экспертизы. В то же время при строительстве объектов, которые финансируются из средств бюджета, применение типовых проектов является обязательным [3], однако данное требование не распространяется на проектирование особо опасных, технически сложных, проектов реконструкции и капитального ремонта, а также при выполнении проектных работ по сохранению объектов культурного наследия.

Согласно оценкам экспертов строительной области, применение «типовой» проектной документации имеет ряд неоспоримых преимуществ, позволяющих сократить сроки реализации инвестиционно-строительных проектов, а также повысить эффективность использования средств бюджета государства и его субъектов. Грамотное применение «типовой» проектной документации позволит уменьшить количество ошибок проектировщика.

Положительный опыт применения типового проектирования можно наблюдать в сфере строительства в СССР.

ях проектирования и строительства.

Выводы. Используемая в рамках проекта интеллектуальная система управления строительством позволит обеспечить прозрачность выполнения всех этапов инвестиционно-строительного проекта, что окажет положительное влияние на качественные показатели реализуемого проекта.

Ключевые слова: инвестиционно-строительный проект, ошибки проектирования, стоимость строительства, сроки строительства, интеллектуальная система управления строительством, проекты повторного применения.

facilities.

Findings. The system under consideration is focused on eliminating design errors by creating a unified digital platform and database for solving problems at the design and construction stages.

Conclusions. The intelligent construction management system used within the project will ensure transparency in the implementation of all stages of the investment and construction project, which will have a positive impact on the quality indicators of the ongoing project.

Keywords: investment and construction project, design errors, construction cost, construction time, intelligent construction management system, reuse projects.

Начиная с 1958 г. в жилищном строительстве СССР стали применяться типовые проекты жилых домов. За весь период использования типовых проектов был накоплен значительный опыт строительства и эксплуатации многочисленных жилых комплексов, различных типов жилых домов [4]. Применение типовых проектов в СССР позволило повысить эффективность использования трудовых ресурсов, а также значительно уменьшить сроки реализации проектов.

Однако применение типовых проектов имеет и свои недостатки, особенно – в однообразии архитектурных решений зданий и сооружений.

Для получения всех преимуществ использования «типовых» проектов-аналогов необходимо выполнить ряд мероприятий по их «привязке» к существующим климатическим, геологическим, гидрогеологическим, рельефным особенностям будущего участка строительства, определяемым на основании инженерных изысканий.

В случае некачественного проведения инженерных изысканий использование типового проекта может привести к ещё большим финансовым и правовым рискам, чем разработка новых проектных решений.

Цель статьи – показать реалии применения «типовых» проектов при строительстве объектов жилищного и социального назначения и пути повышения эффективности ИСП за счёт внедрения цифровых платформ и интеллектуальных систем управления строительством (ИСУ «Строительство»).

Основной причиной обрушений зданий сооружений, а также других иных негативных последствий являются ошибки, допущенные на стадии проектирования, которые возникают, как правило, по причине человеческого фактора. В результате допущенных ошибок при проектировании ежегодно происходит 500–600 недопустимых нарушений деформаций конструкций зданий [5]. Устранение последствий этих ошибок уже на стадии строительства за счёт усиления конструкций и оснований зданий приводит к дополнительным работам и, как следствие, к росту финансовых издержек, а также к возможному воз-

никновению уголовно-правовой ответственности участников ИСП.

Единственным объективным методом выявления ошибок проектирования является контроль качества разрабатываемой проектной документации. Как показывает практика, качество проектных решений зависит от квалификации как самого исполнителя, так и руководителя проекта, при этом существующая система контроля качества проектной документации не обеспечивает своевременное выявление и устранение ошибок как на стадии разработки, так и приёмки проектной документации в работу.

Материалы и методы

В настоящее время успех реализации любого ИСП во многом зависит от выбранной организационной формы управления проектом. На сегодняшний день существует три основные формы:

- 1. Генподрядная – заказчик на конкурсной основе определяет генподрядчика, который заключает подрядные договора на строительство и поставку материальных ресурсов.
- 2. Договор с ЕРС-подрядчиком, что подразумевает выполнение ЕРС-подрядчиком полного цикла работ по проектированию и строительству и характеризуется высоким пределом ответственности подрядчика. Договор с ЕРС-подрядчиком показывает свою эффективность при реализации большинства проектов. Единственное, что нужно учитывать, что его стоимость при заключении договора может быть выше, чем при генподрядной схеме, за счёт более тщательной проработки всех возможных рисков реализации проекта, но качественные характеристики объекта и сроки его строительства являются константой.
- 3. Договор с ЕРС(М)-подрядчиком. В соответствии с ЕРС (М), подрядчик от имени застройщика заключает договоры на выполнение инженерных изысканий, подготовку проектной документации, поставку материальных ресурсов. Договор ЕРС(М) позволяет управлять именно проектом, а не конкретными работами [6].

Основные проблемы возникают с инвестиционно-строительными проектами, реализуемыми с использованием генподрядной организационной формы, при которой заказчик на основании конкурсного отбора сначала выбирает проектную фирму, а затем – после прохождения проектной документации экспертизы – генподрядчика.

В статье на примере одного объекта «Школа» рассматриваются проблемы, которые возникают при генподрядной форме управления строительством. Одной из основных проблем генподрядной формы управления является низкое качество проектной документации.

Ошибки при проектировании в настоящее время обусловлены следующими факторами:

- 1) дефицитом квалифицированных специалистов-проектировщиков;
- 2) отсутствием правовой ответственности разработчиков проектной документации после её приёмки заказчиком и прохождения экспертизы;
- 3) недостаточной организованностью внутренней среды деятельности проектной организации;
- 4) отсутствием единой цифровой платформы и базы данных для выполнения всех стадий проектно-изы-

- скаательских работ;
- 5) необоснованными требованиями заказчика к проектировщикам по сокращению сроков и затрат при выполнении проектно-изыскательских работ, что сказывается на их полноте и качестве.

Как показывает практика, при входном контроле качества проектной документации у генподрядчика нередко возникают проблемы с расхождениями между разделами проектной документации из-за нарушения порядка их разработки.

Проектирование жилых домов, объектов социальной сферы имеет следующую последовательность:

- 1. Получение утверждённого задания на проектирование от заказчика.
- 2. Проведение инженерных изысканий.
- 3. Проработка технологических и архитектурных планов.
- 4. Разработка инженерных решений (ОВиК, ВК, ЭС, ЭМ, СС).
- 5. Разработка конструктивных решений (КР).
- 6. Параллельно с разработкой внутренних архитектурных решений (АР), инженерных решений (ОВиК, ВК, ЭС, ЭМ, СС), конструктивных решений проводятся работы по проектированию генерального плана и наружных сетей (НВК, НСС, НЭС, НЭО и т. д. в зависимости от технического задания).

На сегодняшний день законодательством Российской Федерации не регламентируется продолжительность проектирования в зависимости от объёма работы. На стадии разработки проектной документации заказчик требует от проектировщика выполнять проектные и изыскательские работы в сжатые сроки, что приводит в ряде случаев к нарушению последовательности проектирования, что отрицательно влияет на качество проектно-сметной документации. Исходя из этого, проектная организация вынуждена выполнять работы по разработке конструктивных решений, архитектурных решений, инженерных решений параллельно, что приводит к появлению несоответствий между разделами проектной документации, которые выявляются уже на стадии строительства.

В качестве примера характерных ошибок, возникающих в процессе проектирования, на основе использования объекта-аналога нами был выбран объект «Школа», строительство которого осуществлялось на основе документации повторного применения. Проект повторно-го применения по объёмно-планировочным решениям устраивал заказчика, поэтому проектная организация по его заданию осуществила «привязку» к местным условиям, без учёта ошибок проектирования, которые были выявлены при строительстве предшествующих объектов по данной документации.

В процессе строительства объекта «Школа» выявились серьёзные несоответствия в проектной документации, а именно расхождения между разделами «Конструктивные решения» и «Архитектурные решения», которые заключались в несоответствии высотных отметок входной группы (монолитная железобетонная конструкция), что в итоге привело к необходимости выполнения демонтажных работ бетонной конструкции, а также к корректировке проектной документации.

Всего за период строительства объекта «Школа» было выявлено 125 несоответствий разделов проектной документации.

Наименование материала	Стоимость с НДС в текущих ценах			
Наименование материала по ФССЦ	Материал, принятый ПД	Стоимость материала по ФССЦ	Рыночная стоимость материала	Убыток
Брусчатка вибропрессованная двухслойная гладкая серая, толщина 100 мм. Применительно Плитка тротуарная ЭДД 1.6. Беттекс	Плитка тротуарная ЭДД 1.6. Беттекс	219 968,40	385 236,00	165 267,60
Композиция полиуретановая пигментированная с резиновой крошкой. Применительно Sintepol-EM двухслойная, водонепроницаемая система покрытия (расход 1,8 кг/м²)	Sintepol-EM – двухслойная, водонепроницаемая система	2 439 375,60	11 803 708,80	9 364 333,20

Табл. 1. Сравнительная таблица рыночной цены материалов в сравнении с ценой федеральных расценок
Tab. 1. Comparative table of the market price of materials, in comparison with the price of federal rates

Одним из решений проблемы с последовательностью выполнения разделов проекта является внедрение информационных технологий, которые позволяют специалистам, работая на одной цифровой платформе, своевременно выявлять все несоответствия в проектной документации ещё на стадии проектирования за счёт использования методологии BIM-моделирования (ТИМ).

Эффективность применения BIM-технологий заключается в строгой последовательности разработки проектных решений. Так, сначала осуществляется разработка архитектурных решений здания с использованием 3D-модели, а затем на её основе выполняется разработка всех остальных разделов проекта, что в конечном итоге позволяет сократить время на проверку результатов проектирования и минимизировать количество ошибок в проекте [7]. Применение BIM повышает качество ПСД, улучшает результативность управленческих решений и в целом снижает затраты на этапе строительства [8].

Помимо некачественной разработки проектных решений нередко встречаются ошибки, возникающие при разработке сметной документации, которые приводят к дополнительным затратам подрядной строительной организации.

Как известно, основной затратной статьёй в строительстве являются материалы и оборудование. При составлении сметных расчётов цена на материалы и оборудование в настоящее время может определяться двумя методами:

- 1) применением федеральных (территориальных) расценок с соответствующими характеристиками и марками материалов;
- 2) применением цен на материалы и оборудование на основании конъюнктурного анализа цен от поставщиков.

В первую очередь требуется применять федеральные сметные расценки из унифицированных сборников сметных расценок, но только в том случае, если указанные в расценке характеристики, модели, марки, а иногда даже и рекомендуемый производитель оборудования и материалов в точности соответствуют принятым в рабочей документации решениям [9].

При невозможности применения сметной расценки из унифицированных сборников ввиду несоответствия характеристик материалов или оборудования необходимо применить метод конъюнктурного анализа, заключающийся в сравнении цен от ряда поставщиков, с целью определения экономически эффективного решения. Этот метод является наиболее точным при определении стоимости материалов и оборудования, однако и у него есть свои минусы, которые заключаются в ограничении числа рассматриваемых поставщиков при закупке материалов и

оборудования, что является не совсем корректным в условиях рыночной экономики.

