

ISSN 2658-5340 (Print)



СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с 2010 г.

CONSTRUCTION PRODUCTION

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

№2 2022

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

Журнал включен в Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ)



**Лapidус
Азарий Абрамович**
ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

АБРАМОВ И. Л. – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
АШИХМИН О. В. – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»
ГИНЗБУРГ А. В. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
ГУРЬЕВА В. А. – д-р техн. наук, доцент, ГБОУ 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», начальник Управления 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»
КУЗЬМИНА Т. К. – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
ЛЕОНИЧ 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»
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»
СУЛЕЙМАНОВА Л. А. – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ «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-МАРТИРОСЯН А. З. – д-р техн. наук, профессор кафедры «Механика грунтов и геотехника», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
ХАВИН Д. В. – д-р эконом. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
ЦОПА Н. В. – д-р эконом. наук, профессор, ФГБОУ 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 ГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»



СОДЕРЖАНИЕ

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАКАЗЧИКА
Лapidус А. А., Макаров А. Н., Волков Р. В. 2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФОРМЫ И ПОРЯДКА ВЕДЕНИЯ ОБЩЕГО ЖУРНАЛА РАБОТ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ
Карпушкин А. С. 6

ВЫБОР ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК
Экба С. И., Хубулов Г. Г., Сигаев М. О., Скляр М. М. 15

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА
Олейник П. П. 21

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПО ЗАЩИТЕ ЗДАНИЙ ОТ БИОЛОГИЧЕСКИХ ГАЗОВ
Лapidус А. А., Каралли Д. Л. 26

ОЦЕНКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗИ
Ибрагим И. Ф. И. 30

КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ
Кузьмина Т. К., Волков Р. В., Карнаухова Д. О. 37

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧИМЫХ ПАРАМЕТРОВ И ФАКТОРОВ ДЛЯ ПОДБОРА КОМПЛЕКТОВ МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ
Олейник П. П., Ефимов В. В. 42

АНАЛИЗ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА ВНЕДРЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
Лapidус А. А., Янь Ц. 46

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ РЕСУРСНЫХ ГРАФИКОВ
Михайлова Е. В., Савина В. В., Савин И. М. 52

ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ СНОСЕ (ДЕМОНТАЖЕ) ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
Кужин М. Ф., Алхамд А. 57

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С ВЫЯВЛЕННЫМИ ДЕФЕКТАМИ
Баулин А. В., Ермаков В. А. 61

ОТРАСЛЕВЫЕ БАЗОВЫЕ КЛАССЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ
Павлов А. С., Каракозова И. В. 66

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФРИКЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ
Кунин Ю. С., Синеев А. А. 72

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОКОННЫЕ БЛОКИ ИЗ ПВХ ПРОФИЛЯ
Кунин Ю. С., Алекперов Р. Г. 77

Риск-ориентированный строительный контроль
технического заказчика

Risk-Based Construction Control by a Construction Manager

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, lapidus58@mail.ru

Lapidus Azarij Abramovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Technologies and Organization of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, lapidus58@mail.ru

Макаров Александр Николаевич

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, anmakarof@yandex.ru

Makarov Aleksandr Nicolaevich

Ph. D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department «Technologies and Organization of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, anmakarof@yandex.ru

Волков Роман Вячеславович

Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Здания и сооружения на транспорте», первый проректор ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (РУТ (МИИТ)), Россия, 127994, ГСП-4, Москва, улица Образцова, 9, строение 9, volkov-su4@mail.ru

Volkov Roman Vyacheslavovich

Ph. D. in economics, Associate Professor of the Department «Buildings and Structures in Transport», First Vice-Rector of the Russian University of Transport (MIIT), Russia, 127994, GSP-4, Moscow, Obraztsova ulitsa, 9, p. 9, volkov-su4@mail.ru

Аннотация. В строительном производстве выполнение строительного контроля – обязательное требование ко всем участникам строительства. Нормативными документами в строительстве подробно обозначены все функции и задачи строительного контроля, но отсутствуют указания по определению приоритетности выполнения контроля различных строительных процессов, объему выборки операций, подлежащих контролю со стороны технического заказчика. На данный момент не разработано методики, определяющих степень значимости строительных дефектов, существующие классификации дефектов по степени опасности недостаточно полные и частично устарели. Для решения данных проблем необходимо применение риск-ориентированного подхода в системе строительного контроля. Цель статьи – определить области применения и методологию внедрения риск-ориентированного подхода в системе строительного контроля. Учитывая значительные системные преобразования, которые он влечет, авторы вводят новый термин «риск-ориентированный строительный контроль».

В исследовании использованы методологии системного и морфологического анализа, менеджмента риска, теории вероятностей. В статье представлена принципиальная блок-схема этапов осуществления риск-ориентированного строительного

контроля, в которые входят определение приоритетности между объектами, предметами и видами контроля в зависимости от уровня риска строительных процессов и управление риском выявленных дефектов. Управление риском заключается в расчете и оценке риска воздействия дефектов и риска задержки сроков строительства в результате их устранения, и последующем снижении либо принятии данных рисков. В статье авторы представили методику расчета исходного априорного риска строительного процесса на основе рисков потенциальных критических и значительных дефектов, свойственных данному виду строительной конструкции. На основании уровня априорного риска строительного процесса предлагается выстраивать приоритетность выполнения контроля различных процессов при организации строительного контроля технического заказчика. В заключении авторы обозначают направления для будущих исследований.

Ключевые слова: менеджмент риска; риск-ориентированный подход; оценка риска; система контроля качества строительства; дефекты строительных конструкций; риск-ориентированный строительный контроль; организация строительства.

plete and partially outdated. To solve these problems, it is necessary to use a risk-based approach in the construction control system. Taking into account the significant systemic transformations that it entails, the authors introduce a new term «risk-based construction control». The article presents a schematic flowchart of the stages of risk-based construction control, which include prioritization between objects and types of control depending on the level of risk of construction processes and risk management of identified defects. Risk management consists in calculating and assessing the risk of exposure to defects and the risk of delays in

construction as a result of their elimination, and the subsequent reduction or acceptance of these risks. In the article, the authors presented a methodology for calculating the initial a priori risk of the construction process based on the risks of potential critical and significant defects inherent in this type of building structure. Based on the level of a priori risk of the construction process, it is

Введение

Строительный контроль является одним из важнейших звеньев в организационной системе промышленного и гражданского строительства. Выполнение функций строительного контроля предписано участникам строительства градостроительным кодексом РФ и другими нормативными документами. В функции строительного контроля входит достаточно широкий спектр задач, связанных с проверкой качества и безопасности выполнения строительно-монтажных работ и правильного оформления и ведения различной технической документации. В условиях высокой многозадачности управления строительством важно иметь инструмент, позволяющий устанавливать приоритетность выполнения задач строительного контроля. Это особенно актуально для технического заказчика, который согласно СП 48.13330.2019 ведет выборочный строительный контроль. При этом в нормативных документах не указано содержание и размер этой выборки.

На большую часть строительных процессов разработаны своды правил, в которых достаточно полно описаны все правила и требования к выполняемым строительным работам, указаны перечни дефектов и допуски к ним. Но в данных сводах правил не приведено разделения дефектов по степени опасности, не выделены критические, значительные и малозначительные дефекты. Соответственно, своды правил предписывают устранение 100 % дефектов и выполнение 100 % требований, содержащихся в них, что в действительности далеко не всегда целесообразно и рационально. Существенные затраты времени и труда на устранение малозначительных дефектов, которые не повлияют на эксплуатационные свойства той или иной строительной конструкции, могут значительно снизить эффективность и рентабельность инвестиционных проектов, в особенности когда затраченное время на устранение таковых дефектов может спровоцировать смещение сроков всего строительства и, как следствие, существенные финансовые потери. Поэтому важно правильно оценить значительность выявленных дефектов. Единственный нормативный документ, в котором выполнено разделение дефектов по степени опасности – это классификатор основных видов дефектов в строительстве, составленный в 1993 году¹.

Стоит отметить, что в данном документе представлены далеко не все виды строительных процессов (разделение дано только для 14 строительных процессов), не дано классификации дефектов для отделочных работ, устройства фасадов, светопрозрачных конструкций, инженерных систем, линейных сооружений и т. д. Также данный классификатор значительно устарел, часть требований уже неактуальна и отменена новыми сводами правил, не учитывается специфика новых строительных материалов и технологий выполнения работ. В этой связи требуются

¹ Приказ Главгосархстройнадзора России от 17 ноября 1993 года. Классификатор основных видов дефектов в строительстве и промышленности строительных материалов.

proposed to prioritize the control of various processes in the organization of construction control of the developer. In conclusion, the authors outline the directions for future research.

Keywords: risk management; risk-based approach; risk assessment; quality control system; defects of building structures; risk-based construction control; organization of construction.

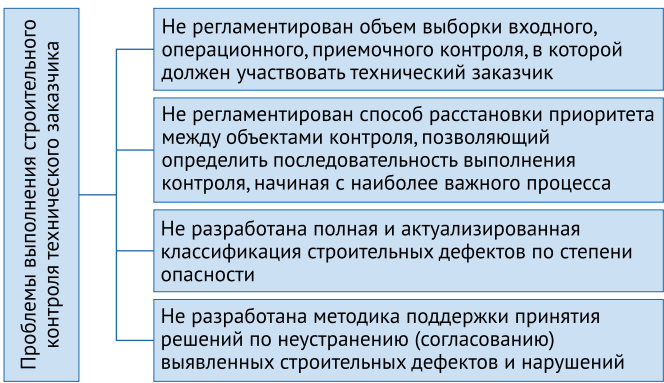


Рис. 1. Проблемы строительного контроля технического заказчика

Fig. 1. Problems of construction control of the developer

актуализация классификатора основных видов дефектов в строительстве и разработка классификаторов для остальных видов строительных процессов. В иностранной литературе классификация дефектов также является одной из задач научного исследования в области строительного контроля [1; 2; 3].

Помимо классификации дефектов по степени опасности, существует проблема оценки значимости того или иного дефекта. Устранение многих значительных дефектов связано с существенными затратами времени, например, демонтаж ж/б конструкций вследствие нарушений показателей морозостойкости или демонтаж кровельного покрытия вследствие нарушения требований адгезии к основанию. При этом нормативно не закреплены методики, позволяющие оценить влияние дефектов, особенно связанных с уменьшением надежности и долговечности конструкций, например, уменьшение защитного слоя арматуры, уменьшение величины перехлеста полотнищ кровельного материала и т. д. В основном данные методики находятся в стадии научных исследований [4]. Обзор зарубежной литературы также показал, что оценка влияния строительных дефектов является актуальной сферой научных исследований [5; 6; 7].

Для решения поставленных проблем (рисунок 1) актуально внедрение риск-ориентированного подхода (РОП) в систему строительного контроля, основанного на идентификации, оценке и управлении рисками при выполнении функций строительного контроля.

В настоящее время успешно внедрен РОП в систему государственного надзора [8], выполнено значительное количество исследований менеджмента рисков в области безопасности строительного производства [9], в данной области разработаны нормативные документы, описывающие методики применения РОП в системе управления охраной труда². Ведутся исследования по применению РОП в строительной системе [10], в предыдущих работах авторы обозначили направления внедрения РОП в

² ГОСТ Р 12.0.010-2009. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков.

системе строительного контроля [11]. Цель данной статьи – раскрыть области применения РОП в системе строительного контроля. В задачи исследования входят определение принципиальной схемы проведения строительного контроля с помощью РОП, разработка методики определения приоритетности объектов выполнения контроля на основе оценки исходного априорного риска строительного процесса.

Материалы и методы

В исследовании для решения поставленных задач применяется методология системного и морфологического анализа для выделения этапов применения РОП в системе строительного контроля. Для разработки методики применения РОП используются положения менеджмента риска и теории вероятностей.

Расчет риска $R(A)$ в общем случае принято выполнять по следующей формуле:

$$R(A) = P(A)U(A), \quad (1)$$

где A – событие, повлекшее появление ущерба (некачественный монтаж, наличие дефектов); $P(A)$ – вероятность события A ; $U(A)$ – ущерб от события A .

Результаты

Авторы видят решение поставленных выше проблем в применении риск-ориентированного подхода на различных уровнях системы строительного контроля. Применение РОП позволит расставить приоритеты между объектами и предметами контроля, установить последовательность устранения выявленных нарушений в зависимости от степени их риска, а также с помощью РОП можно осуществлять поддержку принятия решений по неустранению (согласованию) нарушений и дефектов, допущенных в процессе производства работ.

Учитывая принципиальные системные преобразования строительного контроля, которые сопутствуют внедрению данного подхода, авторы предлагают ввести новый термин – **риск-ориентированный строительный контроль** (РОСК) – строительный контроль с применением риск-ориентированного подхода при выборе объектов и предметов контроля и для определения степени значимости требований к качеству и безопасности строительства, а также выявленных дефектов и нарушений.

Блок-схема проведения РОСК представлена на рисунке 2.

Определение приоритета между объектами строительного контроля на основе расчета априорного риска строительного процесса

В зависимости от уровня ответственности строительных конструкций, потенциальные дефекты, допущенные

при их строительстве, могут иметь различные последствия:

- 1) потеря несущей способности (1-я группа предельных состояний) – обрушение конструкций или их частей;
- 2) невозможность нормальной эксплуатации (2-я группа предельных состояний) и нарушение назначения конструкции (протечка дождевых вод через кровлю, промерзание наружных стен, обеспечение необходимой мощности электроэнергии, напора в водопроводной сети и т. д.);
- 3) снижение эксплуатационных характеристик (снижение энергоэффективности, звукоизоляции, снижение качества воды, засоры канализационной системы и т. д.);
- 4) нарушение эстетических показателей (снижение художественной выразительности, ухудшение внешнего вида и качества поверхностей).

Строительные конструкции имеют различных набор потенциальных значительных дефектов. Если оценить ущерб от них, то можно выполнить классификацию строительных процессов по степени исходного риска в результате некачественного выполнения строительно-монтажных работ, затем на основании данного исходного априорного риска определить приоритет выполнения строительного контроля различных строительных процессов.

Указанные виды ущерба можно оценить по финансовым потерям, которые влекут за собой последствия потенциальных значительных дефектов в строительных конструкциях (затраты на устранение дефектов, работы по усилению, демонтаж-монтаж, уменьшение срока службы объекта и т. д.). Риск от потенциальных дефектов в строительной конструкции можно оценить по следующей формуле:

$$R_d = \sum_{i=1}^N P(A_i)C(A_i), \quad (2)$$

где $C(A_i)$ – финансовые потери в результате ущерба A_i от потенциального i -го значительного дефекта в строительной конструкции; $P(A_i)$ – вероятность ущерба A_i в результате появления i -го значительного дефекта.

Помимо риска дополнительных финансовых затрат, связанных с последствиями дефектов в конструкциях, существует риск срыва сроков строительства. Появление различных дефектов в конструкциях в процессе строительства приводит к дополнительным затратам времени на их устранение (исправление дефектов, демонтаж-мон-

таж, работы по усилению и т. п.), что может привести к отставанию от графика строительства и задержке сдачи-приемки законченного строительством объекта. Время задержки можно рассчитать по трудозатратам на устранение значительных дефектов, сравнив с имеющимся у строительного процесса резервом времени r , по следующей формуле:

$$T_s = \sum_{i=1}^N T_i - r, \quad (3)$$

где T_i – продолжительность устранения выявленного i -го дефекта.

В каждом строительном проекте обычно установлены финансовые потери от смещения сроков строительства, тогда можно оценить ущерб от задержки сроков строительства в результате устранения потенциальных значительных дефектов по следующей формуле:

$$R_T = P(A_p)T_sC(A_p), \quad (4)$$

где $C(A_p)$ – финансовые потери в результате ущерба A_p от задержки сроков строительства в результате устранения выявленных дефектов, $P(A_p)$ – вероятность ущерба A_p от задержки сроков строительства.

Общий априорный риск строительного процесса R объединяет в себе риск некачественного монтажа от потенциальных дефектов и риск задержки сроков строительства от их устранения:

$$R = R_T + R_d. \quad (5)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hühwohl, P. Multi-classifier for reinforced concrete bridge defects / P. Hühwohl, R. Lu, I. Brilakis. – DOI 10.1016/j.autcon.2019.04.019 // Automation in Construction. – 2019. – Vol. 105, September. – P. 102824.
2. Single-shot multibox detector- and building information modeling-based quality inspection model for construction projects / G. Ma, M. Wu, Z. Wu, W. Yang. – DOI 10.1016/j.job.2021.102216 // Journal of Building Engineering. – 2021. – Vol. 38, June. – P. 102216.
3. Efficient surface finish defect detection using reduced rank spline smoothers and probabilistic classifiers / S. Wang, J. Fu, C. Zhang, J. Yang. – DOI 10.1016/B978-0-12-823992-6.00012-6 // Shield Tunnel Engineering From Theory to Practice. – 2021. – P. 581–612.
4. Baiburin, A. Kh. Errors, Defects and Safety Control at Construction Stage / A. Kh. Baiburin // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 206. – P. 807–813. – URL: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.555.
5. Evaluating different stakeholder impacts on the occurrence of quality defects in offsite construction projects: A Bayesian-network-based model / T. Yu, Q. Man, Y. Wang, G.Q. Shen, J. Hong, J. Zhang, J. Zhong // Journal of Cleaner Production. – 2019. – Vol. 241, December. – P. 118390. – URL: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118390.
6. Qin, H. Construction defects and wind fragility assessment for metal roof failure: A Bayesian approach / H. Qin, M. G. Stewart //

REFERENCES

1. Hühwohl, P. Multi-classifier for reinforced concrete bridge defects / P. Hühwohl, R. Lu, I. Brilakis. – DOI 10.1016/j.autcon.2019.04.019 // Automation in Construction. – 2019. – Vol. 105, September. – P. 102824.
2. Single-shot multibox detector- and building information modeling-based quality inspection model for construction projects / G. Ma, M. Wu, Z. Wu, W. Yang. – DOI 10.1016/j.job.2021.102216 // Journal of Building Engineering. –

По уровню априорного риска строительного процесса технический заказчик может выстраивать приоритетность выполнения строительного контроля, начиная с процессов повышенного риска. На данные процессы технический заказчик может отводить больше времени для операционного и входного контроля, закреплять за ними наиболее квалифицированных специалистов, назначать на них инспекционные проверки и т. д.

Заключение

В статье обоснована актуальность внедрения РОП в систему строительного контроля технического заказчика. Введен новый термин «риск-ориентированный строительный контроль», включающий в себя строительный контроль с применением РОП на ключевых уровнях организации и выполнения контроля. Разработана блок-схема организации риск-ориентированного строительного контроля с детализацией задач по каждому блоку. В статье представлена методика расчета риска потенциальных критических дефектов и риска задержки сроков строительства в результате их устранения, которые определяют априорный риск строительного процесса. Предложено по уровню априорного риска выстраивать приоритетность выполнения строительного контроля технического заказчика. Дальнейшие исследования предполагают разработку классификации строительных дефектов по степени опасности и методики оценки и управления риском выявленных дефектов в процессе строительства, которая позволит осуществлять поддержку принятия решений по неустранению (согласованию) выявленных дефектов.

- Reliability Engineering & System Safety. – 2020. – Vol. 197, May. – P. 106777. – URL: https://doi.org/10.1016/j.res.2019.106777.
7. London, K. Explanatory defect causation model linking digital innovation, human error and quality improvement in residential construction / K. London, Z. Pablo, N. Gu // Automation in Construction. – 2021. – Vol. 123, March. – P. 103505. – URL: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103505.
8. Вильданов, Р. А. Актуальность разработки методов осуществления функций государственного строительного надзора в жилищном строительстве при риск-ориентированном подходе / Р. А. Вильданов, Т. К. Кузьмина // Строительное производство. – 2020. – № 2. – С. 144–149.
9. Воробинская, Л. И. Специальная оценка условий охраны труда как информационная база для внедрения риск-ориентированного подхода в сфере охраны труда / Л. И. Воробинская, В. А. Финоченко, Т. А. Финоченко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 2. – С. 18–21.
10. Калинина, А. А. Актуальность риск-ориентированного подхода в инвестиционно-строительной сфере / А. А. Калинина // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 1 (126). – С. 687–690.
11. Лапидус, А. А. Применение риск-ориентированного подхода при выполнении функций строительного контроля техническим заказчиком / А. А. Лапидус, А. Н. Макаров // Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17, № 2. – С. 232–241.

2021. – Vol. 38, June. – P. 102216.
3. Efficient surface finish defect detection using reduced rank spline smoothers and probabilistic classifiers / S. Wang, J. Fu, C. Zhang, J. Yang. – DOI 10.1016/B978-0-12-823992-6.00012-6 // Shield Tunnel Engineering From Theory to Practice. – 2021. – P. 581–612.
4. Baiburin, A. Kh. Errors, Defects and Safety Control at Construction Stage / A. Kh. Baiburin // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 206. – P. 807–813. – URL: https://doi.org/10.1016/j.

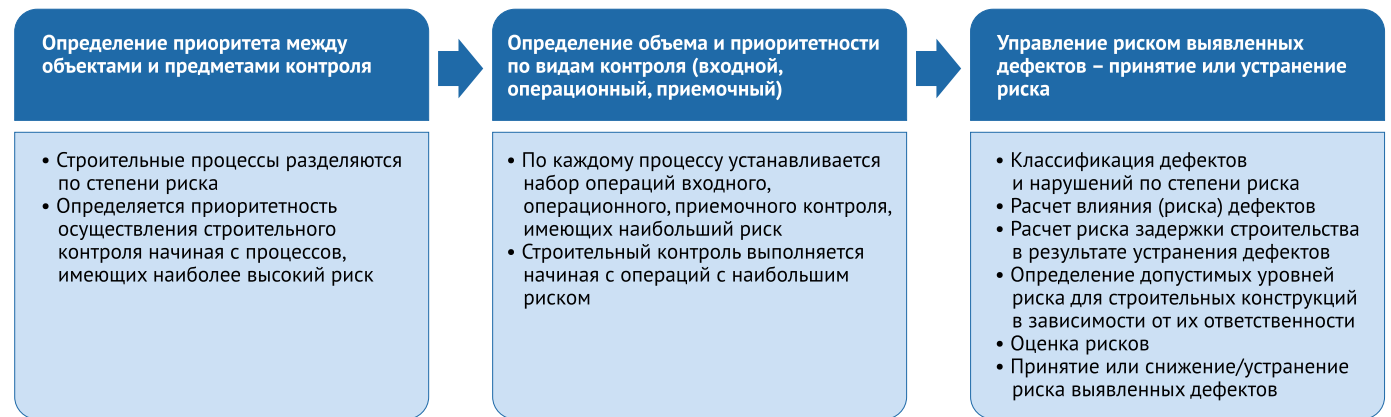


Рис. 2. Блок-схема выполнения риск-ориентированного строительного контроля
Fig. 2. Block diagram of risk-based construction control

proeng.2017.10.555.

5. Evaluating different stakeholder impacts on the occurrence of quality defects in offsite construction projects: A Bayesian-network-based model / T. Yu, Q. Man, Y. Wang, G.Q. Shen, J. Hong, J. Zhang, J. Zhong // Journal of Cleaner Production. – 2019. – Vol. 241, December. – P. 118390. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118390>.