От грамотного выбора метода расчёта стоимости материалов и оборудования зависит в большей степени конечная сметная стоимость строительства. Это очень важный момент при реализации проекта, так как напрямую влияет на итог инвестиционно-строительной деятельности и, в частности, на экономическую эффективность проекта.

Проведённый нами анализ сметной документации по объекту «Школа» показал, что при составлении сметной документации были допущены ошибки проектировщика в части выбора метода определения стоимости материалов и оборудования.

Из анализа данных, приведённых в таблице № 1, можно видеть, насколько выбранный метод определения стоимости материальных ресурсов влияет на конечную стоимость строительства.

Результаты

На практике нередко случаи, когда возникает необходимость внесения изменений в проектно-сметную документацию уже в период строительства, что носит негативных характер, так как в данном случае увеличивается, зачастую, не только стоимость строительства, но и продолжительность производства работ.

Изменения, вносимые в проектную документацию, можно разделить на два типа:

- 1. Изменения, требующие прохождения повторной экспертизы проектной документации.
- 2. Изменения, утверждённые разрешением главного инженера проекта (ГИП) проектной организации [10].

Экспертиза проектной документации по решению заказчика может не проводиться в отношении изменений проектно-сметной документации в случаях [11]:

- изменений, не затрагивающих несущие строительные конструкции объекта, за исключением замены таких конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы;
- изменений, которые не влекут за собой смену класса или категории первоначально установленных показателей функционирования объекта;
- изменений, которые не приводят к нарушениям технических регламентов, санитарно-эпидемиологических требований, требований в области охраны труда и иных;
- изменений, которые соответствуют первоначальному заданию заказчика на проектирование, а также инженерным изысканиям;
- изменений, не приводящих к увеличению первоначальной стоимости проекта.

Пояснение убытков	Убыток в % от фиксированной цены контракта
Убыток, связанный с некорректностью сметной документации	6 %
Убыток в связи с заменой импортного не поставляемого оборудования	0,04 %
Убыток в связи с проведением повторных инженерно-геологических изысканий	0,30 %
Убыток, связанный с устранением уже выполненных работ по некорректным проектным решениям	0,81 %
Увеличение цены контракта в связи с выявлением дополнительных мероприятий по защите территории в связи с некорректными, неполными изысканиями	19,36 %

Табл. 2. Увеличение стоимости строительства объекта «Школа»
Tab. 2. Increase in the cost of construction of the “School” facility

Для внесения изменений в проектную документацию, которые соответствуют вышеизложенным требованиям, достаточно получить разрешение главного инженера проекта проектной организации. В иных случаях проведение повторной экспертизы проектной документации является обязательной процедурой.

Внесение изменений в проектную документацию приводит иногда к возникновению конфликтных ситуаций между участниками ИСП, когда несоответствия выявляются не на стадии проектирования или проведения экспертизы, а уже непосредственно на стадии строительства. В таких случаях завершение строительства в обусловленные контрактом сроки часто не представляется возможным.

Лицо, осуществляющее строительство, обязано соблюдать процедуру обязательного информирования заказчика при выявлении факторов, которые могут привести к негативному результату, в том числе и при обнаружении ошибок в проектной документации [12; 13]. Однако даже своевременное информирование и устранение замечаний не отменяет влияния выявленных несоответствий в проектной документации на весь процесс реализации ИСП, включая качество выполненных работ по объекту, сроки строительства и конечную его стоимость. В этом случае ошибки проектировщика приводят к правовым и/или финансовым издержкам не только заказчика, но и подрядчика, осуществляющего строительство. А вот вопрос ответственности проектировщика за упущения, а иногда и откровенно некачественную проектную документацию недостаточно законодательно урегулирован.

В ряде случаев одной из существенных причин внесения изменений в проектную документацию является некачественное проведение инженерных изысканий, а также неактуальность информации, полученной при их проведении, в частности при «привязке» проектов повторного применения [14].

Ненадлежащим образом проведённые инженерные изыскания уже на начальной стадии проектирования могут привести к некорректному результату в части «привязки» типового объекта к реальным условиям на будущем участке строительства.

Неактуальность ранее выполненных инженерных изысканий на начало строительства объекта «Школа» привела к рискам реализации проекта, так как при обильных осадках был велик риск затопления грунтовыми и талыми водами благоустройства территории, стадиона и спортивных площадок, вследствие чего производство работ по устройству наружных сетей и работ по благоустройству было приостановлено. После выявления риска воздействия опасного геологического фактора (подтопления) были проведены повторные инженерно-геологиче-

ские изыскания, которые позволили разработать план мероприятий по устранению воздействия грунтовых и талых вод на будущее здание, а также на окружающую территорию, что привело к увеличению сроков строительства и конечной стоимости проекта.

Проведённая работа позволила выявить и систематизировать типичные ошибки, возникающие из-за отсутствия тесного информационного взаимодействия участников ИСП.

Обсуждение

Таким образом, по итогам всех корректировок графической части, сметной документации, разделов изысканий окончательная картина по реальной стоимости объекта «Школа» сложилась следующая.

На основе таблицы 2 можно сделать заключение, что реальная стоимость инвестиционно-строительного проекта оказалась на 25 % выше сметной. Помимо стоимости были нарушены и сроки строительства.

Продолжительность строительства в соответствии с контрактом составляла 14 месяцев. Корректировка проектной документации в части устранения ошибок проектировщика, а также замены импортного оборудования привела к увеличению сроков строительства на 6 месяцев, а проведение мероприятий по повторным инженерным изысканиям увеличило продолжительность строительства еще на 6 месяцев, и окончательная продолжительность строительства составила 26 месяцев, что на 12 месяцев больше контрактного срока.

Полученный результат свидетельствует об отсутствии надлежащего контроля со стороны заказчика как на стадии разработки проектной документации, так и на стадии прохождения экспертизы и приёмки документации.

Следует также отметить, что при проектировании и строительстве рассматриваемого объекта не использовались современные информационные технологии, основанные на методологии BIM, что во многом и повлияло на возникновение множества несоответствий и ошибок, которые привели к росту издержек и увеличению продолжительности строительства.

Применение BIM (ТИМ) при проектировании и строительстве объекта «Школа» позволило бы повысить качество проектирования, обеспечить необходимую точность планирования, и, как итог, улучшить качество строительства за счёт эффективного взаимодействия между участниками проекта и использования единой цифровой базы.

На завершающей стадии строительства объекта «Школа» в ноябре 2023 года генподрядчиком было принято решение по внедрению ИСУ «Строительство» на цифровой платформе, разработанной ДГТУ совместно с ЗАО «ЮТМ». В настоящее время создана цифровая база данных проектной и исполнительной документации с

применением ИСУ «Строительство» по рассматриваемому объекту «Школа», что позволило успешно сдать его в эксплуатацию к началу учебного года [16].

Заключение

1. Выполненное исследование подтвердило значимость применения современных методов организации и управления ИСП на основе цифровых платформ и интеллектуальных систем.
2. Повышение эффективности реализации ИСП с применением типовых проектных решений при

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Создание базы данных управления инвестиционно-строительным проектом на основе portal'ного решения / Л. Д. Маилян, Л. Б. Зеленцов, С. А. Илюшин [и др.]. – DOI 10.54950/26585340_2024_1_101 // Строительное производство. – 2024. – № 1. – С. 101–105.
2. Корнева, Е. Р. Ошибки при проектировании зданий и сооружений / Е. Р. Корнева // Вестник науки и образования. – 2016. – № 6 (18). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/oshibki-pri-proektirovanii-zdaniy-i-sooruzheniy> (дата обращения: 01.05.2024).
3. О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий : Постановление Правительства РФ от 05.03.2007 № 145 (с изменениями на 15 сентября 2023 года) / ИСС «Техэксперт». – Москва, 2023.
4. Липидус, А. А. Определение комплекса мероприятий для организации и проведения научно-технического сопровождения уникальных объектов на основе формирования организационно-технологической платформы / А. А. Липидус, И. С. Шевченко. – DOI 10.54950/26585340_2024_1_112 // Строительное производство. – 2024. – № 1. – С. 112–118.
5. Типовая проектная документация : статья 48.2 / Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ (в ред. Федерального закона от 01.07.2021 № 275-ФЗ). – ЮИС Легалакт : [информационный ресурс]. – URL: <https://legalacts.ru/kodeks/Gradostroitelnyi-Kodeks-RF/glava-6/statja-48.2/>.
6. Письмо № 74346-ОП/08 от 01.12.2023 Национальному объединению застройщиков жилья : [электронный документ] / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Минстрой России, 2023.
7. CII Best Practices Guide: Improving Project Performance / CII Implementation Strategy Committee, Version 4.0, February 2014. – Construction Industry Institute, 2014.
8. Лазник, А. А. Исследование форм инжиниринговых контрактов, заключаемых на мировом рынке / А. А. Лазник. – Москва : Вестник Университета (Государственный университет

REFERENCES

1. Sozдание bazydannykh upravleniya investitsionno-stroitel'nym proektom na osnove portal'nogo resheniya [Creation of a database for managing an investment and construction project based on a portal solution] / L. D. Mailyan, L. B. Zelentsov, S. A. Ilyushin [et al.]. – DOI 10.54950/26585340_2024_1_101 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2024. – No. 1. – Pp. 101–105.
2. Korneva, E. R. Oshibki pri proektirovanii zdaniy i sooruzhenij [Errors in the design of buildings and structures] / E. R. Korneva // Vestnik nauki i obrazovaniya [Bulletin of Science and Education]. – 2016. – No. 6 (18). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/oshibki-pri-proektirovanii-zdaniy-i-sooruzheniy>

возведении объектов социального назначения возможно:

- за счёт применения современных информационных технологий, разработанных на основе порталных решений и BIM-моделирования;
- при заключении договора с ЕРС-подрядчиком, который подразумевает выполнение им полного цикла работ по проектированию и строительству и который характеризуется высоким пределом ответственности подрядчика.

управления). – 2017. – № 6. – С. 42–47.

9. A Guide to The Project Management Body of Knowledge / PMI Standard Committee, PMI Publications. – Project Management Institute, 1996.
10. Липидус, А. А. Совершенствование организационной структуры инжиниринговой компании / А. А. Липидус, В. И. Пасканый. – DOI 10.54950/26585340_2023_3_2 // Строительное производство. – 2023. – № 3. – С. 2–8.
11. Рудаков, П. Г. Городское и жилищное строительство. Опыт применения типовых проектов / П. Г. Рудаков, Е. П. Федоров. – Москва : Издательство литературы по строительству, 1964.
12. Поняев, А. Н. Проблемы проектирования в строительстве, их решение / А. Н. Поняев, Ю. Я. Дворников, Д. О. Абрамова // Техника, Технологии, Инженерия. – 2019. – № 3 (13). – С. 13–17.
13. Липидус, А. А. Факторы, влияющие на устойчивость инжиниринговых организаций / А. А. Липидус, С. В. Назыпова. – DOI 10.54950/26585340_2023_3_23 // Строительное производство. – 2023. – № 3. – С. 23–28.
14. Лукманова, И. Г. Активизация внедрения технологий информационного моделирования в российской строительной отрасли / И. Г. Лукманова, Е. В. Ухалкин // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18, № 12. – С. 2004–2014.
15. Кисель, Т. Н. Меры государственной поддержки внедрения технологий информационного моделирования в России / Т. Н. Кисель // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18, № 12. – С. 2015–2024.
16. Липидус, А. А. Информационное моделирование зданий как фактор риска проекта / А. А. Липидус, О. Д. Чапидзе, В. С. Ратомская. – DOI 10.54950/26585340_2023_3_80 // Строительное производство. – 2023. – № 3. – С. 80–87.
17. Маилян, Л. Д. Концепция создания цифровой информационной системы управления инвестиционными проектами строительства объектов промышленного назначения / Л. Д. Маилян, Л. Б. Зеленцов, Д. В. Пирко [и др.]. – DOI 10.54950/26585340_2023_4_117 // Строительное производство. – 2023. – № 4. – С. 117–122.