6. Qin, H. Construction defects and wind fragility assessment for metal roof failure: A Bayesian approach / H. Qin, M. G. Stewart // Reliability Engineering & System Safety. – 2020. – Vol. 197, May. – P. 106777. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.res.2019.106777>.

7. London, K. Explanatory defect causation model linking digital innovation, human error and quality improvement in residential construction / K. London, Z. Pablo, N. Gu // Automation in Construction. – 2021. – Vol. 123, March. – P. 103505. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103505>.

8. Vildanov, R. A. Aktual'nost' razrabotki metodov osushchestvleniya funktsij gosudarstvennogo stroitel'nogo nadzora v zhilishhnom stroitel'stve pri risk-orientirovannom podkhode [Relevance of the development of methods for the implementation of the functions of state construction supervision in housing construction with a risk-oriented approach] / R. A. Vildanov,

T. K. Kuzmina // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 2. – P. 144–149.

9. Vorobinskaya, L. I. Spetsial'naya otsenka uslovij okhrany truda kak informatsionnaya baza dlya vnedreniya risk-orientirovannogo podkhoda v sfere okhrany truda [Special assessment of labor protection conditions as an information base for the introduction of a risk-oriented approach in the field of labor protection] / L. I. Vorobinskaya, V. A. Fiochenko, T. A. Fiochenko // Trudy rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshheniya [Proceedings of the Rostov State University of Railway Transport]. – 2020. – № 2. – P. 18–21.

10. Kalinina, A. A. Aktual'nost' risk-orientirovannogo podkhoda v investitsionno-stroitel'noj sfere [Relevance of the risk-oriented approach in the investment and construction sector] / A. A. Kalinina // Ekonomika i predprinimatel'stvo [Economics and entrepreneurship]. – 2021. – № 1 (126). – P. 687–690.

11. Lapidus, A. A. Primenenie risk-orientirovannogo podkhoda pri vypolnenii funktsij stroitel'nogo kontrolya tekhnicheskimi zakazchikom [The use of a risk-based approach when performing the functions of construction control by a technical customer] / A. A. Lapidus, A. N. Makarov // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2022. – T. 17, № 2. – P. 232–241.

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340_2022_2_6

Совершенствование формы и порядка ведения общего журнала работ в условиях цифровизации строительной отрасли

Improvement of the Form and Procedure for Maintaining the General Journal of Works in the Conditions of Digitalization of the Construction Industry

Карпушкин Александр Сергеевич
Главный специалист производственно-технического отдела, Крымский филиал федерального автономного учреждения «РосКапСтрой», Россия, 295034, Республика Крым, Симферополь, улица Московская, 12 / ул. Репина, 101, karpoooshkin@yandex.ru

Karpushkin Aleksandr Sergeevich
Chief Specialist of the Production and Technical Department, Crimean branch of the Federal Autonomous Institution «RosKapStroy», Russia, 295034, Republic of Crimea, Simferopol, ulitsa Moskovskaya, 12 / ulitsa Repina, 101, karpoooshkin@yandex.ru

Аннотация. Своевременное ведение основного производственного документа в строительстве – общего журнала работ – имеет первостепенное значение для управления, системы строительного контроля, ведения исполнительной документации и последующего предъявления в органы государственного строительного надзора для получения заключения о соответствии. На сегодня, в сравнении с классическим ведением документации в бумажном виде, цифровизация позволяет вести учет и контроль в несоизмеримо больших масштабах и на принципиально новом уровне, а разработчики программных комплексов и средств автоматизации активно пытаются встроиться в систему оперативного учета в строительстве.

Поэтому при постоянно меняющемся рынке тот, кто первым внедрит у себя новейшие разработки, будет получать наиболее полную информацию и, соответственно, может принимать наиболее эффективные решения. Однако правила ведения документации практически не менялись уже более 45 лет, и в строительстве уже давно наступил такой момент, когда устаревшие принципы ведения документации в классическом бумажном виде более не могут отвечать современным вызовам.

Abstract. Timely maintenance of the main production document in construction – the general work log – is of paramount importance for management, construction control system, maintenance of as-built documentation and subsequent submission to the state construction supervision authorities to obtain a conclusion on compliance. Today, in comparison with the classic paper

Цель. Целью исследования является совершенствование исполнительной документации, учета, отчетности и контроля в условиях цифровизации строительной отрасли.

Методы. Методом сравнения произведен анализ отечественных и зарубежных подходов в части функционала, порядка ведения, состава, форм документации, других параметров, а также практики ведения основных записей строительства.

Результаты. Результаты исследования показали пути трансформации требований законодательства и стандартов в части интеграции исполнительной документации с цифровыми базами данных.

Обсуждение. Выявлена необходимость развития ценообразования для нормальной интеграции единичных расценок с системой учета и отчетности.

Выводы. Даны рекомендации по совершенствованию формы и требований к ведению общего журнала работ.

Ключевые слова: строительный контроль, исполнительная документация, общий журнал работ, дневник, отчеты хода работ, учет, цифровизация, ТИМ.

documentation, digitalization allows you to keep records and control on a disproportionately large scale and at a fundamentally new level, and developers of software systems and automation tools are actively trying to integrate into the operational accounting system in construction.

Therefore, with a constantly changing market, the one who

is the first to introduce the latest developments will receive the most complete information and, accordingly, can make the most effective decisions. However, the rules for maintaining documentation have not changed for more than 45 years, and there has long been a time in construction when outdated principles of documentation in classic paper form can no longer meet modern challenges.

Object. The purpose of the study is to improve as-built documentation, accounting, reporting and control in the conditions of digitalization of the construction industry.

Methods. By the method of comparison, the analysis of domestic and foreign approaches in terms of functionality, maintenance procedure, composition, forms of documentation,

Введение
В связи с переходом РФ на рыночные отношения изменилась вся система в структуре взаимоотношений между участниками строительства. В течение двух десятков лет происходили изменения в законодательстве, системы стандартизации, а также активно заимствовались зарубежные принципы, системы и их отдельные элементы.

Но несмотря на внедрение таких нововведений, как системы менеджмента качества, саморегулирование, использование всевозможных программ, обеспечивающих автоматизацию заполнения документации, на объектах все чаще отмечаются проблемы с ведением учета, отчетности, контролем, а также с предъявлением исполнительной документации в органы государственного строительного надзора (далее – ГСН) и сдачей ее в эксплуатацию.

Соответственно, поиск причин указанных проблем, а также путей их решений на сегодняшний день является одной из труднейших и актуальных задач. А помочь нам в этом может изучение отечественной системы через призму передового зарубежного опыта.

other parameters, as well as the practice of maintaining basic records of construction was carried out.

Findings. The results of the study showed ways to transform the requirements of legislation and standards in terms of the integration of as-built documentation with digital databases.

Discussion. The necessity of pricing development for the normal integration of unit prices with the accounting and reporting system is revealed.

Conclusions. Recommendations are given for improving the form and requirements for maintaining a general journal of works.

Keywords: construction control, as-built documentation, general work log, diary, progress reports, accounting, digitalization, BIM.

Материалы и методы
Изучением системы строительства в США занимался Дикман Л. Г. [1]. В своей работе автор достаточно подробно описал формы документации, в том числе ведения основных сведений (записей) строительства. За рубежом вопросом цифровизации ежедневных записей строительства занимались Ronie Navon и Issam Haskaya [2], а также Alan D. Russel [3]. В своей работе авторы предлагали инструмент сбора ежедневных записей, а также отмечали, что слабым звеном детального мониторинга и контроля процесса строительства является ручной сбор данных, который требует много времени и трудоемкости, а кроме того, представляется дорогим и подвержен ошибкам.

Также вопрос интеграции основных сведений с цифровыми базами данных изучался Кабановым В. Н. [4]. Автором предложено планирование в информационной модели через заполнение раздела 3 общего журнала работ до начала строительства и на весь период в соответствии с утвержденным календарным планом на основе единичных расценок локальных сметных расчетов (далее – ЛСР).

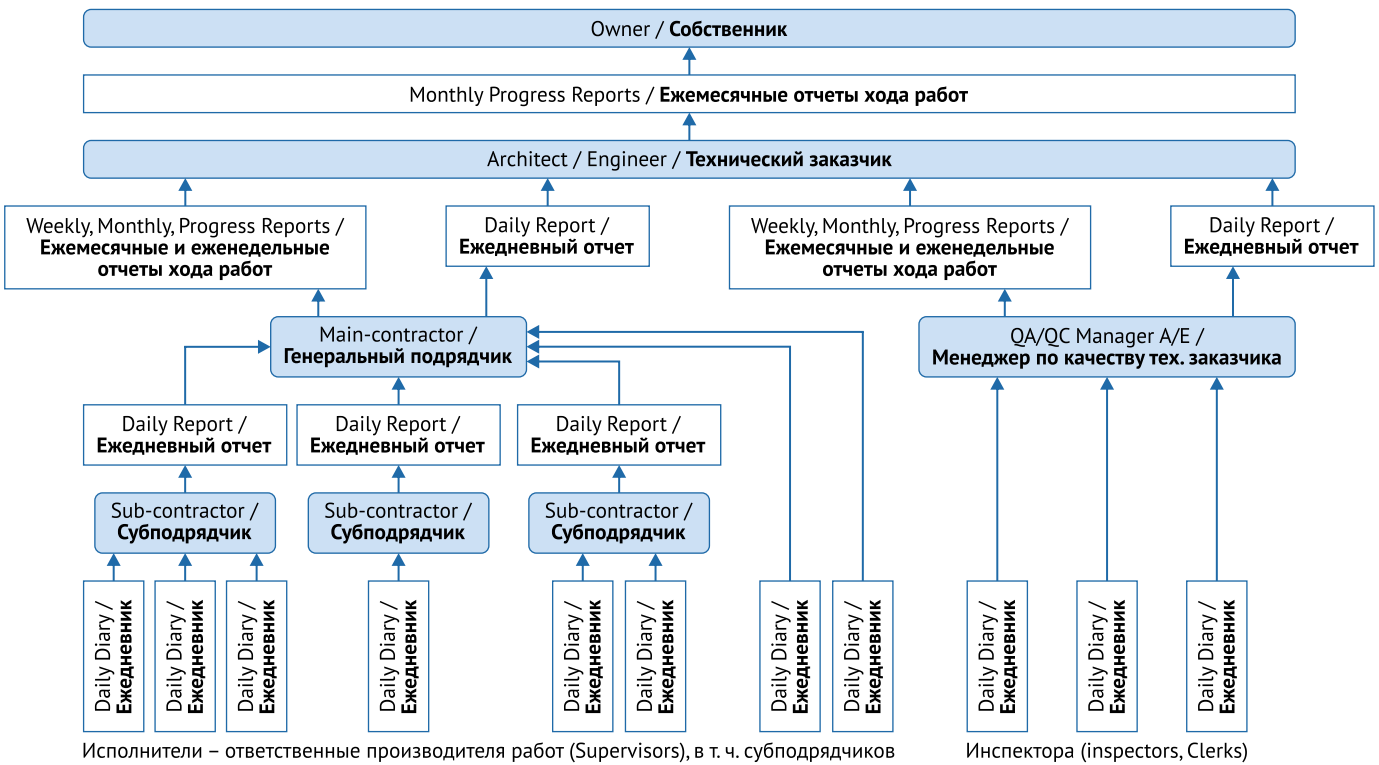


Рис. 1. Приблизительная схема консолидации и движения основных записей хода работ за рубежом
Fig. 1. Approximate scheme of consolidation and movement of main records of the progress of work abroad

История развития формы общего журнала работ, порядка заполнения, а также проблематика его ведения и сдачи в эксплуатацию в составе исполнительной документации изучены автором в работе [5]. Однако без глубокого и всестороннего сравнительного анализа двух разных систем, а также их отдельных элементов невозможно выделить основные преимущества и недостатки между отечественным и зарубежными подходами, в том числе в части интеграции записей с цифровыми базами данных. Вместе с тем, рассмотрение вопроса в контексте ценообразования, контрактации, учета и расчетов позволит взглянуть на проблему системно и наметить пути совершенствования требований законодательства в данной сфере.