(date of access: 01.05.2024).

3. O poryadke organizatsii i provedeniya gosudarstvennoj ehkspertizy proektnoj dokumentatsii i rezul'tatov inzhenernykh izyskanij [On the procedure for organizing and conducting state expertise of project documentation and engineering survey results] : Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 05.03.2007 № 145 (s izmeneniyami na 15 sentyabrya 2023 goda) [Decree of the Government of the Russian Federation dated 05.03.2007 No. 145 (as amended on September 15, 2023)] / ISS «Tekhehkspert». – Moscow, 2023.
4. Lapidus, A. A. Opredelenie kompleksa meropriyatij dlya organizatsii i provedeniya nauchno-tekhnicheskogo soprovozhdeniya unikal'nykh ob'ektov na osnove formirovaniya organi-

zatsionno-tekhnologicheskoy platformy [Definition of a set of measures for organizing and conducting scientific and technical support for unique objects based on the formation of an organizational and technological platform] / A. A. Lapidus, I. S. Shevchenko. – DOI 10.54950/26585340_2024_1_112 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2024. – No. 1. – Pp. 112–118.

5. Tipovaya proektnaya dokumentatsiya : stat'ya 48.2 [Standard design documentation : Article 48.2] / Gradostroitel'nyj kodeks Rossijskoj Federatsii ot 29 dekabrya 2004 g. № 190-FZ (v red. Federal'nogo zakona ot 01.07.2021 № 275-FZ) [Urban Planning Code of the Russian Federation dated December 29, 2004 No. 190-FZ (as amended. Federal Law No. 275-FZ dated 07/01/2021)]. – UIS Legalact : [information resource]. – URL: <https://legalacts.ru/kodeks/Gradostroitel'nyi-Kodeks-RF/glava-6/statja-48.2/>.

6. Pis'mo № 74346-OP/08 ot 01.12.2023 Natsional'nomu ob'edineniyu zastrojshhikov zhil'ya : ehlektronnyj dokument [Letter No. 74346-OP/08 dated 12/01/2023 to the National Association of Housing Developers : [electronic document]] / Ministerstvo stroitel'stva i zhilishhno-kommunal'nogo khozyajstva Rossijskoj Federatsii [Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation]. – Ministroj Rossii, 2023.

7. CII Best Practices Guide: Improving Project Performance / CII Implementation Strategy Committee, Version 4.0, February 2014. – Construction Industry Institute, 2014.

8. Laznik, A. A. Issledovanie form inzhiniringovykh kontraktov, zaklyuchaemykh na mirovom rynke [Study of the forms of engineering contracts concluded in the world market] / A. A. Laznik. – Moscow : Vestnik Universiteta (Gosudarstvennyj universitet upravleniya) [Bulletin of the University (State University of Management)]. – 2017. – No. 6. – Pp. 42–47.

9. A Guide to The Project Management Body of Knowledge / PMI Standard Committee, PMI Publications. – Project Management Institute, 1996.

10. Lapidus, A. A. Sovershenstvovanie organizatsionnoj struktury inzhiniringovoj kompanii [Improving the organizational structure of an engineering company] / A. A. Lapidus, V. I. Paskanny. – DOI 10.54950/26585340_2023_3_2 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2023. – No. 3. – Pp. 2–8.

11. Rudakov, P. G. Gorodskoe i zhilishhnoe stroitel'stvo. Opyt primeneniya tipovykh proektov [Urban and housing construction. Experience in the application of standard projects] / P. G. Rudakov, E. P. Fedorov. – Moscow : Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu [Publishing house of literature on construction], 1964.

12. Ponyaev, A. N. Problemy proektirovaniya v stroitel'stve, ikh reshenie [Problems of design in construction, their solution] / A. N. Ponyaev, Yu. Ya. Dvornikov, D. O. Abramova // Tekhnika, Tekhnologii, Inzheneriya [Engineering, Technology, Engineering]. – 2019. – No. 3 (13). – Pp. 13–17.

13. Lapidus, A. A. Faktory, vliyayushhie na ustojchivost' inzhiniringovykh organizatsij [Factors influencing the sustainability of engineering organizations] / A. A. Lapidus, S. V. Nazipova. – DOI 10.54950/26585340_2023_3_23 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2023. – No. 3. – Pp. 23–28.

14. Lukmanova, I. G. Aktivizatsiya vnedreniya tekhnologij informatsionnogo modelirovaniya v rossijskoj stroitel'noj otrasli [Activation of the implementation of information modeling technologies in the Russian construction industry] / I. G. Lukmanova, E. V. Ukhalkin // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2023. – No. 18 (12). – Pp. 2004–2014.

15. Kisel, T. N. Mery gosudarstvennoj podderzhki vnedreniya tekhnologij informatsionnogo modelirovaniya v Rossii [Measures of state support for the implementation of information modeling technologies in Russia] / T. N. Kisel // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2023. – No. 18 (12). – Pp. 2015–2024.

16. Lapidus, A. A. Informatsionnoe modelirovanie zdaniy kak faktor riska proekta [Information modeling of buildings as a risk factor for a project] / A. A. Lapidus, O. D. Chapidze, V. S. Ratomsкая. – DOI 10.54950/26585340_2023_3_80 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2023. – No. 3. – Pp. 80–87.

17. Mailyan L. D. Kontseptsiya sozdaniya tsifrovoy informatsionnoj sistemy upravleniya investitsionnymi proektami stroitel'stva ob'ektov promyshlennogo naznacheniya [Concept of creating a digital information system for managing investment projects for the construction of industrial facilities] / L. D. Mailyan, L. B. Zelentsov, D. V. Pirko [et al.]. – DOI 10.54950/26585340_2023_4_117 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2023. – No. 4. – Pp. 117–122.

УДК 69.05.

DOI: 10.54950/26585340_2024_3_64

Факторы, влияющие на выбор организационной структуры объекта строительства

Factors, Affecting the Choice of Construction Object Organizational Structure

Олейник Павел Павлович

Доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, cniontp@mail.ru

Oleynik Pavel Pavlovich

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26, cniontp@mail.ru

Мириков Виктор Николаевич

Аспирант кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, vnmirikov@yandex.ru

Мириков Виктор Николаевич

Postgraduate student of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26, vnmirikov@yandex.ru

Монахов Борис Евгеньевич

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

Monakhov Boris Evgenyevich

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26

Аннотация. Организационная структура объекта строительства играет ключевую роль в успешном завершении проекта, определяя, как будут распределены ресурсы, обязанности и управленческие функции. В данной работе рассматриваются основные факторы, влияющие на выбор организационной структуры для строительного объекта.

Целью исследования является рассмотрение основных факторов, влияющих на выбор организационной структуры объекта строительства, для чего используются сравнительный и аналитический методы.

Крупные проекты часто требуют специализированных подразделений и чётко определённых ролей для управления различными аспектами строительства. Разные типы объектов (жилые, коммерческие, инфраструктурные) предъявляют свои специфические требования к организационной структуре. Региональные нормы и законодательство могут диктовать опре-

Abstract. Organization structure of the construction object plays a key role in successful delivery of the project, defining distribution of resources, responsibilities and functions of management. In this research the main factors are reviewed, which affect the choice of organization structure of the construction object.

The aim of the research is the overview of main factors which affect the choice of organization structure of the construction object, so comparison and analytical methods are used.

Big projects often demand specialized departments and clear roles for managing different aspects of construction. Different types of objects (civil, commercial, infrastructure) have their own specific requirements to the organization structure. Regional norms and regulations may prescribe certain requirements to the structure too. Availability of qualified specialists in the region also

Введение

Организационная структура объекта строительства играет крайне важную роль в успешной реализации строительных проектов. Как отечественные, так и зарубежные авторы напрямую связывают успешность проектов со структурой управления [1; 2]. Эта структура определяет способы организации работы, распределение ответственности и взаимодействие между участниками проекта с целью достижения поставленных целей в рамках временных, бюджетных и качественных параметров. В контексте строительства выбор организационной структуры зависит от множества факторов, включая размер и сложность проекта, требования заказчика, доступные ресурсы, а также специфические условия и ограничения, такие как технические требования и нормативные акты.

Целью данной работы является рассмотрение основных факторов, влияющих на выбор организационной структуры объекта строительства. В работе будут рассмо-

делённые требования к организационной структуре. Наличие квалифицированных специалистов в регионе также влияет на формирование структуры, как и внедрение новых технологий и методов (например, BIM-технологии, модульное строительство), которое может требовать изменения организационной структуры для обеспечения эффективного управления и координации. Кроме указанных факторов влияния имеются ещё другие, такие как финансовые ресурсы, временные рамки проекта, влияние заинтересованных сторон и пр. В результате выбор организационной структуры объекта строительства является многослойным процессом, требующим учёта множества факторов. Успешная реализация проекта зависит от того, насколько правильно была выбрана и адаптирована организационная структура под конкретные условия и требования.

Ключевые слова: организационная структура, объект строительства, коммуникация и координация.

affects the structure, as well as implementation of new methods and technologies (such as BIM-technology, modular construction), which may demand changes in organization structure in order to provide effective management and coordination. Also, other factors may have impact on the structure, such as financial resources, project time frame, stakeholders influence, etc. As a result, the choice of the organization structure of the construction project is a multilayer process, where many factors should be taken into consideration. Successful realization of the project depends on correct choice and adaptation of the organization structure for the exact conditions and requirements.

Keywords: organization structure, construction object, communication and coordination..

трены различные аспекты, включая типы организационных структур, роль заинтересованных сторон, влияние временных, финансовых и технических ограничений, а также современные подходы к управлению проектами в строительной отрасли. Глубокое понимание этих аспектов может помогать участникам строительных процессов принимать обоснованные решения при разработке и реализации строительных проектов, учитывая специфику каждого конкретного случая и оптимизируя процесс для достижения наилучших результатов.

Материалы и методы

В процессе написания исследования были проанализированы статьи и монографии в рамках темы работы. Также при написании нашли применение сравнительный и аналитический методы исследования.

Результаты

На выбор организационной структуры объекта строительства оказывает влияние ряд взаимосвязанных

факторов. Рассмотрим их подробно. Размер, сложность, уникальность и важность проекта являются фундаментальными факторами, определяющими выбор организационной структуры для объекта строительства [3].