При сборе теоретических и практических данных использовались методы наблюдения, изучения литературы, документов и результатов, изучения и обобщения практического опыта. В ходе проведения анализа теоретических и практических данных использовались методы абстрагирования, синтеза, аналогий, конкретизации, обобщения, индукции и дедукции. При проведении поиска причин возможных проблем использовались исторический метод и метод постановки проблем. При проведении анализа отечественных и зарубежных подходов использовались методы сравнения и логических заключений.

Результаты исследования

Рассмотрим зарубежные примеры ведения основных записей строительства, за основу которых взяты европейская и североамериканская практики. При этом зарубежную систему нельзя назвать единой, а представленный подход целесообразнее рассматривать как общепринятый.

За рубежом не предусмотрен жестко регламентированный единый документ, но контрактами подряда индивидуально для каждого объекта строительства предусматриваются отчетные формы с записями основных производственных событий строительства, которые целесообразно сравни-

вать с разделом 3 общего журнала работ по форме РД-11-05-2007 [6]. С этой целью используется два типа схожих документов – дневник и отчет. В зависимости от масштабов строительства, данный документ может быть как конечным от одного производителя работ (Supervisor), так и промежуточным от нескольких производителей работ или субподрядчиков (Sub-contractor) с последующим сводом в другом документе подрядчика (Main-contractor, Contractor) для передачи своему заказчику (с кем заключен договор [1, с. 159–164]). Технический заказчик (Architect / Engineer – A/E) в свою очередь получает отчеты как от подрядчика, так и от своих менеджеров по качеству (QA/QC Manager) и направляет свой или перенаправляет отчет подрядчика чаще всего на еженедельной или ежемесячной основе собственнику или инвестору (Owner, Employer). То есть данный документ в сравнении с единым общим журналом работ можно охарактеризовать как децентрализованный.

Таким образом, представители контроля качества заказчика на площадке также ведут учет и предоставляют аналогичные отчеты с целью диверсификации информации. Собственно, это и является отличительной особенностью от отечественного общего журнала работ, который является единственным и основным документом для всех участников строительства и контролирующих органов, в том числе и в судебных разбирательствах. То есть собственнику, по сути, не интересен отчет подрядчика, он больше доверяет техническому заказчику, контролирующему работы. Соответственно, риски утери или порчи такого документа здесь сведены к минимуму. Отчеты составляются, главным образом, с привязкой к договору.

Название документа может быть различным, в зависимости от его принадлежности к определенному участнику строительства или ответственному лицу, его заполняющему: Daily Diary (ежедневник), Site Diary (дневник площадки), Construction Log (строительный регистр), Daily Construction Report (ежедневный строительный отчет), Daily Site Report – DSR (ежедневный отчет с площадки), Site Journal (журнал площадки), Company Log (журнал организации), Construction Report (строительный отчет), General Contractor Daily Log (регистр генерального подрядчика), Inspector Daily Report (ежедневный отчет инспектора). Система отчетности и форм достаточно разнообразна и зависит от договорных отношений, структуры управления и особенностей работы отделов и служб каждой организации-участника. Далее, с целью упрощения, документ, ведущийся для внутреннего учета, будет называться Дневником, а документ для заказчика (с кем заключен договор) – Отчетом.

На рисунке 1 представлена приблизительная схема консолидации и движения ежедневных, еженедельных и ежемесячных основных записей строительства за рубежом.

Если ведение Дневника не регулируется, так как он ведется для внутреннего учета и является основой для отчетности заказчику, то обязанность по

предоставлению Отчета прописывается в контракте подряда. Отчет входит в блок документации под общим названием «Отчеты хода работ» (Progress Reports), а требование об их предоставлении указаны в Правилах федеральных закупок в США (Federal Acquisition Regulation – FAR). Аналогичные требования указаны в типовых контрактах, разработанных Американским институтом инженеров (American Institute of Architects – AIA), Комитетом по совместной контрактной документации инженеров (Engineers Joint Contract Documents Committee – EJCDC) и Международной федерацией инженеров-консультантов (International Federation of Consulting Engineers – FIDIC). Также данные организации и ассоциации выпускают всевозможные руководства и справочники по исполнению требований контрактов и законодательства с приведением примеров форм отчетов и других документов. Роль и место зарубежного аналога общего журнала работ в общей системе документирования контроля качества изучены в работе [7].

Однако форма Отчета и даже его состав государством не регулируются. Согласно п. 9.15.1 Construction Contract Administration Practice Guide [8]: «Руководитель проекта подрядчика, или суперинтендант, готовит ежедневный отчет, в котором фиксируются важные события, происходящие на площадке проекта. Отчеты должны быть объективными, фактическими и полными. В дополнение к информации, обычно включаемой в Отчеты о полевых наблюдениях технического заказчика и ежедневный журнал или журнал представителя проекта, ежедневный отчет подрядчика должен включать:

- название и местоположение проекта,
- номер проекта подрядчика,
- присутствующий персонал проекта,
- дату,
- погодные и температурные колебания в течение дня,
- список субподрядчиков, работающих на объекте (включая численность техники и количество отработанных часов),
- пересмотр, корректировку и изменение графика проекта,
- испытания (запланированное / выполненное),
- проектные поставки,
- проведение совещаний по вопросам безопасности и инспекций безопасности.

Отчеты должны готовиться ежедневно, включая выходные и праздничные дни. Отчеты описывают строительные работы и элементы прогресса, которые могут повлиять на график или стоимость строительства.

Договорные документы могут потребовать от подрядчика направления копий документов подрядчика. Ежедневные отчеты должны поступать техническому заказчику, а технический заказчик должен переслать отчеты владельцу».

Также Fisk E. R. и Reynolds W. D. в своей работе [9, с. 59] отмечали: «Кто должен вести дневники и отчеты? Строительный дневник должен вести каж-

дый человек, участвующий в проекте. Ежедневный отчет о строительстве готовит и отправляет Резидент – Представитель проекта, используя ежедневный отчет инспектора о ходе работ. Эти промежуточные отчеты инспекторов, в случае необходимости, служат также проверкой хода работ подрядчика при рассмотрении запроса подрядчика на частичную оплату».

На рисунке 2 показан пример ведения Дневника в Германии, представленного в сборнике под редакцией Нестле Х. [10, с. 259–260].

Дневник и Отчет представляют собой, как правило, форму на одной-двух страницах с четко разграфленными полями под различные данные, куда достаточно просто и понятно вписывается требуемая информация за прошедший день (смену). Часто, как в форме чек-листа, во многих графах достаточно проставить отметки либо цифры напротив необходимого варианта ответа. Несмотря на сложность полей формы, исполнители привыкают к постоянным местам размещения текста, что увеличивает скорость заполнения, унификацию вносимых данных, а также облегчает восприятие информации любому проверяющему, в том числе с целью сбора данных для отслеживания графика выполнения работ.

Также на крупных объектах некоторые графы разукрупняются в отдельные отчеты (Reports) по направлениям – поставка материалов, замечания инспекторов и пр., а в основном Отчете лишь делается ссылка на них. Бывают также формы с указанием плана работ на следующий день, а также дополнительный лист для эскизов, т. е. предусмотрены инструмент фиксации события схемой или

Дневник строительства. Оригинал руководителю строительства от заказчика. Лист № 12. Строительная фирма: Scholz GmbH Bergtetten. Стройплощадка: Müller, 8- Stadt. День: 10.03.03. Погода: min 12°C, max 19°C. Рабочая сила: с 7:00 до 12:30 (11 человек), с 13:30 до 17:30 (11 человек). Работы вне договора: 12 (Кладка стен подвала), 34 (Кладка стен подвала). Поступление строят. материалов: 4800 л (Готовый раствор), 100 шт. (Плоские элементы из нерж. стали). Выполнено: Müller 10.03.03, Becker 13.03.03, Krause 19.03.03.

ОТЧЕТ. ДЕНЬ/НОЧЬ. ПОДРЯДЧИК: 20. Вид работ: Чертеж, №. Выполненные работы за день. Погода: Темпер. °C, ДН, НН, Интенсивность ТБ, Рабочая сила, чел., Пр. работ, Секретарь, Каменщик, Столяр, Бетонщик, Электрик, Монтажник М/К, Разнорабочий, Оператор установки, Сантехник, Монтажник трлп., Раскройщик металла, Водитель грузовика. Проблемы, задержки. Работы Субподрядчика. Специальная инспекция. Дополнительные работы, Уполномоченный представитель, Ориентировочная цена, Оборудование в аренде на сегодня, Арендован в (организация), Отработано, часов. Ответственный производитель работ, Подпись. Получены материалы.

Рис. 2. Пример формы Дневника
Fig. 2. Example of a daily Diary form

Рис. 3. Пример формы ежедневного Отчета
Fig. 3. Example of a daily Report form

Распределение функций и состава записей по формам документов							
№ п/п	РФ	Наименование функции, записи документа	EUR, USA				
	Общий журнал РД-11-05-2007		Daily S Diary, (Daily Report)	Weekly, Monthly Progress Reports	IR, QVD (QCF, Report, Check-list)	Comments, Notice, Orders, Punch-list	LOGs
1	●	Регистрация организаций и ответственных специалистов					●
2	●	Регистрация производителей работ					●
3	●	Регистрация специальных журналов					
4	●	Записи строительного контроля подрядчика		●	●	●	
5	●	Регистрация актов, схем, протоколов					●
6	●	Записи замечаний строительного контроля заказчика, авторского надзора, ГСН		●		●	●
7		Основные сведения о выполнении работ:					
7.1	●	Начало и окончание работ, ход работ	●				
7.2	●	Технология и методы производства работ	●				
7.3	●	Метеорологические условия	●				
7.4	●	Сведения о применяемых материалах				●	●
7.5	●	Сведения об испытаниях	●	●	●		●
7.6	●	Прочие данные (важные события)	●	●			
7.7	●	Учет объемов основных работ (укрупненно)	●	●			
7.8		Учет дополнительных работ	●	●			
7.9		Сведения о переделках	●	●			
7.10		Допущенные отступления от проекта	●	●			●
7.11		Препятствия	●	●			
7.12		Фотофиксация	●	●			
8		Численность рабочих, количество техники	●	●			
9		Сведения о поступлении материалов на площадку	●	●			●
10		Сведения о нанятой технике	●				

Табл. 1. Анализ функций и состава записей отечественной формы в сравнении с зарубежными аналогами
Tab. 1. Analysis of the functions and composition of the records of the domestic form in comparison with foreign analogues

уточнение решений. Также могут быть требования к обязательному приложению к отчету фотоматериалов. В общем, любой из заказчиков может разработать свою форму, заточенную под конкретный объект и его индивидуальные условия, использовать предложенную подрядчиком либо предлагаемую всевозможными руководствами, разрабатываемыми ассоциациями заказчиков и подрядчиков [11, с. 323–326].

На рисунке 3 представлен пример формы ежедневного Отчета.