Размер проекта включает в себя объём строительства, бюджет и количество участников. Влияние размера проекта на организационную структуру можно проанализировать через следующие аспекты.

Крупные проекты, такие как строительство небоскрёбов, крупных жилых комплексов или инфраструктурных объектов (мостов, туннелей), требуют более сложных и детализированных организационных структур. Это связано с необходимостью управления большим количеством ресурсов и людей, координации различных работ и обеспечения эффективного контроля качества на всех этапах строительства.

Более объёмный бюджет обычно позволяет нанимать больше специалистов, включая проектировщиков, инженеров, менеджеров и других профессионалов, что приводит к созданию более разветвлённой структуры с чётким распределением обязанностей. В небольших проектах, напротив, может быть задействовано меньшее количество специалистов, что упрощает структуру. Чем больше участников проекта (подрядчиков, субподрядчиков, поставщиков и т. д.), тем более сложной должна быть структура для обеспечения эффективной координации между всеми сторонами. Это включает в себя создание специализированных отделов для управления взаимоотношениями с разными участниками и интеграции их работы в общий процесс.

Сложность проекта определяется множеством факторов, таких как технические требования, инновационные технологии, архитектурные особенности и другие специфические аспекты. Проекты с высокими техническими требованиями (например, строительство атомной электростанции или высокотехнологичного производственного предприятия) требуют привлечения специалистов с узкоспециализированными знаниями и навыками. Это приводит к необходимости создания специализированных подразделений и отделов, каждый из которых отвечает за определённый аспект проекта.

Использование новых технологий и методов строительства (например, 3D-печать зданий, BIM-технологии) требует включения в организационную структуру специалистов по этим технологиям и создания подразделений, ответственных за их интеграцию и применение.

Сложные архитектурные проекты, включающие нестандартные решения и уникальные конструкции, требуют тесного взаимодействия между архитекторами, инженерами и строителями. Это приводит к необходимости создания междисциплинарных команд и координационных центров для обеспечения синергии между различными участниками процесса.

Небольшое строительство, например, частный дом, может управляться небольшой командой с минимальной иерархией. Проектный менеджер может выполнять несколько ролей, включая закупки, управление строительной площадкой и взаимодействие с клиентами. С ростом размеров и количества проектов возникает необходимость структурирования, поскольку большее число раз-

личных процессов может потребовать узконаправленных руководителей направлений [4].

Строительство торгового центра или офисного здания средней величины потребует более формализованной структуры с чётким распределением ролей и обязанностей. Будут задействованы различные отделы, такие как отдел проектирования, отдел управления строительством, финансовый отдел и отдел по работе с клиентами.

Строительство моста или железной дороги потребует комплексной организационной структуры с многочисленными уровнями управления и специализированными отделами. Такие проекты часто включают в себя большое количество субподрядчиков, что требует создания отдела по управлению контрактами и координации между различными участниками.

Тип объекта строительства также существенно влияет на выбор организационной структуры. Различные типы объектов имеют свои уникальные требования и характеристики, которые определяют, как будет организован процесс управления и распределены обязанности. Так, жилые объекты часто требуют тесного взаимодействия с архитекторами и дизайнерами для создания функциональных и эстетически привлекательных жилищ. Это приводит к необходимости создания проектного отдела, который работает в тесной связке с архитектурными и дизайнерскими бюро. Для промышленных объектов важную роль в выборе организационной структуры играют такие факторы, как технологии внедряемого производства, особенности технологического процесса и функционального назначения объектов, отраслевые особенности, а также уровень нестандартности проектных решений [5].

Кроме указанных выше факторов региональные и правовые условия играют важную роль в формировании организационной структуры строительного проекта. Строительные нормы и стандарты варьируются в зависимости от региона и страны, в которой осуществляется проект. Необходимо наличие специалистов, которые хорошо знакомы с местными строительными нормами и стандартами. Это требует создания отдела по соблюдению нормативов или привлечения консультантов по нормативным вопросам.

Процесс получения разрешений на строительство может быть сложным и длительным, особенно в регионах с жёсткими правовыми требованиями. Необходимы создание юридического отдела или привлечение юридических консультантов для управления процессом получения разрешений, подготовки документов и взаимодействия с государственными органами. Требуется наличие административного персонала для работы с документацией, оформления заявок и координации взаимодействия с различными государственными учреждениями.

Многие регионы имеют строгие экологические и социальные нормы, которые необходимо соблюдать при строительстве. Для соблюдения экологических норм необходимо создать отдел по экологической безопасности, который будет отвечать за оценку воздействия на окружающую среду, разработку и реализацию экологических программ.

Важно учитывать социальные аспекты, такие как влияние проекта на местное население. Это может потребовать

создания отдела по взаимодействию с общественностью и реализации программ социальной ответственности.

Доступность и квалификация рабочей силы являются ключевыми факторами, влияющими на выбор организационной структуры строительного проекта. Указанные факторы определяют, как будет организовано управление трудовыми ресурсами, каким образом будут привлекаться и обучаться специалисты и как будет осуществляться координация между различными рабочими группами.

В различных регионах может наблюдаться значительное различие в доступности квалифицированной рабочей силы. В густонаселённых городах обычно легче найти необходимых специалистов, в то время как в удалённых или сельских районах может наблюдаться дефицит квалифицированных кадров. В случае недостатка местных специалистов может потребоваться привлечение рабочей силы из других регионов или стран, что требует создания отдела по управлению кадрами, который будет заниматься подбором, наймом и размещением работников. При привлечении специалистов из других регионов необходимо учитывать вопросы их адаптации, включая жильё, транспорт и социальные условия, соответственно, здесь может потребоваться наличие дополнительных ресурсов и координации.

Квалификация рабочей силы определяет уровень профессионализма и навыков, необходимых для выполнения строительных работ. В случае недостатка квалифицированной рабочей силы может потребоваться создание системы обучения и повышения квалификации, что включает создание учебных центров, программ стажировки и тренингов для работников. Для сложных и технически требовательных проектов необходимо привлечение специалистов с узкоспециализированными навыками, что требует создания специализированных отделов и групп, отделов обучения и повышения квалификации.

Обеспечение безопасности и охраны труда на строительной площадке требует создания отдела по охране труда, который будет разрабатывать и контролировать соблюдение правил безопасности, проводить инструктажи и обучение работников.

В крупном городе доступность квалифицированной рабочей силы высока, но конкуренция за специалистов также велика. Это требует создания отдела по управлению кадрами и разработке программ мотивации для привлечения и удержания лучших специалистов. В удалённых районах с ограниченной доступностью квалифицированной рабочей силы необходимо создание отдела по найму и обучению.

Внедрение современных технологий и методов строительства значительно влияет на выбор организационной структуры строительного проекта. Использование новых технологий может требовать изменения традиционных подходов к управлению проектами, распределению обязанностей и взаимодействию между различными участниками процесса.

Рассмотрим влияние технологий и методов строительства на организационную структуру проекта через несколько примеров.

Современные строительные технологии, такие как Building Information Modeling (BIM), 3D-печать зданий,

модульное строительство и использование дронов для мониторинга, требуют создания специализированных подразделений и внесения изменений в организационную структуру.

Внедрение BIM требует создания отдела или команды специалистов, ответственных за управление и координацию информационной модели здания. Это включает разработку и сопровождение BIM-модели, а также обеспечение взаимодействия между различными участниками проекта через цифровую платформу.

Использование 3D-печати для строительства требует наличия специалистов по 3D-печати, техников и инженеров, способных управлять оборудованием и процессами печати. Это может включать создание отдельного отдела по инновационным технологиям.

Внедрение модульного строительства требует организации производственных процессов на заводе, что требует создания производственного отдела или команды, ответственной за изготовление и транспортировку модульных элементов.

Использование дронов для мониторинга строительных площадок и цифровых технологий для управления проектами требует наличия специалистов по управлению беспилотными летательными аппаратами и цифровыми системами.

Современные методы управления проектами влияют на структуру управления и организацию процессов. Внедрение методов Agile и Lean Construction требует создания кросс-функциональных команд, которые работают в тесной координации и ориентированы на постоянное улучшение процессов, что приводит к уменьшению иерархических уровней и увеличению автономии команд [6].

Использование метода IPD предполагает участие всех ключевых участников проекта (заказчиков, проектировщиков, подрядчиков) в инвестиционно-строительном проекте от предынвестиционной стадии до сдачи объекта в эксплуатацию [7]. Это требует формирования нового уровня координации и управления, обеспечивающего эффективное взаимодействие и совместное принятие решений.

Внедрение новых технологий, таких как Agile, Lean Construction и Integrated Project Delivery (IPD), требует создания соответствующей инфраструктуры для их поддержки и управления: создание или расширение IT-отдела, который будет отвечать за управление цифровыми платформами, программным обеспечением и технологической инфраструктурой; создание отдела, отвечающего за внедрение новых технологий и инноваций, тестирование и адаптацию новых методов строительства, а также за обучение сотрудников новым навыкам и технологиям.

Сложные технические проекты часто требуют создания специализированных отделов или групп, которые могут заниматься управлением рисками, инженерией, техническим надзором и инновациями, что помогает обеспечить высокий уровень технической компетенции и контроля качества работ. Сложные проекты часто требуют интеграции различных процессов и подходов к управлению, таких как Lean Construction, BIM и IPD. Это требует создания интегрированных команд, способных работать в условиях высокой неопределённости и изменений.

Сложность проекта часто ведёт к увеличению числа изменений и необходимости эффективного управления ими. Это требует разработки системы управления изменениями и чёткого планирования реакции на возможные изменения в проекте, а также может требовать привлечения высококвалифицированных специалистов и экспертов, способных принимать сложные проектные решения и решать технические проблемы. При этом инициирование непродуманных изменений в организационной структуре, без соответствующего сопровождения изменений, может негативно сказаться на показателях проекта и деятельности компании [8].

Усложнённые проекты часто требуют системы обучения и развития персонала, направленной на приобретение новых знаний и навыков, необходимых для успешной реализации проекта. Строительство крупного жилого комплекса или многофункционального торгового центра требует формирования крупных управленческих команд, включающих проектных менеджеров, архитекторов, инженеров по строительству и других специалистов. В таких проектах часто используется централизованная структура управления для эффективной координации и контроля.

Строительство сложного инженерного объекта, например, моста или туннеля, требует создания специализированных технических отделов и групп, которые занимаются проектированием, техническим надзором, управлением рисками и безопасностью. В таких проектах важна интеграция различных инженерных дисциплин и систем управления изменениями. В реализации масштабных гражданских проектов, таких как аэропорты или спортивные стадионы, часто используется подход Integrated Project Delivery (IPD), что требует создания интегрированных команд, объединяющих заказчиков, проектировщиков и подрядчиков для совместной работы над проектом.

Временные рамки проекта играют значительную роль в определении организационной структуры строительного объекта. Всякое отклонение от запланированных сроков в сторону превышения влечёт за собой необходимость в привлечении ресурсов с других участков производства, переброске бригад, вызывает нарушения ритмичности производственного процесса и снижает в итоге экономические показатели [9]. Необходимость соблюдения временных рамок требует разработки детализированного графика выполнения работ. Для эффективного управления временными рамками проекта требуется создание системы мониторинга и контроля, которая позволяет оперативно реагировать на задержки или изменения в графике работы. Оптимизация использования ресурсов в соответствии с временными рамками помогает избежать перерасхода и задержек, что может потребовать создания специализированных отделов или команд, ответственных за планирование ресурсов и управление их загрузкой.