Главным отличием между отечественным и зарубежным документом является, в первую очередь, то, что Дневник и Отчет являются текущей документацией и не входят в состав приемо-сдаточной. Кроме того, в них, кроме замечаний, не регистрируются ответственные лица, документы, подтверждающие качество, а также не делается записей о производственном контроле подрядчика и технического заказчика, как это делается в разделах 1, 2, 4, 5, 6 общего журнала работ.

Фиксация участников и документов о качестве производится в отдельных регистрах в виде электронных таблиц (LOG), а далее эти регистры могут передаваться в виде отчетов. Специальные журналы в бумажном виде практически не используются, а их функции выполняют отдельные документы в виде отчетов (Reports), инспекционных запросов (IR) и в формах контроля качества (QVD, QCF, Report, Check-list). Замечания и предписания выдаются отдельными документами в виде отчетов, за-

мечаний, предписаний (Comments, Notice, Orders,) и ведомостей недоделок (Punch-list).

Документ ранее выполнялся также в виде сброшюрованного и прошнурованного журнала, однако на сегодняшний день существует множество программ мобильных версий Дневника и Отчета. Производитель работ или инспектор со смартфона или планшета ведет записи в соответствующих графах, а программа формирует Отчет, который можно потом, при необходимости, распечатать.

Произведем анализ функций и состава общего журнала работ и зарубежного Отчета в таблице 1.

Исходя из проведенного анализа, можно отметить, что зарубежный Отчет ограничен основными записями о ежедневном производстве работ, однако можно отметить более развернутое описание событий в сравнении с разделом 3 общего журнала работ.

Несмотря на то, что состав требований по указаниям к ведению 3-го раздела общего журнала работ и Отчета в половине случаев совпадает, их записи могут сильно отличаться. К примеру, в Отчете есть место под записи метеорологических условий два или даже три раза за сутки, в то же время в общем журнале производитель работ сделает запись, как ему удобно или как он это делал на другом объекте, часто раз в день или вовсе не указав.

Таким образом, важные для технологии производства работ условия могут попросту иметь недостаточное описание и, соответственно, такой же контроль необходимых мер. Также имеется возможность масштабирования данных с их укрупнением –

от ежедневных к еженедельным и далее – к ежемесячным отчетам.

Выделим принципиальные отличия отечественной формы общего журнала работ и примера зарубежного аналога в таблице 2.

Обсуждение

Сам документ играет важную роль в процессе строительства, однако после сдачи-приемки объекта он может понадобиться только для расследований несчастных случаев и судебных разбирательств в качестве документального доказательства. И при таких разбирательствах каждый из участников в свою защиту предоставляет свои Дневники и Отчеты, поэтому все заинтересованы, в первую очередь, в должном хранении документов, потому как если ты не представишь свое доказательство, оппонент будет иметь преимущество в виде своего документа.

Кроме того, зарубежным формам и требованиям к их ведению присуща общая гибкость, которая позволяет подстраивать отчетность под конкретные условия объекта. В то же время в отечественной системе исполнительной документации необходимо отметить излишнее дублирование информации в журналах и в отдельных формах (предписания, акты и пр.), образующих сложную структуру взаимосвязанных документов.

Необходимо отметить, что за рубежом также существуют проблемы с ведением основного доку-

№ п/п	Наименование сравниваемого параметра	Система / практика	Примечания
1	Регулирование формы и указаний к ведению	РФ	Законодательными актами и стандартами, утвержденными государственными органами. Невозможность изменения формы заказчиком
		EUR, USA	Договорными отношениями на основе стандартов ISO и внутренних стандартов. Возможность изменения формы заказчиком под конкретный объект строительства (условия, требования)
2	Характер и принцип ведения и хранения документа	РФ	Единый документ на объекте, регистрируется в ГСН. Хранит подрядчик, а заполняют все участники строительства
		EUR, USA	Каждый участник в соответствии с договором ежедневно передает заказчику отчет, который консолидирует информацию из дневников каждого производителя работ. Входит в блок документации отчетов хода работ
3	Классификация документа	РФ	Приемо-сдаточная документация
		EUR, USA	Текущая документация
4	Форма ведения документа	РФ	Бумажный вид журнала. Планируется цифровизация ведения
		EUR, USA	Журнал либо отдельные листы ежедневного отчета. Допускается и широко распространен электронный вариант
5	Обеспечение защиты от фальсификаций	РФ	Нумерацией, шнурованием и скреплением печатью и подписью заказчика с регистрацией в органе ГСН
		EUR, USA	Ежедневным направлением отчетов в адрес заказчика и размещением их сканов в электронной базе данных
6	Характер формы в общей структуре документации	РФ	Сложная многоуровневая структура взаимосвязанных документов. Информация дублируется во множестве документов разного уровня и консолидируется в едином общем журнале работ
		EUR, USA	Индивидуальный характер форм документации с минимальным дублированием информации, в том числе в ежедневных записях
7	Возможности использования в программном обеспечении	РФ	Низкие, в связи со слабой детализацией и невозможностью унификации записей
		EUR, USA	Высокие, в связи с подробным графлением формы, унификацией записей, а также применением принципа чек-листа
8	Риски фальсификации, порчи и утери документа	РФ	Высокие, в связи с хранением единого документа лицом, не заинтересованным в его достоверности (подрядчиком)
		EUR, USA	Низкие, в связи с ежедневной отчетностью самостоятельными документами
9	Стимулирование подрядчика по своевременному ведению записей	РФ	Низкие возможности назначения штрафов в связи с отсутствием ежедневного факта передачи общего журнала работ, хранящегося у подрядчика
		EUR, USA	Высокие возможности назначения штрафов в связи с фиксацией факта передачи отчета от подрядчика заказчику

Табл. 2. Сравнительный анализ характера и принципов ведения общего журнала работ и зарубежных аналогов
Tab. 2. Comparative analysis of the nature and principles of the general journal of works and foreign analogues

ми расценками на сегодняшний момент существует множество препятствий.

Во-первых, в связи с несовершенством ценообразования и системы проектирования состав расценок и объемы работ в сметах, прошедших государственную экспертизу, в большинстве случаев не соответствуют выданной «к производству работ» рабочей документации. То есть расценки в сметах не будут соответствовать фактически выполняемым работам ни по составу, ни по объемам, а далее в процессе строительства необходимо их корректировать и повторно проходить государственную экспертизу.

Также необходимо помнить о характере повторного прохождения государственной экспертизы откорректированных ЛСР, когда принято менять расценки в текущих ценах только в части, подвергающейся изменениям. А так как в связи со сжатыми сроками на момент повторного прохождения государственной экспертизы строительство редко останавливают, одни и те же расценки в ЛСР на части объемов работ получают с разной стоимостью, что также влияет на последующий учет выполненных работ и привязку цен к графику.

Во-вторых, чтобы с необходимой точностью сделать запись по единичным расценкам сборников ФЕР, ТЕР и ГЭСН, требуется обладать большим опытом работы в сфере сметного дела. То есть чтобы не допустить ошибки, данную работу должен выполнять квалифицированный специалист не ниже уровня сметчика.

В-третьих, отечественные единичные расценки не удобны как для ведения основных сведений общего журнала работ, так и для работы с отчетами по графику выполнения работ. Единичные расценки часто берутся дополнительно к основной, а при отсутствии прямой расценки также используются применительные, и использовать их в качестве отслеживания объемов выполненных работ крайне непрактично и трудоемко. Также многие расценки являются комплексными, в то время как работы и операции выполняются более мелкими частями. Например, устройство фундамента в журнале будет описываться как армирование, опалубка и бетонирование, с уходом и распалубкой отдельно, а расценка несет в себе сразу все эти работы. Короб для прокладки кабелей никогда не монтируется сразу с крышками, а расценка на него эту крышку сразу включает. То есть множество расценок прямо не соответствует необходимому описанию технологии производства работ. Соответственно, придется каким-то образом дополнительно делить расценки по долям для корректного отображения хода работ и, соответственно, стоимости. Также частично выполненные работы (незавершенное производство) не дают возможности точно указывать объемы с привязкой к цене. Кроме того, на объекте всегда выполняются работы, которые не отображены расценками, а заложены в накладных расходах, но их необходимо обязательно описать для фиксации технологии производства работ, качества и безопасности строительства. Таким образом, если ежедневные записи строительства полностью завязать на

расценки, то общий журнал работ потеряет техническую составляющую, фиксирующую в большей части технологии, качество и безопасность, станет, по сути, бухгалтерским документом.

В-четвертых, при использовании единичных расценок график выполнения работ возможно разработать только в структуре разделов ЛСР и с той же группировкой единичных расценок либо сметой контракта, выполненной, в свою очередь, в той же структуре ЛСР. К примеру, в ЛСР может не быть разделения расценок по конструктивам или наименованиям подсистем, однако руководство часто видит разработку графика выполнения работ именно таким образом, выделив отдельно фундамент, с разделением на секции, этажи, типы покрытий по видам помещений, подсистемы инженерных сетей и пр. Выполнить это условие в графике и отойти от структуры разделов и группировки расценок в ЛСР – означает разорвать прямую связь со стоимостью. Также график, составленный на основе всех ЛСР, будет вмещать несколько тысяч позиций, и на практике отслеживать факт исполнения по такому объему данных неудобно и занимает неоправданно много времени как у исполнителей, готовящих данные отчеты, так и у руководителей, эти отчеты просматривающие. Кроме того, необходимость постоянных изменений в стоимости и объемах влечет за собой необходимость соответствующих изменений в графике выполнения работ, что также накладывает некоторые ограничения на достоверность получения оперативных данных.

Использование в расчетах с подрядчиком вместо единичных расценок – сметы контракта, согласно приказу Минстроя России № 841/пр [12] в соответствии с ч. 7 ст. 110.2 44-ФЗ [13] и ст. 8.3 190-ФЗ [14], призвано помочь в решении части проблем. За рубежом подобная практика существует уже несколько сот лет. Используется аналогичная конкурсная форма, переходящая в контрактную в виде расцененной ведомости объемов работ (Bill of quantities) или графика оплаты (Schedule of values). Контрактная ведомость расценок существенно помогает участникам строительства ориентироваться в объемах и осуществлять расчеты с подрядчиком. Кроме того, в отличие от отечественной системы оплаты, в США и Европе есть возможность оплачивать работы по проценту готовности (Percentage-of-Completion Method).

Необходимо отметить также наличие ограничений в возможностях цифровизации при планировании ресурсов в связи с несовершенством единичных расценок. Если отечественные расценки сборников ФЕР, ТЕР и ГЭСН имеют только средний разряд рабочих и отдельно – машинистов, то расценки сборников R.S. Means США в своем составе имеют привязку к кодам состава звена, единиц техники экипажа (Crew) и минимального размера их почасовой оплаты в соответствии с соглашениями профсоюзов. То есть в теории нам, чтобы нормально запланировать ресурсы, в том числе в проекте производства работ, необходимо пересчитать весь комплект ЛСР в ЕНиР и ВНиР, что на практике никогда не исполняется по причине значительной трудоемкости и сжатых

сроков между проведением конкурсных процедур и началом строительства. В то же время в США это возможно реализовать при помощи средств автоматизации через единичные расценки, что значительно облегчает и ускоряет планирование ресурсов, а также контроль фонда оплаты труда.

По вышеуказанным причинам, несмотря на постоянные попытки сделать из производственного документа – документ точного бухгалтерского учета и отчетности, на практике на объектах продолжают использовать три отдельных документа, смежных по назначению, но разных как по характеру использования, так и по уровню учета:

1. Производственный общий журнал работ, заточенный под контроль технологии производства работ и безопасности строительства.

2. Бухгалтерскую форму журнала учета выполненных работ КС-6а, которая заполняется раз в месяц для точного учета выполненных работ и их остатков.

3. Всевозможные отчеты по графикам выполнения работ для оперативного отслеживания прогресса [5].