Участники жизненного цикла объекта строительства играют важную роль в определении его организационной структуры. Заказчики определяют основные требования к проекту, такие как бюджет, сроки выполнения, функциональные характеристики и качество. Их интересы часто отражаются в выборе организационной структуры проекта, например, через использование интегрированных

команд или установление строгих систем контроля качества. Бюджетные ограничения заказчика могут влиять на выбор подрядчиков и методов финансирования проекта, что, в свою очередь, определяет организационную структуру управления финансами проекта.

Проектировщики и консультанты определяют технические требования и рекомендации, которые влияют на выбор технологий, материалов и методов строительства. Их участие может потребовать создания специализированных команд или отделов для управления проектированием и техническим надзором. Они также могут внести вклад в обеспечение соблюдения экологических стандартов и нормативных требований, что может потребовать создания специальных команд по управлению окружающей средой и соблюдению нормативных актов.

Подрядчики и поставщики выполняют работу по строительству и поставке материалов. Их выбор и управление требуют создания организационной структуры, обеспечивающей контроль за качеством, безопасностью и соблюдением сроков выполнения работ. В случае комплексных проектов может потребоваться управление множеством подрядчиков и субподрядчиков, что требует чёткой организационной структуры для координации и управления всеми участниками процесса.

Органы власти и общественные организации устанавливают регуляторные требования и стандарты безопасности, которые должны соблюдаться в процессе строительства. Их участие может потребовать создания специализированных команд по соблюдению нормативов и взаимодействию с регулирующими органами. Они также могут играть важную роль в процессе согласования проекта с общественностью и местными сообществами, что требует участия специалистов по общественным отношениям и коммуникациям.

Учёт интересов и потребностей заинтересованных сторон является важным аспектом формирования организационной структуры строительного проекта. Каждая группа заинтересованных сторон вносит свой вклад в формирование организационной структуры, обуславливая необходимость в различных функциональных подразделениях или командах, способных эффективно реализовывать проектные задачи и обеспечивать его успешное завершение.

Обсуждение

Проблемы, связанные с выбором организационной структуры объекта строительства, могут быть разнообразными и охватывать различные аспекты проекта. Рассмотрим основные проблемы, которые могут возникать при принятии решений по организационной структуре в строительстве.

Ограниченность бюджета может существенно ограничить выбор организационной структуры, например, влиять на решение о привлечении внешних подрядчиков или на использование внутренних ресурсов.

Новые технологии и инновации могут требовать адаптации организационной структуры для эффективного управления и внедрения новых методов строительства (например, применение BIM или Lean Construction).

Необходимость соблюдения строгих сроков выполнения может потребовать выбора организационной струк-

туры, которая обеспечит высокую скорость выполнения работ и минимальные задержки.

Недостаточная коммуникация и неэффективная координация между участниками проекта могут привести к задержкам, конфликтам и потере информации. Организационная структура должна способствовать эффективной коммуникации и координации деятельности всех участников.

Разнообразие заинтересованных сторон (заказчики, государственные органы, общественность) может создавать противоречия в требованиях к проекту, что требует гибкости и адаптации организационной структуры для учёта всех интересов.

Каждая из этих проблем может потребовать глубокого анализа и подходящих теоретических подходов для разработки оптимальной организационной структуры проекта строительства, способной эффективно управлять ресурсами, сроками, качеством и рисками.

Для решения проблем, связанных с выбором организационной структуры объекта строительства, можно применить ряд стратегий и методов. Проведение детального анализа технических и организационных требований проекта помогает определить необходимый уровень сложности и специализации организационной структуры. Это позволяет выбрать такую структуру, которая наилучшим образом соответствует специфике проекта.

Эффективное управление бюджетом проекта включает адаптацию организационной структуры для оптимального использования внутренних и внешних ресурсов, что может включать выбор оптимального сочетания внутренних сил и внешних контрактных отношений, чтобы соблюдать бюджетные ограничения.

Внедрение современных методов управления проектами, таких как Lean Construction или использование BIM, может значительно повлиять на выбор организационной структуры. Такие подходы помогают улучшить эффективность работы, снизить издержки и минимизировать риски, связанные с выбором структуры.

Разработка стратегий управления рисками, включая идентификацию потенциальных угроз и разработку соответствующих мер по их управлению, необходима для обеспечения безопасности и соблюдения всех регуляторных требований. Применение проактивных подходов к управлению рисками способствует минимизации негативных последствий для проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hyvärä, I. Project Management Effectiveness in Project-Oriented Business Organizations / I. Hyvärä // International Journal of Project Management. – 2006. – Vol. 24, No. 3. – Pp. 216–225.
2. Lechler, T. G. An Alternative Taxonomy of Project Management Structures: Linking Project Management Structures and Project Success / T. G. Lechler, D. Dvir // IEEE Transactions on Engineering Management. – 2010. – Vol. 57, No. 2. – Pp. 198–210.
3. Significant factors affecting the size and structure of project organizations / S. M. El-Sayegh, M. Kashif, M. Al Sharqawi and others // International conference on industrial engineering, management science and application (ICMSA), Jeju, South Korea, 2016. – South Korea, 2016. – Pp. 1–5.
4. Tran, Q. Y. Organizational structure: influencing factors and impact on a firm / Q. Y. Tran, Y. Tian // American journal of

industrial and business management. – 2013. – Vol. 3, No. 2. – Pp. 229–236.

5. Козлова, А. Ю. Формирование организационных структур в проектировании промышленного производства / А. Ю. Козлова // Строительное производство. – 2023. – № 3. – С. 8–13.

6. Malla, V. Structuration of lean-agile integrated factors for construction projects / V. Malla // Construction innovation. – 2023. – Vol. 24, Iss. 4.

7. Крюков, К. М. Методология повышения качества управления при интегрированном подходе к реализации инвестиционно-строительных проектов / К. М. Крюков, М. Аль-Зубайди // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 8 (68). – С. 1–11.

8. Базанов, В. Е. Организационные структуры заказчика в строительстве / В. Е. Базанов, А. А. Семенов // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 8. – С. 85–89.

9. Богомолов, Ю. М. Взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса как один из основных этапов

внедрения эффективных систем коммуникации и координации между всеми участниками проекта помогает предотвратить конфликты, улучшить понимание требований и сроков, а также повысить общую прозрачность и ответственность. Включение представителей всех заинтересованных сторон в процесс принятия решений по организационной структуре способствует учёту разнообразных требований и интересов, что может включать обсуждение и согласование с заказчиками, проектировщиками, подрядчиками, государственными органами и общественностью.

Комбинирование этих путей позволяет разработать оптимальную организационную структуру для строительного проекта, которая обеспечивает эффективное управление ресурсами, соблюдение сроков и требований качества, минимизацию рисков и достижение удовлетворения всех заинтересованных сторон.

Заключение

Организационная структура играет ключевую роль в успешном выполнении строительных проектов. Она определяет распределение ответственности, координацию деятельности участников проекта и обеспечивает эффективное использование ресурсов. Выбор организационной структуры зависит от множества факторов, включая размер и сложность проекта, финансовые возможности, технические требования, сроки выполнения, а также требования заказчика и нормативные акты.

Для эффективного решения проблем, связанных с выбором организационной структуры, важно проводить тщательный анализ проектных характеристик, учитывать финансовые ограничения, применять инновационные подходы и управлять рисками и безопасностью.

Использование Lean Construction, Building Information Modeling (BIM) и других современных технологий и методов управления помогает оптимизировать процессы и повысить эффективность проекта. Эффективная коммуникация и сотрудничество между всеми участниками проекта являются важными составляющими успешной реализации выбранной организационной структуры.

В целом, правильный выбор организационной структуры объекта строительства требует комплексного подхода и учёта разнообразных факторов. Это позволяет минимизировать риски, обеспечить высокое качество выполнения работ и достичь удовлетворения всех заинтересованных сторон.

REFERENCES

1. Hyväri, I. Project Management Effectiveness in Project-Oriented Business Organizations / I. Hyväri // International Journal of Project Management. – 2006. – Vol. 24, No. 3. – Pp. 216–225.

2. Lechler, T. G. An Alternative Taxonomy of Project Management Structures: Linking Project Management Structures and Project Success / T. G. Lechler, D. Dvir // IEEE Transactions on Engineering Management. – 2010. – Vol. 57, No. 2. – Pp. 198–210.

3. Significant factors affecting the size and structure of project organizations / S. M. El-Sayegh, M. Kashif, M. Al Sharqawi and others // International conference on industrial engineering, management science and application (ICMSA), Jeju, South Korea, 2016. – South Korea, 2016. – Pp. 1–5.

4. Tran, Q. Y. Organizational structure: influencing factors and impact on a firm / Q. Y. Tran, Y. Tian // American journal of industrial and business management. – 2013. – Vol. 3, No. 2. – Pp. 229–236.

5. Kozlova, A. Y. Formirovanie organizatsionnikh struktur v proektirovanii promyshlennogo proizvodstva [Formation of Organizational Structures in the Design of Industrial Construction] / A. Y. Kozlova // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2023. – No. 3. – Pp. 8–13.

6. Malla, V. Structuration of lean-agile integrated factors for

construction projects / V. Malla // Construction innovation. – 2023. – Vol. 24, Iss. 4.

7. Kryukov, K. M. Metodologia povysheniya kachestva pri integrirovannom podkhode k realizatsii investitsionno-stroitel'nikh proektov [Methodology for improving the quality of management with an integrated project delivery of the construction projects] / K. M. Kryukov, M. Al-Zubaidi // Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering herald of Don]. – 2020. – No. 8 (68). – Pp. 1–11.

8. Bazanov, V. E. Organizatsionnye struktury zakazchika v stroitel'stve [Organizational structures of the customer in construction] / V. E. Bazanov, A. A. Semenov // Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering herald of Don]. – 2023. – No. 8. – Pp. 85–89.

9. Bogomolov, Y. M. Vzaimodejstviya uchastnikov investitsionno-stroitel'nogo protsessa kak odin iz osnovnykh etapov formirovaniya organizatsionnykh struktur v stroitel'stve [Interactions participants investment and construction process as one of the main stages of formation of organizational structures in construction] / Y. M. Bogomolov, N. V. Nosko // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta Seria: stroitel'stvo i arkhitektura [Herald of Brest state technical university. Series: construction and architecture]. – 2017. – No. 1 (103). – Pp. 155–158.

УДК 69.001.5:0.04 DOI: 10.54950/26585340_2024_3_70

Разработка аналитических инструментов информационного моделирования поддержки жизненного цикла ОКС

Development of the Analytical Tools for Information Modeling to Support the CS Life Cycle

Топчий Дмитрий Владимирович

Доктор технических наук, доцент, профессор, заведующий кафедрой «Испытания сооружений», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, TopchiyDV@gic.mgsu.ru

Topchiy Dmitry Vladimirovich

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, Head of the Department of Testing of Structures, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, TopchiyDV@gic.mgsu.ru

Адамцевич Любовь Андреевна

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы, технологии и автоматизация в строительстве», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, AdamtsevichLA@mgsu.ru

Adamtsevich Liubov Andreevna

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Docent of the Department of Informational Systems, Technologies and Automatization in Construction, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, AdamtsevichLA@mgsu.ru

Шилов Леонид Андреевич

Соискатель учёной степени кандидата технических наук, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, leonid.a.shilov@gmail.com

Shilov Leonid Andreevich

Applicant for the academic degree of Candidate of Technical Sciences, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, leonid.a.shilov@gmail.com

Аннотация. В рамках представленного исследования была проверена научно-техническая гипотеза в части возможности применения технологий data science для моделирования элементов информационной модели, отвечающих различным этапам жизненного цикла объекта капитального строитель-

ства (ОКС). Для проверки научно-технической гипотезы проведён лабораторный эксперимент.

Исследование проводилось с использованием бетонного куба (образца), размеры которого на этапе проектирования (стадии П и РД) одинаковы и составляют 100x100x100 мм. На

этапе строительства (стадия ИД) и этапе эксплуатации размеры образца получены путём обработки данных результатов фотограмметрии.

По результатам исследования получен набор файлов, содержащий геометрические и атрибутивные характеристики образца, которые можно загружать в предложенную авторами БД для их дальнейшей аналитической обработки путём SQL-запросов.

Проведённые исследования подтвердили возможность определения изменения геометрических характеристик объек-

Abstract. A scientific and technical hypothesis was tested regarding the possibility of using data science technologies to model elements of an information model corresponding to various stages of the life cycle of a capital construction project. To test this hypothesis, a laboratory experiment was carried out.

The study was carried out using a concrete cube (sample), the dimensions of which at the design stage is the same and amount to 100x100x100mm. At the construction stage and the operation stage, the dimensions of the sample are obtained by processing data from photogrammetry results.

Based on the results of the study, a set of files was obtained containing the geometric and attribute characteristics of the sam-

Введение

Активное развитие науки и техники привело к активному внедрению информационных технологий в различные сферы жизнедеятельности человека. Одним из наиболее ярких примеров в строительной отрасли является проектирование, где в условиях цифровой трансформации активно внедряется технология информационного моделирования (ТИМ), а для оценки уровня её зрелости используется модель Бью-Ричардса, согласно которой выделяется 4 уровня внедрения:

- нулевой уровень (плоский CAD без трёхмерных данных);
- первый уровень (управляемый CAD в 2D или 3D-формате;
- второй уровень (управляемая 3D-среда);
- третий уровень (интегрированная и унифицированная 3D-среда).

Интересным является тот факт, что при внедрении ТИМ, как в отечественной и зарубежной научной литературе [1–9], так и на практике, специалисты компаний, как правило, моделируют один из этапов жизненного цикла, соответствующий проектной документации (П), рабочей (Р) или исполнительной (И (as build – в зарубежной литературе)). При этом в соответствии с международным и отечественным опытом под ТИМ принимается полный процесс по созданию, управлению и хранению электронной информации об объектах капитального строительства (ОКС) и недвижимости на всех этапах их жизненного цикла, где уровень детализации модели зависит от поставленных перед исполнителем задач.

Однако целесообразным видится необходимость изначального планирования наличия нескольких информационных моделей с различным набором детализации и атрибутивным наполнением, соответствующих различным видам документации: проектной, рабочей и исполнительной [10], и организация дальнейшей деятельности

та на основании обработки результатов фотограмметрии.

В рамках дальнейших исследований планируются доработка предложенной БД для реализации функционала разбиения данных в формате «облако точек» на элементы, маркировка дефектов на этих элементах, а также поддержка функционала, связанного с изменением визуального стиля объекта.

Ключевые слова: технологии информационного моделирования, атрибутивные данные, геометрические данные, data science, цифровая трансформация.

ple, which can be loaded into the database proposed by the authors for their further analytical processing using SQL queries.

The conducted studies confirmed the possibility of determining changes in the geometric characteristics of an object based on processing photogrammetry results.

As part of further research, it is planned to refine the proposed database to implement the functionality of dividing data in the “point cloud” format into elements, marking defects on these elements, as well as supporting functionality related to changing the visual style of an object.

Keywords: information modeling technologies, attribute data, geometric data, data science, digital transformation.

по управлению информацией, содержащейся в различных ИМ.

В то же время жизненный цикл здания или сооружения включает в себя весь период, в течение которого осуществляется работа над объектом, включая инженерные изыскания, проектирование, строительство, эксплуатацию (в том числе текущие ремонты), реконструкцию, капитальный ремонт, снос здания или сооружения, и, таким образом, информационная модель ОКС должна содержать не только геометрические, но и атрибутивные данные.

К геометрическим данным относятся данные, определяющие размеры, форму и пространственное расположение элементов цифровой информационной модели, а к атрибутивными – свойства элементов цифровой информационной модели, определяющие их характеристики, представленные в виде алфавитно-цифровых символов.

Научно-техническая гипотеза представленного в статье исследования заключается в проверке возможности применения технологий data science с целью обработки данных, полученных в результате фотограмметрии для моделирования элементов информационной модели, отвечающих различным этапам жизненного цикла объекта капитального строительства.

Материалы и методы

Для проверки научно-технической гипотезы проведён лабораторный эксперимент. Исследование проводилось с использованием бетонного куба (образца), размеры которого на этапе проектирования (стадии П и Р) одинаковы и составляют 100x100x100 мм. На этапе строительства (стадия И) и этапе эксплуатации размеры образца получены путём обработки данных результатов фотограмметрии.

Результаты

В результате проведённого исследования принято решение выделить 4 стадии элемента информационной модели в соответствии с рисунком 1.

Этап ЖЦ ОКС	Стадии документации или ИМ	
Этап проектирования	Проектная документация (ИМ стадии П)	1
	Рабочая документация (ИМ стадии Р)	2
Этап строительства	Исполнительная документация (ИМ стадии И)	3
Этап эксплуатации	Эксплуатационная ИМ	4

Рис. 1. Маркировка стадий проектирования в соответствии с этапами жизненного цикла объекта капитального строительства

Fig. 1. Marking design stages in accordance with the stages of the life cycle of a capital construction project

Поскольку некоторые стадии могут иметь несколько итераций, то вариативность внутри стадии целесообразно маркировать через точку: 3.1, 4.1, 4.2 и пр.

Такой набор информационных моделей, отвечающий различным стадиям, а также этапам ЖЦ позволяет отследить все изменения в информационной модели во времени.

При этом собранную на различных стадиях информацию можно хранить в базе данных (БД), принципиальная схема которой представлена на рисунке 2.

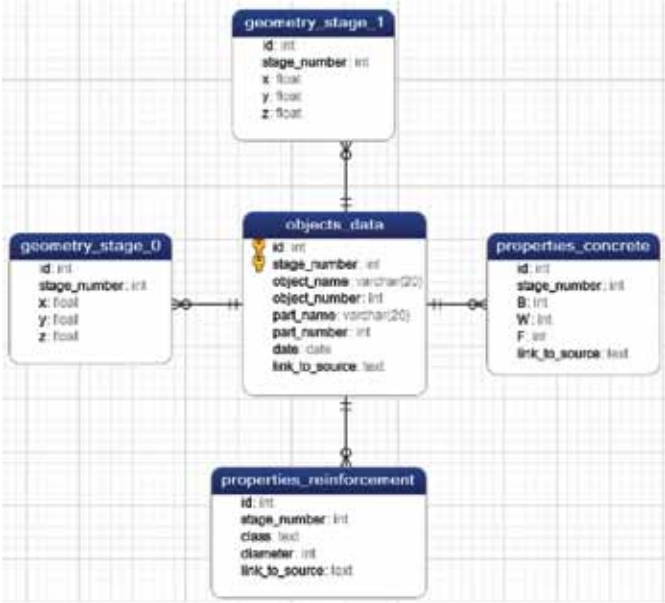


Рис. 2. Архитектура базы данных для хранения информации на разных этапах ЖЦ ОКС

Fig. 2. Database architecture for storing information at various stages of the life cycle of a capital construction project

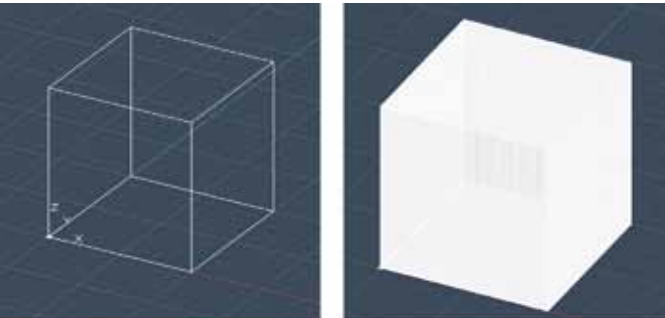
Рассмотрим таблицу свойств исследуемого образца – «properties_concrete» (таблица 1). По рассматриваемому элементу заполнена атрибутивная информация в соответствии со стадиями рисунка 1: класс бетона, марка бетона по водонепроницаемости, марка бетона по морозостойкости, и присвоен порядковый номер 1.

На stage_number 3 лабораторные измерения не проводились, поэтому соответствующим ячейкам таблицы будут присвоены значения NULL.

На этапе эксплуатации (stage_number 4) выявлен класс бетона В30.

id	stage_number	B	W	F	link_to source
1	1	30	10	300	NULL
1	2	30	10	300	NULL
1	3	NULL	NULL	NULL	NULL
1	4	30	NULL	NULL	NULL

Табл. 1. Пример заполненной таблицы «properties_concrete»
Tab. 1. Example of a filled table "properties_concrete"



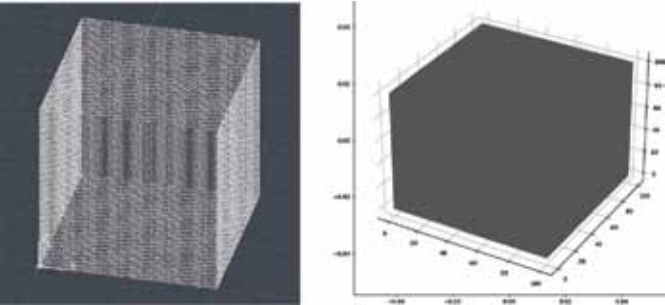
а) ИМ бетонного куба
б) ИМ бетонного куба с созданной mesh-сетью

Рис. 3. Моделирование рассматриваемого объекта – куба размерами 100x100x100 мм

Fig. 3. Modeling of the object in question - a cube with dimensions 100x100x100 mm

На рисунке 3 представлена геометрия рассматриваемого объекта.

Моделирование может быть произведено в любой САПР (отечественного или зарубежного производства), единственными требованиями на данном шаге являются: возможность конвертации объекта в mesh-сети и последующее «вычленение» узлов в машиночитаемый набор координат (x, y, z). На рисунке 3б представлена mesh-сеть, созданная с шагом 1 мм.