Заключение

Форма общего журнала работ, изначально разработанная для ведения и хранения в бумажном виде, более не отвечает современным потребностям и не может нормально интегрироваться с цифровыми базами данных. В настоящий момент образовалась необходимость пересмотра основных функций, состава и формы ведения общего журнала работ как единого документа с учетом всей системы строительства, включая контроль качества и первичную учетную документацию. По указанным причинам попытки цифровизации не предназначенного для этого общего журнала работ без трансформации его формы и порядка ведения приводят лишь к усложнению и увеличению трудоемкости работы исполнителей и проверяющих.

Система ведения Дневника и предоставления Отчетов заказчику имеет ряд преимуществ перед отечественным общим журналом работ, отмеченных в таблице 2.

Выделение из всех разделов общего журнала работ самого главного – основных записей строительства – в ежедневный Отчет позволит увеличить оперативность предоставления информации, а также отказаться от необходимости регистрации журналов в органах ГСН.

Ведение отдельных документов – Дневников – каждым производителем работ (мастером) с кон-

солидацией их данных в Отчетах заказчику (с кем заключен договор) позволит увеличить достоверность получаемой информации на ежедневной или ежесменной основе, снизив риски исправлений, дописывания и прочих фальсификаций.

Масштабирование состава ежедневных данных Отчетов хода работ на еженедельной и ежемесячной основе позволит эффективнее осуществлять контроль на разных уровнях проверок.

Замена формы бумажного общего журнала работ на подробно разграфленный с элементами чек-листа Отчет позволит вести документ, в первую очередь, в электронном виде, гармонично встраивая цифровизацию в систему учета, отчетности и контроля, упорядочить и привести к единообразию данные от разных лиц, а также облегчить последующую обработку получаемой информации.

Кроме того, согласно п. 4 РД 11-02-2006 [15], в орган ГСН должен предоставляться полный перечень всей исполнительной документации по объекту, т. е. раздел 6 общего журнала работ с данной задачей явно не справляется. Поэтому регистрация контроля, ответственных лиц и документации в титульном листе и других разделах общего журнала работ может осуществляться значительно эффективнее при помощи отдельных файлов электронных таблиц.

Для нормальной интеграции ежедневных записей с графиком производства работ в соответствии с единичными расценками необходимо либо совершенствовать всю систему ценообразования, сделав ее понятной и удобной в применении для всех специалистов, в том числе при помощи средств цифровизации, либо развивать новый инструмент в виде сметы контракта.

Однако для начала совершенствования добровольных стандартов и стандартов организаций, в том числе в части исполнительной документации и строительного контроля, требуется внести изменения в законодательство и подзаконные акты. Так, вместо подробного описания порядка строительного контроля и ведения исполнительной документации – необходимо обозначить лишь цели, а вместо точных наименований инструментов типа актов и журналов с приведением подробно разработанных форм документов – указать общие наименования «документы» с требованием о минимальном составе данных в форме, прописанных в строку. Таким образом участники строительства получат возможность разрабатывать стандарты организаций с учетом передового зарубежного опыта [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дикман, Л. Г. Организация строительства в США / Л. Г. Дикман. – Москва : Издательство АСВ. – 2004. – 375 с.
2. Navon, R. Is detailed progress monitoring possible without designated manual data collection? / R. Navon, I. Haskaya // Construction Management and Economics. – 2006. – Vol. 24, iss. 12. – P. 1225–1229.
3. Russel, A. D. Computerized Daily Site Reporting / A. D. Russel // Journal of Construction Engineering and Management. – 1993. – Vol. 119, № 2. – P. 385–402.
4. Кабанов, В. Н. Принципы построения информационной модели общего журнала работ в строительстве / В. Н. Кабанов // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 6 (66). – с. 20.

5. Цопа, Н. В. О совершенствовании исполнительной документации в условиях цифровизации строительной отрасли / Н. В. Цопа, А. С. Карпушкин, А. К. Авакян. – DOI 10.37279/2519-4453-2021-2-98-109 // Экономика строительства и природопользования. – 2021. – № 2 (79). – С. 98–109.
6. Об утверждении и введении в действие Порядка ведения общего и (или) специального журнала учета выполнения работ при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства РД-11-05-2007 : утв. приказом Фед. службы по экол., технол. и атомному надзору от 12 января 2007 года № 7 // Ростехнадзор. – Москва, 2007. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902025503> (дата обращения: 26.04.2022).

7. Мотылев, Р. В. Анализ системы документирования строительного контроля в сравнении с зарубежными подходами / Р. В. Мотылев, А. С. Карпушкин. – DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-6-87-95 // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – № 6 (89). – С. 87–95.

8. Construction Contract Administration : Practice Guide // The Construction Specifications Institute. – Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2011. – 306 p.

9. Fisk, E. R. Construction project administration / E. R. Fisk, W. D. Reynolds. – 9th ed. Pearson Education, Inc. – Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall, 2010. – 416 p.

10. Справочник строителя. Строительная техника, конструкции и технологии : (в 2 томах) ; Ф. Хансйорг и др. ; под ред. Х. Нестле ; пер. с нем. А. К. Соловьева. – Москва: Техносфера. – 2007. – 520 с. – Т. 1.

11. Levy, S. M. Project Management in Construction / S. M. Levy. – 7th ed. – McGraw-Hill. – 2018. – 528 p.

12. Об утверждении Порядка определения начальной (максимальной) цены контракта, цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем), начальной цены единицы товара, работы, услуги при осуществлении закупок в сфере градостроительной деятельности (за исключением территориального планирования) и Методики составления сметы контракта, предметом которого являются строительство, реконструкция объектов капитального строительства : Приказ Минстроя России от 23 декабря 2019 года № 841/пр : [с изменениями на 25 февраля 2022 года] // Минстрой России. – Москва, 2022. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/564162530> (дата обращения: 26.04.2022).

REFERENCES

1. Dikman, L. G. Organizaciya stroitel'stva v SSHA [Organization of construction in the USA] / L. G. Dikman. – Moscow: Izdatel'stvo ASV. – 2004. – 375 p.

2. Navon, R. Is detailed progress monitoring possible without designated manual data collection? / R. Navon, I. Haskaya // [Construction Management and Economics]. – 2006. – Vol. 24, iss. 12. – P. 1225–1229.

3. Russel, A. D. Computerized Daily Site Reporting / A. D. Russel // Journal of Construction Engineering and Management. – 1993. – Vol. 119, № 2. – P. 385–402.

4. Kabanov, V. N. Principy postroeniya informacionnoj modeli obshhego zhurnala rabot v stroitel'stve [Principles of building an information model of the general journal of works in construction] / V. N. Kabanov // Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2020. – № 6 (66). – P. 20.

5. Tsopa, N. V. O sovershenstvovanii ispolnitel'noj dokumentacii v usloviyax cifrovizacii stroitel'noj otrasli [On the improvement of as-built documentation in the conditions of digitalization of the construction industry] / N. V. Tsopa, A. S. Karpushkin, A. K. Avakian. – DOI 10.37279/2519-4453-2021-2-98-109 // Ehkonomika stroitel'stva i prirodopol'zovaniya [Economics of construction and environmental management]. 2021. – № 2 (79). – P. 98–109.

6. Ob utverzhdenii i vvedenii v dejstvie Poryadka vedeniya obshhego i (ili) spetsial'nogo zhurnala ucheta vypolneniya rabot pri stroitel'stve, rekonstruktsii, kapital'nom remonte ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva RD-11-05-2007 [On approval and introduction of the Procedure for maintaining a general and (or) special log of work Performed during construction, reconstruction, capital repairs of capital construction facilities of the RD-11-05-2007] : utv. prikazom Fed. sluzhby po ehkol., tekhnol. i atomnomu nadzoru ot 12 yanvarya 2007 goda № 7 [approved by the order of the Federal Service for Ecology, Technol. and Atomic Supervision No. 7 dated January 12, 2007] // Rostekhnadzor. – Moscow, 2007. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902025503> (data obrashheniya [accessed]: 26.04.2022).

7. Motylev, R. V. Analiz sistemy` dokumentirovaniya stroitel'nogo kontrolya v sravnenii s zarubezhny'mi podxodami [Analysis of the system of documentation of construction control in comparison with foreign approaches] / R. V. Motylev, A. S. Karpushkin. – DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-6-87-95 // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of Civil

26.04.2022).

13. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд : Федеральный закон от 5 апреля 2013 года № 44-ФЗ : принят Гос. Думой 22 марта 2013 года : одобрен Советом Федерации 27 марта 2013 года // Консультант-Плюс : [справ.-правовая система] : офиц. сайт Компании «КонсультантПлюс». – Москва, 2013. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624/ (дата обращения: 26.04.2022).

14. Градостроительный кодекс Российской Федерации : Федер. закон от 29 декабря 2004 года № 190-ФЗ : принят Гос. Думой 22 декабря 2004 года : одобрен Советом Федерации 24 декабря 2004 года // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2005. – № 1, ч. I. – Ст. 16. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901919338> (дата обращения: 26.04.2022).

15. Об утверждении и введении в действие Требований к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требований, предъявляемых к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения РД-11-02-2006 : Приказ Фед. службы по экол., технол. и атомному надзору от 26 декабря 2006 года № 1128 : [с изменениями на 9 ноября 2017 года] // Ростехнадзор. – Москва, 2017. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902023790> (дата обращения: 26.04.2022).

Engineers]. – 2021. – № 6 (89). – P. 87–95.

8. Construction Contract Administration : Practice Guide // The Construction Specifications Institute. – Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2011. – 306 p.

9. Fisk, E. R. Construction project administration / E. R. Fisk, W. D. Reynolds. – 9th ed. Pearson Education, Inc. – Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall, 2010. – 416 p.

10. Spravochnik stroitelya. Stroitel'naya tekhnika, konstruksii i tekhnologii : (v 2 tomakh) [Builder's Handbook. Construction machinery, structures and technologies (in 2 volumes)] ; F. Hansjorg [et al.] ; pod red. [edited by] Kh. Nestle ; per. s nem. A. K. Solov'eva [translated from German by A. K. Solovyova]. – Moscow : Tekhnosfera. – 2007. – 520 p. – Vol. 1.

11. Levy, S. M. Project Management in Construction / S. M. Levy. – 7th ed. – McGraw-Hill. – 2018. – 528 p.

12. Ob utverzhdenii Poryadka opredeleniya nachal'noj (maksimal'noj) tseny kontrakta, tseny kontrakta, zaklyuchaemogo s edinstvennym postavshhikom (podryadchikom, ispolnitelem), nachal'noj tseny edinitys tovara, raboty, uslugi pri osushhestvlenii zakupok v sfere gradostroitel'noj deyatel'nosti (za isklyucheniem territorial'nogo planirovaniya) i Metodiki sostavleniya smety kontrakta, predmetom kotorogo yavlyayutsya stroitel'stvo, rekonstruktsiya ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva [On approval of the Procedure for determining the initial (maximum) price of the contract, the price of the contract concluded with the sole supplier (contractor, contractor), the initial price of a unit of goods, work, services when making purchases in the field of urban development (except for territorial planning) and the Methodology for making estimates of the contract, the subject of which is the construction, reconstruction of facilities Capital Construction] : Prikaz Ministroya Rossii ot 23 dekabrya 2019 goda № 841/pr : [s izmeneniyami na 25 fevralya 2022 goda] [Order of the Ministry of Construction of the Russian Federation dated December 23, 2019 No. 841/pr : [as amended on February 25, 2022]] // Minstroj Rossii [The Ministry of Construction of Russia]. – Moscow, 2022. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/564162530> (date of application: 26.04.2022).

13. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд [On the contract system in the field of procurement of goods, works, services for State and Municipal Needs]: Federal'nyj zakon ot 5 aprelya 2013 goda № 44-FZ [Federal

Law No. 44-FZ of April 5, 2013]: prinyat Gos. Dumoj 22 marta 2013 goda [adopted by the State Duma on March 22, 2013] : odobren Sovetom Federatsii 27 marta 2013 goda [approved by the Federation Council on March 27, 2013] // Konsul'tantPlyus : [sprav.-pravovaya sistema] : ofits. sayt Kompanii «Konsul'tantPlyus» [ConsultantPlus : ofic. website of the Company «ConsultantPlus»]. – Moscow, 2013. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624/ (data obrashheniya [date of application]: 26.04.2022).

14. Gradostroitel'nyj kodeks Rossijskoj Federatsii [Urban Planning Code of the Russian Federation] : Feder. zakon ot 29 dekabrya 2004 goda № 190-FZ [Feder. Law No. 190-FZ of December 29, 2004] : prinyat Gos. Dumoj 22 dekabrya 2004 goda [adopted by the State Duma on December 22, 2004] : odobren Sovetom Federatsii 24 dekabrya 2004 goda [approved by the Federation Council on December 24, 2004] // Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federatsii [Collection of Legislation of the Russian Federation]. – 2005. – № 1, part I. – Article 16. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901919338> (accessed: 26.04.2022).

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340_2022_2_15

Выбор организационно-технологических решений при возведении объектов городской среды с использованием метода экспертных оценок

Choice of Organizational and Technological Solutions for the Construction of Urban Environment Objects Using the Method of Expert Assessments

Экба Сергей Игоревич

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, ekba.s.ig@gmail.com

Ekba Sergey Igorevich

Candidate of Technical Sciences, Ph. D. docent of the Department «Technologies and Organizations of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, ekba.s.ig@gmail.com

Хубулов Георгий Годердзиевич

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

Khubulov George Goderdzievich

Postgraduate student of the Department «Technologies and Organizations of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, geo.khubulov@mail.ru

Сигаев Максим Олегович

Магистр кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

Sigaev Maxim Olegovich

Master's student, Department «Technologies and Organizations of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26

Склярлов Михаил Максимович

Магистр кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, misha-s1998@rambler.ru

Sklyarov Mikhail Maksimovich

Master's student, Department «Technologies and Organizations of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, misha-s1998@rambler.ru

Аннотация. Целью статьи является определение порядка выбора эффективных организационно-технологических решений для ведущих процессов – земляных, бетонных и монтажных работ при возведении объектов городской среды, в частности строительства новых инженерных сетей, дорожной инфраструктуры, детских садов и школ, объектов здравоохранения (поликлиник, больниц, медицинских исследовательских центров).

В качестве методов исследования в работе использованы двухэтапный метод экспертных оценок для определения параметров и их значимости, методы математической статистики,

Abstract. The purpose of the article is to determine the order of selection of effective organizational and technological solutions for leading processes - earth, concrete and installation work in the construction of urban facilities, in particular the construction of new engineering networks, road infrastructure, kindergartens and schools, health facilities (polyclinics, hospitals, medical research centers).

The two-stage method of expert assessments for determining parameters and their significance, methods of mathematical statistics, elements of the theory of decision-making are used as research methods in the work. In particular, the paper uses the

Введение

Сегодня одним из приоритетов в развитии строительной отрасли являются жилье и городская среда. Ключевыми целями нацпроекта «Жилье и городская среда» являются обеспечение доступным жильем семей со средним достатком, увеличение объема жилищного строительства, повышение комфортности городской среды, создание механизма прямого участия граждан в формировании комфортной городской среды. Для обеспечения поставленных целей непременно требуется создание и развитие существующей инфраструктуры – сюда входит строительство новых инженерных сетей, дорожной инфраструктуры, детских садов и школ, объектов здравоохранения (поликлиник, больниц, медицинских исследовательских центров).

При этом требования к организации и технологии строительства становятся выше, в условиях ограниченных ресурсов необходимо выбирать эффективные методы организаций процессов на всех этапах жизненного цикла объекта, эффективные организационно-технологические решения (ОТР)

№	Ведущий процесс	Проблема
1	Земляные работы	Ошибки при проведении инженерно-геологических изысканий
2		Смещение / падение грунта, машин, механизмов на рабочих внутри котлована
3		Неправильное размещение разрабатываемого грунта, материалов, машин, механизмов
4		Выход из строя элементов ограждения котлована (распорная система, анкерное крепление, шпунт)
5		Наличие непроходимых препятствий
6		Наличие аварийных водонесущих коммуникаций в зоне ведения работ
7	Бетонные работы	Корректность подбора состава бригад бетонщиков, их квалификация
8		Качество и технологичность применяемой опалубочной системы
9		Сбой и ошибки в логистической цепочке (нарушение графиков поставки бетона)
10		Низкое качество технологической документации
11	Монтажные работы	Отклонение геометрических размеров монтируемых конструкций, изделий
12		Выход из строя грузоподъемного механизма (башенный кран, подъемник, домкраты), оснасти (стропы, траверсы)
13		Сбой графиков поставки материалов, конструкций, изделий
14		Ошибки в геодезической разбивочной основе
15		Отклонения в соединениях, стыках конструкций (отсутствие защитных покрытий, недостаточная толщина покрытий, отсутствие герметичности)

Табл. 1. Проблемы при выборе организационно-технологических решений
Tab. 1. Problems in choosing organizational and technological solutions

элементы теории принятия решений. В частности, в работе использованы ранжирование выявленных параметров и их последующая статистическая обработка.

В результате проделанной работы определены проблемы при выборе организационно-технологических решений (ОТР), определены ключевые параметры, влияющие на принятие решения при анализе ОТР для ведущих процессов, характерных для объектов городской среды, и основные преимущества.

Ключевые слова: организационно-технологические решения, жизненный цикл объекта, BIM, проектная документация, программный комплекс, объекты городской среды.

ranking of the identified parameters and their subsequent statistical processing.

As a result of the work done, the problems in the choice of ОТР were identified, the key parameters influencing decision-making in the analysis of ОТР for the leading processes characteristic of urban environment objects and the main advantages were determined.

Keywords: rganizational and technological solutions, object lifecycle, BIM, project documentation, software package, objects of the urban environment.

проектирования и строительства, использовать технологии информационного моделирования (ТИМ), в том числе современное программное обеспечение (ПО), позволяющее повышать эффективность проектирования и управления строительством. При этом задача осложняется тем, что для критической инфраструктуры необходимо использовать отечественное ПО, а, например, для объектов городской среды задача отягощается сложными технологическими процессами, наличием большого числа систем инженерного обеспечения, в том числе специальных – обеспечением кислородом, специальной защитой помещений, устройством «чистых помещений». Под городской средой в настоящей работе понимается совокупность градостроительных объектов и объектов городских инфраструктур, образующих архитектурно-планировочную структуру города.

Гипотеза настоящего исследования предполагает, что сроки и издержки этапов проектирования и строительства имеют прямую зависимость от принятых организационно-технологических решений,

№	Параметры	Индекс
Земляные работы		
1	Глубина котлована	PR-ew_1
2	Размеры и форма котлована в плане	PR-ew_2
3	Тип ограждения котлована	PR-ew_3
4	Способ разработки котлована (top-down, «прямая лопата», «обратная лопата»)	PR-ew_4
5	Использование ТИМ на этапе обеспечения геодезических работ (обеспечение точности)	PR-ew_5
6	Состав и характеристики ведущего комплекта машин	PR-ew_6
7	Места складирования, хранения разработанного грунта (на строительной площадке, утилизация)	PR-ew_7
8	Сложность грунтовых условий (суффозии, карст, высокий уровень грунтовых вод и т. д.)	PR-ew_8
9	Условия строительной площадки (стесненность)	PR-ew_9
10	Насыщенность участка строительства подземными коммуникациями	PR-ew_10
Бетонные работы		
1	Вид бетонируемой конструкции (стена, массив, оболочка)	PR-cw_1
2	Климатические условия производства работ	PR-cw_2
3	Ситуационные условия строительной площадки (стесненные условия, удаленность объекта)	PR-cw_3
4	Темп бетонирования	PR-cw_4
5	Квалификация рабочих-строителей и ИТР	PR-cw_5
6	Методы производства работ (поточный, последовательный, узловой)	PR-cw_6
7	Характеристики опалубочной системы, ее технологичность (габаритные размеры, масса, способы соединения и т. д.)	PR-cw_7
8	Производительность и функционал ведущего комплекта машин, средств механизации (бетононасос, кран, бетонораздаточная стрела, ручной инструмент)	PR-cw_8
9	Качество и полнота организационно-технологической документации (ППР, ТК, ТР), в том числе строительной информационной модели (СИМ)	PR-cw_9
10	Обеспеченность строительной площадки сырьевой базой	PR-cw_10
11	Наличие строительной информационной модели (СИМ) возводимого объекта (бетонируемой конструкции, узла)	PR-cw_11
Монтажные работы		
1	Стесненность строительной площадки	PR-iw_1
2	Габаритные размеры конструкций	PR-iw_2
3	Разнородность монтируемых конструкций	PR-iw_3
4	Ритмичность поставки конструкций	PR-iw_4
5	Методы и способы монтажа	PR-iw_5
6	Характеристики оснастки (стропы, траверсы, захваты)	PR-iw_6
7	Применение ТИМ при производстве работ (использование информационной модели, проверка на пересечения конструкций между собой и инженерными сетями, сопоставление технологических отверстий)	PR-iw_7
8	Квалификация рабочих-строителей и ИТР	PR-iw_8
9	Типы соединений, стыков, узлов конструкций	PR-iw_9
10	Высота, дальность монтажа	PR-iw_10

Табл. 2. Результаты выбора параметров (1 этап)
Tab. 2. Results of parameter selection (stage 1)

а, в свою очередь, применение ТИМ на этих этапах позволяет принимать эффективные ОТР, особенно для инновационных и высокотехнологичных объектов, к числу таковых, несомненно, относятся объекты городской среды, в частности медицинской отрасли и здравоохранения [1–3].

Учитывая ряд факторов, усложняющих строительство объектов городской среды (жилищное строительство, инфраструктурные объекты – больницы, школы, детские сады и т. д.), таких как стесненность условий строительства, интенсивный транспортный и пешеходный трафик, развитая сеть подземных коммуникаций, необходимость сохранности зданий, сооружений и их элементов (для объектов культурного наследия), порядок выбора эффективных организационно-технологических решений на этапе проектирования и строительства является важной и актуальной задачей.

Материалы и методы

Для целей настоящего исследования при сборе, проверке и анализе данных использованы средства качественного метода, также в рамках работы применялись методы анализа и синтеза, метод экспертных оценок, элементы теории принятия решений, методы математической статистики.

Ранее проведенные исследования показывают, что выбор эффективных организационно-технологических решений и их ключевых параметров (метрик) значительно влияет на каждый этап жизненного цикла любого инвестиционно-строительного проекта, в первую очередь на такие показатели, как общие затраты, продолжительность, трудоемкость [5].

В настоящей работе рассматривается выбор эффективных организационно-технологических решений на этапе строительства, в качестве объекта исследования приняты основные ведущие процессы при возведении объектов городской среды – земляные, бетонные и монтажные работы.

Анализ отечественных и зарубежных источников показывает, что специалисты на этапе строительства сталкиваются с рядом проблем при выборе эффективных ОТР ведущих процессов [8–10]. Результаты анализа представлены в таблице 1.