а) ИМ бетонного куба, представленная в виде «облака точек»
б) Отображение исходных данных в открытом ПО Anacondas
a) IM of a concrete cube, presented as a "point cloud"
b) Displaying raw data in open source Anacondas software

Рис. 4. Варианты визуализации рассматриваемого объекта
Fig. 4. Options for visualizing the object

На рисунке 4а представлено «облако точек», соответствующее стадии П (Р), на рисунке 4б – загрузка данных в ПО Anacondas.

Данная выгрузка «облака точек» состояния П (Р) должна быть размещена в следующих таблицах БД: geometry_stage_1 для проектной документации и geometry_stage_2 для рабочей документации.

Для анализа загруженных данных также используется прикладной пакет Anacondas. Пример вычисления объема полученного элемента представлен на рисунке 5.

id	stage_number	x	y	z
1	1	0,0	60,0	75,0
1	1	0,0	60,0	70,0
1	1	0,0	60,0	65,0
1	1	0,0	60,0	80,0
1	1	0,0	60,0	90,0
1	1	0,0	60,0	95,0

Табл. 2. Часть данных, соответствующая проектной документации

Tab. 2. Part of the data corresponding to the design documentation

```
import scipy.spatial as ss
import numpy as np
points = df1.to_numpy()
hull = ss.ConvexHull(points)
print('volume inside point cloud is: ',hull.volume)

volume inside point cloud is: 1000000.0
```

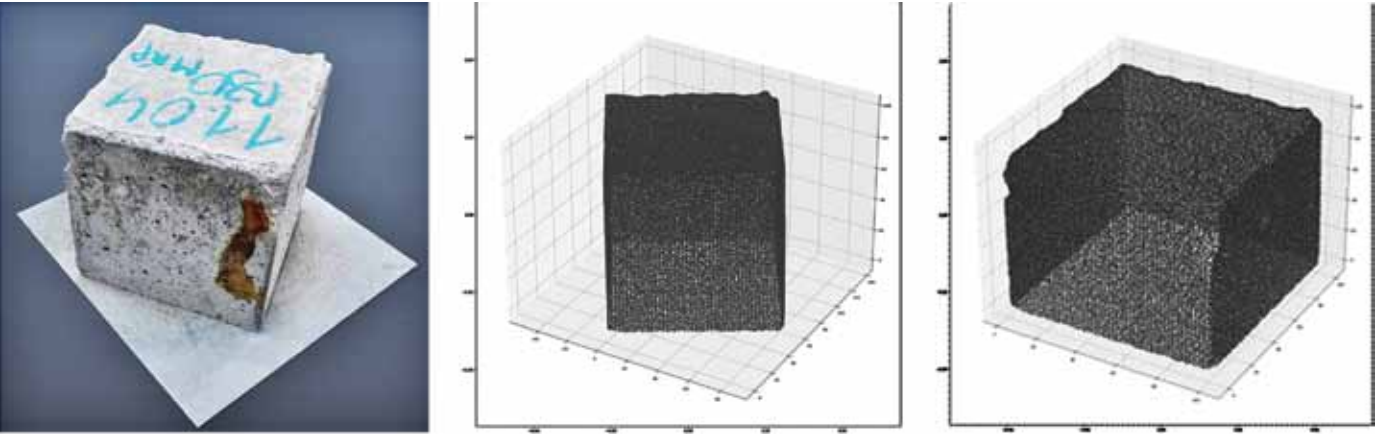
Рис. 5. Вычисление объема полученного элемента для этапа проектирования

Fig. 5. Calculation of the volume of the resulting element for the design stage

Из рисунке 5 видно, что полученная модель соответствует действительности и имеет объем 100x100x100 = 1000000 мм.

Обработка фотографий проведена при помощи ПО Bentley ContextCapture. Результат обработки фотограмметрии представлен на рисунке 6а.

Результаты фотограмметрии сохранены в формате *.ply, что позволило осуществить загрузку и обработку данных при помощи пакета Anacondas. На рисунке 6б



а) Результат фотограмметрии
а) The result of the photogrammetry
б) Размещение полученного элемента в исходных координатах
b) Placing the resulting element in the original coordinates
в) Развёрнутый элемент
c) Expanded element

Рис. 6. Геометрические характеристики объекта ИМ, отвечающие стадии И
Fig. 6. Geometric characteristics of the IM object corresponding to stage I

представлены загруженные данные, полученные в результате обработки лазерного сканирования. На рисунке 6в представлен развёрнутый элемент конструкции. Разворот осуществлён при помощи матриц разворота в соответствии с методикой, описанной в [11].

В качестве основы модели стадии И использованы 29 фотографий, 36 фотографий использованы для этапа эксплуатации. Неочищенные данные содержат свыше

8 млн строк, обработанный датафрейм содержит порядка 55 тыс. записей.

После обработки данные выгружены в формат *.csv, позволяющий осуществить загрузку информации в разработанную БД (рисунок 2). Вычисление объема полученного элемента представлено на рисунке 7.

Реальные параметры куба, полученные измерениями в лаборатории, составляют 100,54 x 101,32 x 101,03 мм = 1 029 163 мм³, таким образом, погрешность оценивается 1 029 163 – 985 865 = 43 298 мм³, т. е. около 4 %.

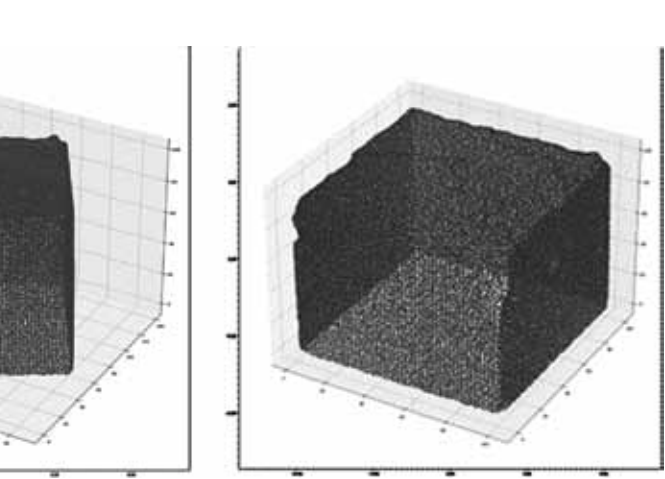
Измерения, проведённые в лаборатории, показывают, что вес элемента составляет 2351 г. Таким образом, плотность бетона у образца составит:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{2351/1000}{1029163/1000000000} = 2284 \text{ кг/м}^3. \quad (1)$$

Рассмотрим образец после испытаний, т. е. соответствующий этапу Э (рисунок 8а).

Последовательность обработки данных идентична описанной выше. Неочищенные данные содержат порядка 15 млн строк данных, загруженные данные в ПО Anacondas представлены на рисунке 8б. Обработанные и очищенные данные составляют порядка 60 тыс. записей. На рисунке 8в представлен развёрнутый элемент, объем которого составил 859 096 мм³.

Масса образца после лабораторных испытаний составляет 1875 г, зная плотность материала, рассчитаем объем образца:



а) Результат фотограмметрии
а) The result of the photogrammetry
б) Размещение полученного элемента в исходных координатах
b) Placing the resulting element in the original coordinates
в) Развёрнутый элемент
c) Expanded element

Рис. 6. Геометрические характеристики объекта ИМ, отвечающие стадии И
Fig. 6. Geometric characteristics of the IM object corresponding to stage I

```
import scipy.spatial as ss
import numpy as np
points = df3_2.to_numpy()
hull = ss.ConvexHull(points)
print('volume inside point cloud is: ',hull.volume)

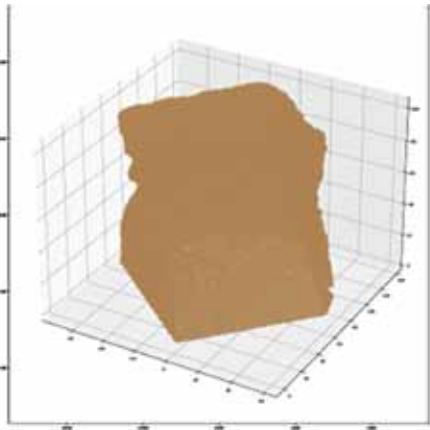
volume inside point cloud is: 985865.8333333333
```

Рис. 7. Вычисление объема полученного элемента для этапа строительства

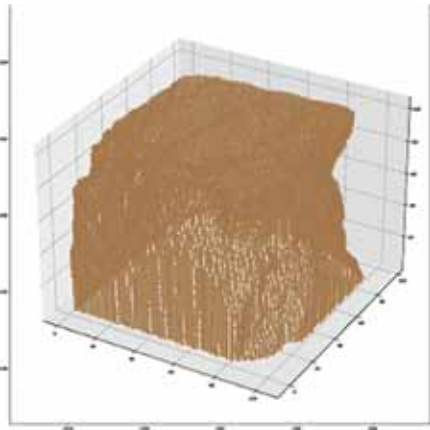
Fig. 7. Calculation of the volume of the resulting element for the construction phase



а) Результат фотограмметрии (куб после силового воздействия)
a) Photogrammetry result (cube after force)



б) Размещение полученного элемента в исходных координатах
b) Placing the resulting element in the original coordinates



в) Развёрнутый элемент
c) Expanded element

Рис. 8. Геометрические характеристики объекта ИМ, отвечающие этапу Э
Fig. 8. Geometric characteristics of the MI object corresponding to operation stage

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{1875/1000}{2284} \cdot 1000000000 = 820928 \text{ мм}^3. \quad (2)$$

Таким образом, погрешность между измерением ИМ и реальным образцом оценивается в 4,44 % (859 096 – 820 928 = 38168 мм³).

Выводы

По результатам исследования получен набор файлов *.csv, содержащий геометрические и атрибутивные характеристики образца, для загрузки в разработанную БД и дальнейшую аналитическую обработку путём SQL-запросов.

Проведённые исследования позволяют сделать вывод о том, что возможно определять изменения геометрических характеристик объекта на основании обработки результатов фотограмметрии. Таким образом, данные, полученные в результате фотограмметрии, позволяют проводить первичную аналитику и выявлять объёмы возникающих дефектов, например, приведённое в статье

```
import scipy.spatial as ss
import numpy as np
points = df4_2.to_numpy()
hull = ss.ConvexHull(points)
print('volume inside point cloud is: ',hull.volume)

volume inside point cloud is: 859096.3333333336
```

Рис. 9. Вычисление объёма полученного элемента для этапа эксплуатации

Fig. 9. Calculation of the volume of the resulting element for the operation stage

исследование позволило определить, что объём образца уменьшился на 985 865 – 859 096 мм³ = 126 769 мм³ в результате проведённых экспериментов.

В рамках дальнейших исследований планируются доработка предложенной БД для реализации функционала разбиения данных в формате «облако точек» на элементы, маркировка дефектов на этих элементах, а также поддержка функционала (аналитики), связанного с изменением визуального стиля объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щербина, Г. Ф. Инновационные комплексы BIM на этапе проектно-изыскательских работ / Г. Ф. Щербина // Проблемы предпринимательской и инвестиционно-строительной деятельности : Материалы XVII научно-технической конференции ; под научной редакцией А. Н. Асаула. – 2015. – С. 172–175.
2. Специфика внедрения BIM-технологий на этапе эксплуатации зданий / М. Е. Деметьева, А. В. Деметьева, А. Ю. Губский, Р. Р. Губская // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2018. – № 7 (1007). – С. 62–64.
3. Пиляй, А. И. Экономическая эффективность использования BIM на этапе реконструкции / А. И. Пиляй // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 5-2 (82). – С. 1081–1084.
4. Птушкин, П. А. Актуальность использования BIM-технологий на этапе строительства и эксплуатации / П. А. Птушкин, О. Н. Коротун // Управление устойчивым инновационным развитием России в условиях цифровой трансформации : Материалы Международной научно-практической конференции памяти заслуженного деятеля науки РФ В. И. Кравцовой, Москва, 15 декабря 2023. – 2023. – С. 187–191.
5. Ларькина, А. С. Применение BIM на этапе эксплуатации здания / А. С. Ларькина // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XIX Международной научно-технической конференции. Рязань, 14–16 апреля 2021. – 2021. – С. 192–193.
6. BIM and LCA integration methodologies: A critical analysis and proposed guidelines / G. Guignone, J. L. Calmon, D. Vieira, A. Bravo. – DOI doi.org/10.1016/j.job.2023.106780 // Journal of Building Engineering. – 2023. – Vol. 73. – Art. 106780.
7. Parece, S. A BIM-based tool for embodied carbon assessment using a Construction Classification System / S. Parece, R. Resende, V. Rato. – DOI doi.org/10.1016/j.dibe.2024.100467 // Developments in the Built Environment. – 2024. – Vol. 19. – Art. 100467.
8. Safari, K. Challenges and opportunities for integrating BIM and LCA: Methodological choices and framework development / K. Safari, H. AzariJafari. – DOI doi.org/10.1016/j.scs.2021.102728 // Sustainable Cities and Societ. – 2021. – Vol. 67. – Art. 102728.
9. An open access online tool for LCA in building's early design stage in the Latin American context. A screening LCA case study for a bioclimatic building / V. A. Arvizu-Piña, J. F. Armendáriz López, A. A. García González, I. G. Barrera Alarcón. – DOI doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113269 // Energy and Buildings. – 2023. – Vol. 295. – Art. 113269.
10. Шилов, Л. А. Повышение эффективности внедрения ТИМ на различных этапах жизненного цикла ОКС / Л. А. Шилов, решений на этапе реконструкции строительного объекта / Л. А. Шилов // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 3 (105). – С. 128–136.

Л. А. Адамцевич // Строительство и архитектура. – 2024. – Т. 12, № 1 (42). – С. 8.

11. Шилов, Л. А. Прогнозирование развития дефектов монолитного железобетона с целью поддержки принятия проектных

REFERENCES

1. Shcherbina, G. F. Innovatsionnye komplekсы BIM na ehtape proektno-izyskatel'skikh rabot [Innovative BIM complexes at the stage of design and survey work] / G. F. Shcherbina // Problemy predprinimatel'skoj i investitsionno-stroitel'noj deyatel'nosti : Materialy XVII nauchno-tekhnicheskoj konferentsii [Problems of entrepreneurial and investment and construction activities : Materials of the XVII scientific and technical conference] ; pod nauchnoj redaktsiej A. N. Asaula [under the scientific editorship of A. N. Asaul]. – 2015. – Pp. 172–175.
2. Spetsifika vnedreniya BIM-tekhnologij na ehtape ehkspluatatsii zdaniy [Specifics of the introduction of BIM technologies at the stage of building operation] / M. E. Dementieva, A. V. Dementieva, A. Yu. Gubsky, R. R. Gubskaya // BST: Byulleten' stroitel'noj tekhniki [BST: Bulletin of construction equipment]. – 2018. – No. 7 (1007). – Pp. 62–64.
3. Piliai, A. I. Ehkonomicheskaya ehffektivnost' ispol'zovaniya BIM na ehtape rekonstruksii [Economic efficiency of using BIM at the reconstruction stage] / A. I. Piliai // Ehkonomika i predprinimatel'stvo [Economics and entrepreneurship]. – 2017. – No. 5-2 (82). – Pp. 1081–1084.
4. Ptushkin, P. A. Aktual'nost' ispol'zovaniya BIM-tekhnologij na ehtape stroitel'stva i ehkspluatatsii [The relevance of using BIM technologies at the stage of construction and operation] / P. A. Ptushkin, O. N. Korotun // Upravlenie ustojchivym innovatsionnym razvitiem Rossii v usloviyakh tsifrovoy transformatsii : Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii pamyati zasluzhennogo deyatelya nauki RF V. I. Kravtsovoj, Moskva, 15 dekabrya 2023 [Management of sustainable innovative development of Russia in the context of digital transformation : Materials of International scientific and practical Conferences in memory of Honored Scientist of the Russian Federation V. I. Kravtsova, Moscow, December 15, 2023]. – 2023. – Pp. 187–191.
5. Larkina, A. S. Primenenie BIM na ehtape ehkspluatatsii zdaniya [Application of BIM at the stage of building operation] / A. S. Larkina // Novye tekhnologii v uchebnom protsesse i proizvodstve : Materialy XIX Mezhdunarodnoj nauchno-tekh-

nicheskoy konferentsii. Ryazan', 14–16 aprelya 2021 [New technologies in the educational process and production : Materials of the XIX International Scientific and Technical Conference. Ryazan, April 14-16, 2021]. – 2021. – Pp. 192–193.

6. BIM and LCA integration methodologies: A critical analysis and proposed guidelines / G. Guignone, J. L. Calmon, D. Vieira, A. Bravo. – DOI doi.org/10.1016/j.job.2023.106780 // Journal of Building Engineering. – 2023. – Vol. 73. – Art. 106780.
7. Parece, S. A BIM-based tool for embodied carbon assessment using a Construction Classification System / S. Parece, R. Resende, V. Rato. – DOI doi.org/10.1016/j.dibe.2024.100467 // Developments in the Built Environment. – 2024. – Vol. 19. – Art. 100467.
8. Safari, K. Challenges and opportunities for integrating BIM and LCA: Methodological choices and framework development / K. Safari, H. AzariJafari. – DOI doi.org/10.1016/j.scs.2021.102728 // Sustainable Cities and Societ. – 2021. – Vol. 67. – Art. 102728.
9. An open access online tool for LCA in building's early design stage in the Latin American context. A screening LCA case study for a bioclimatic building / V. A. Arvizu-Piña, J. F. Armendáriz López, A. A. García González, I. G. Barrera Alarcón. – DOI doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113269 // Energy and Buildings. – 2023. – Vol. 295. – Art. 113269.
10. Shilov, L. A. Povyshenie ehffektivnosti vnedreniya TIM na razlichnykh ehtapakh zhiznennogo tsikla OKS [Improving the efficiency of TIM implementation at various stages of the life cycle of a capital construction facility] / L. A. Shilov, L. A. Adamtsevich // Stroitel'stvo i arkhitektura [Construction and Architecture]. – 2024. – Vol. 12, No. 1 (42). – P. 8.
11. Shilov, L. A. Prognozirovaniye razvitiya defektov monolitnogo zhelezobetona s tsel'yu podderzhki prinyatiya proektnykh reshenij na ehtape rekonstruksii stroitel'nogo ob'ekta [Forecasting the development of defects in monolithic reinforced concrete in order to support design decisions at the stage of reconstruction of a construction facility] / L. A. Shilov // Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and business: ways of development]. – 2020. – No. 3 (105). – Pp. 128–136.



**Научно-исследовательский институт
проектирования, технологии и
экспертизы строительства**



- ✓ **Технический заказчик**
- ✓ **Строительный контроль**
- ✓ **Проектирование**
- ✓ **Лабораторное сопровождение**
- ✓ **Обследование зданий и сооружений**
- ✓ **Геодезическое сопровождение и мониторинг**
- ✓ **Судебно-техническая экспертиза**

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Статья или ее части не должны быть ранее опубликованы или находиться на рассмотрении в других изданиях. Автор несет ответственность за соответствие информации, содержащейся в представленных документах.
2. Статьи должны содержать результаты научных исследований, аналитику, описание проектов и др. в области технического регулирования в строительстве.
3. Статью необходимо представить в электронном виде.
4. Перед названием статьи должен быть указан индекс УДК.
5. Название статьи, Ф. И. О. авторов, аннотацию, ключевые слова, название таблиц и иллюстраций следует приводить на русском и английском языках.
6. На отдельном листе нужно представить сведения об авторах: фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, звание, должность, место работы, почтовый адрес, телефон и адрес электронной почты.
7. Объем рукописи не должен превышать 20 страниц (файл в формате .doc в MS Word).
8. Текст статьи должен быть напечатан следующим образом: с подрисуночными подписями, номерами рисунков и необходимыми пояснениями к ним; шрифт – Times New Roman, 12 пт., межстрочный интервал – полуторный.
9. Рисунки с подрисуночными подписями и номерами следует направлять отдельными файлами в формате .jpeg (разрешение не менее 300 dpi). Имя файла должно соответствовать наименованию или номеру рисунка в тексте статьи.
10. Библиографический список на русском и английском языках должен включать только литературу, цитируемую в статье. Ссылки на источники следует приводить в тексте в квадратных скобках. Список оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.5 - 2008.



8 (495) 162-64-42

✉ mail@niiexp.com  www.niiexp.com

Страна: Россия Город: Москва
ПЕРИОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ (4 ВЫПУСКА В ГОД)

ISSN 2658-5340 (Print)

**Научно-технический журнал
«Строительное производство» издаётся с 2010 года
под следующими наименованиями:**

с 2010 года – «Техническое регулирование. Строительство.
Проектирование. Изыскания»

с 2012 года – «Технология и организация строительного производства»

с 2019 года – «Строительное производство»

Издатель: ООО «НИИ ПТЭС»

Учредитель Муря Д. В.

Главный редактор Лapidус А. А.

Выпускающий редактор Бабушкина Д. Д.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор)

**Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 – 75299
от 25.03.2019 ЭЛ № ФС 77 – 75165 от 22.02.2019**

Цитирование, частичное или полное воспроизведение материалов –
только с согласия редакции

Авторы опубликованных материалов несут ответственность
за достоверность приведенных в статьях сведений, точность данных
по цитируемой литературе и за использование в статьях данных,
не подлежащих открытой публикации

Редакция может опубликовать статьи в порядке обсуждения,
не разделяя точку зрения автора

Редакция не несет ответственности за содержание рекламы
и объявлений

СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО 3 (51) 2024
Дата публикации: 19 октября 2024 года

Отпечатано в типографии «ООО «PROMZONA»
105066, Москва, ул. Ольховская, д. 14, стр. 4
Тираж 550 экз. Свободная цена

Корректор: Широкова М. А.
Дизайн и вёрстка: Соколов А. Е.



Телефон: +7 (495) 162 61 02
e-mail: info@build-pro.press
сайт журнала: www.build-pro.press

127018, РФ, Москва, Суцёвский Вал,
д. 16, стр. 5, этаж 4, кабинет 405
сайт издательства: www.mosnec.com

© Редакция научно-технического журнала «Строительное производство», 2024