В данной работе авторами предлагается развить полученные ранее результаты и провести анализ таких параметров на более глубоком уровне, на примере производства земляных, бетонных и монтажных работ как одних из ведущих процессов на этапе строительства среды, и установить взаи-

Земляные работы											
	ET_1	ET_2	ET_3	ET_4	ET_5	ET_6	ET_7	ET_8	ET_9	ET_10	Ранг
PR-ew_1	9	8	10	9	7	7	9	9	10	10	88
PR-ew_2	5	3	5	2	1	3	4	2	3	5	33
PR-ew_3	10	9	9	8	10	8	10	7	7	8	86
PR-ew_4	4	2	3	5	2	2	5	1	5	1	30
PR-ew_5	1	5	4	6	6	5	3	3	4	2	39
PR-ew_6	3	1	2	3	3	4	6	4	6	3	35
PR-ew_7	6	4	6	1	4	1	1	6	2	6	37
PR-ew_8	8	7	8	10	8	10	7	8	8	9	83
PR-ew_9	7	10	7	7	9	9	8	10	9	7	83
PR-ew_10	2	6	1	4	5	6	2	5	1	4	36
Бетонные работы											
	ET_1	ET_2	ET_3	ET_4	ET_5	ET_6	ET_7	ET_8	ET_9	ET_10	Ранг
PR-cw_1	2	4	5	5	3	5	6	3	7	2	42
PR-cw_2	1	7	6	6	6	1	1	4	5	6	43
PR-cw_3	7	5	2	1	5	4	4	2	6	3	39
PR-cw_4	4	3	4	4	8	10	5	6	1	1	46
PR-cw_5	8	11	8	8	9	11	10	9	10	11	95
PR-cw_6	3	6	1	2	4	3	7	1	2	7	36
PR-cw_7	9	8	9	10	10	8	9	11	9	10	93
PR-cw_8	11	9	10	9	11	7	8	10	8	8	91
PR-cw_9	3	1	7	3	2	6	2	5	4	5	38
PR-cw_10	5	2	3	7	1	2	3	7	3	4	37
PR-cw_11	10	10	11	11	7	9	11	8	11	9	97
Монтажные работы											
	ET_1	ET_2	ET_3	ET_4	ET_5	ET_6	ET_7	ET_8	ET_9	ET_10	Ранг
PR-iw_1	3	5	4	1	6	5	6	3	2	3	38
PR-iw_2	5	4	2	2	1	4	3	4	1	1	27
PR-iw_3	9	7	10	7	7	10	7	9	10	7	83
PR-iw_4	8	10	7	9	10	8	8	10	9	9	88
PR-iw_5	1	3	3	6	5	1	2	5	3	5	34
PR-iw_6	2	2	1	4	3	6	5	1	4	4	32
PR-iw_7	7	8	8	8	9	9	10	7	7	8	81
PR-iw_8	4	6	5	5	2	3	1	2	5	2	35
PR-iw_9	10	9	9	10	8	7	9	8	8	10	88
PR-iw_10	6	1	6	3	4	2	4	6	6	6	44

Примечание: PR-ew_00 – параметр, влияющий на выбор ОТР при производстве земляных работ (excavation works – ew) и его индекс; PR-cw_00 – параметр, влияющий на выбор ОТР при производстве бетонных работ (concrete works – cw) и его индекс; PR-iw_00 – параметр, влияющий на выбор ОТР при производстве монтажных работ (installation works – iw) и его индекс; ET_00 – эксперт.

Табл. 3. Результаты ранжирования параметров (2 этап)
Tab. 3. Results of parameter ranking (stage 2)

мосвязь между параметрами ОТР и конкретными решениями.

В качестве метода выявления параметров, влияющих на выбор ОТР, использован двухэтапный экспертный опрос. На первом этапе экспертам необходимо выбрать параметры, влияющие на ОТР каждого вида работ, на втором – ранжировать выбранные параметры по степени влияния при выборе конкретных организационно-технологических решений.

Результаты

В результате анализа отечественных и зарубежных источников [8–10] и результатов первого этапа экспертного опроса установлены параметры, влияющие на выбор организационно-технологических решений ведущих процессов (таблица 2). При этом рассматриваемые ведущие процессы характерны для различных зданий и сооружений – жилых, промышленных, общественных, однако в работе определены параметры, свойственные именно объ-

	СР	Медиян	Мин	Макс	Дисперсия	Ср. откл.	CV
Земляные работы							
PR-ew_1	8.80	9.00	7.00	10.00	1.29	1.14	12.90 %
PR-ew_2	3.30	3.00	1.00	5.00	2.01	1.42	42.97 %
PR-ew_3	8.60	8.50	7.00	10.00	1.38	1.17	13.65 %
PR-ew_4	3.00	2.50	1.00	5.00	2.67	1.63	54.43 %
PR-ew_5	3.90	4.00	1.00	6.00	2.77	1.66	42.65 %
PR-ew_6	3.50	3.00	1.00	6.00	2.50	1.58	45.18 %
PR-ew_7	3.70	4.00	1.00	6.00	5.12	2.26	61.17 %
PR-ew_8	8.30	8.00	7.00	10.00	1.12	1.06	12.76 %
PR-ew_9	8.30	8.50	7.00	10.00	1.57	1.25	15.08 %
PR-ew_10	3.60	4.00	1.00	6.00	3.82	1.96	54.31 %
Бетонные работы							
PR-cw_1	4.20	4.50	2.00	7.00	2.84	1.69	40.16 %
PR-cw_2	4.30	5.50	1.00	7.00	5.79	2.41	55.95 %
PR-cw_3	3.90	4.00	1.00	7.00	3.66	1.91	49.02 %
PR-cw_4	4.60	4.00	1.00	10.00	8.04	2.84	61.66 %
PR-cw_5	9.50	9.50	8.00	11.00	1.61	1.27	13.36 %
PR-cw_6	3.60	3.00	1.00	7.00	5.38	2.32	64.42 %
PR-cw_7	9.30	9.00	8.00	11.00	0.90	0.95	10.20 %
PR-cw_8	9.10	9.00	7.00	11.00	1.88	1.37	15.06 %
PR-cw_9	3.80	3.50	1.00	7.00	3.73	1.93	50.85 %
PR-cw_10	3.70	3.00	1.00	7.00	4.23	2.06	55.61 %
PR-cw_11	9.70	10.00	7.00	11.00	2.01	1.42	14.62 %
Монтажные работы							
PR-iw_1	3.80	3.50	1.00	6.00	2.84	1.69	44.38 %
PR-iw_2	2.70	2.50	1.00	5.00	2.23	1.49	55.35 %
PR-iw_3	8.30	8.00	7.00	10.00	2.01	1.42	17.09 %
PR-iw_4	8.80	9.00	7.00	10.00	1.07	1.03	11.74 %
PR-iw_5	3.40	3.00	1.00	6.00	3.16	1.78	52.25 %
PR-iw_6	3.20	3.50	1.00	6.00	2.84	1.69	52.70 %
PR-iw_7	8.10	8.00	7.00	10.00	0.99	0.99	12.28 %
PR-iw_8	3.50	3.50	1.00	6.00	2.94	1.72	49.03 %
PR-iw_9	8.80	9.00	7.00	10.00	1.07	1.03	11.74 %
PR-iw_10	4.40	5.00	1.00	6.00	3.60	1.90	43.12 %

Табл. 4. Результаты статистической обработки параметров
Tab. 4. Results of statistical processing of parameters

екту исследования – объектам городской среды, с присущими ей условиями (стесненность условий строительства, интенсивный транспортный и пешеходный трафик, развитая сеть подземных коммуникаций и т. д.).

Значимость каждого из параметров определена в результате второго этапа экспертного опроса и дальнейшей обработки результатов с помощью методов математической статистики (ранжирования). Так, в результате опроса экспертов (10 экспертов – ГИПы, ГАПы, проектировщики, руководители проектов, производители работ) выявлены ключевые параметры, влияющих на выбор ОТР.

Учитывая качественную характеристику рассматриваемых параметров, оценка их влияния произведена с использованием ранжирования, при этом определялся суммарный ранг каждого из параметров [11]. Результат ранжирования параметров экспертами представлен в таблицах 3–5.

Анализ показывает, что наибольшее влияние на выбор ОТР по результатам двухэтапного экспертного опроса оказывают параметры:

а) для земляных работ:

- PR-ew_1 – глубина котлована,
- PR-ew_3 – тип ограждения котлована,
- PR-ew_8 – сложность грунтовых условий (суффозии, карст, высокий уровень грунтовых вод и т. д.),
- PR-ew_9 – условия строительной площадки (стесненность);

б) для бетонных работ:

- PR-cw_5 – квалификация рабочих-строителей и ИТР,
- PR-cw_7 – характеристики опалубочной системы, ее технологичность (габаритные размеры, масса, способы соединения и т. д.),
- PR-cw_8 – производительность и функционал ведущего комплекта машин, средств механизации (бетононасос, кран, бетонораздаточная стрела, ручной инструмент),
- PR-cw_11 – наличие строительной информационной модели (СИМ) возводимого объекта (бетонируемой конструкции, узла);

в) для монтажных работ:

- PR-iw_3 – разнородность монтируемых конструкций,
- PR-iw_4 – ритмичность поставки конструкций,
- PR-iw_7 – применение ТИМ при производстве работ (использование информационной модели, проверка на пересечения конструкций между собой и инженерными сетями, сопоставление технологических отверстий),
- PR-iw_9 – типы соединений, стыков, узлов конструкций.

Учитывая полученные результаты ранжирования параметров, можно сказать, что при подборе ОТР при производстве земляных, бетонных и монтажных работ при возведении объектов городской среды рекомендуется руководствоваться данными параметрами.

Такой подход дает ряд преимуществ при принятии решения на этапе строительства, а использование технологий информационного моделирования, в частности, разработка на этапе проектирования информационной модели объекта, разработка цифрового ПОСа и последующее создание на их основе строительной информационной модели (СИМ), дает синергетический эффект и уменьшает вероятность ошибок и, как следствие, снижает потери трудозатрат и издержек.

Так, например, выбирая организационно-технологические решения при устройстве ограждений котлована, в первую очередь, руководствуемся определенными качественными параметрами. В качестве ограждений котлована, как правило, рассматривают варианты –«стена в грунте», струйная цементация стенок котлована по технологии jet-grouting, шпунтовое ограждение из труб и деревянной забирки, шпунт Ларсена.

Рассматривая параметры «условия строительной площадки» и «глубина котлована», имеем следующую ситуацию: объект строительства расположен

в стесненных условиях, в зону влияния строительства попадает ряд существующих строений, что накладывает ряд ограничений на технологию производства работ, в частности необходимо исключить любое негативное воздействие на существующие конструкции зданий – шумовые, вибрационные, ударные.

Отсюда следует, что из рассматриваемых организационно-технологических решений возможно применить только «стену в грунте», так как струйная цементация вызовет дополнительное увлажнение грунта основания, что может повлечь за собой сверхнормативные осадки существующих строений; для устройства шпунтового ограждения из труб и деревянной забирки и шпунта Ларсена необходимо использовать машины с динамическим и ударным воздействием, что так же повлечет за собой сверхнормативные деформации.

Выводы

По итогам проведенного исследования авторами определены ключевые параметры, влияющие на выбор организационно-технологических решений (ОТР) ведущих процессов – земляных, бетонных и монтажных работ – при возведении объектов городской среды.

Выявленные в ходе исследования ключевые параметры позволяют эффективно организовать работы всех участников проекта на этапах проектирования, особенно организационно-технологического (ПОС, ППР, ТК) и строительства.

К числу главных преимуществ такого подхода выбора ОТР относятся:

- минимизация трудозатрат на этапах проектирования и строительства за счет уменьшения времени принятия решения;
- уменьшение числа специалистов в цепочке согласования ОТР, оптимизация бизнес-процессов;
- открытость и доступность данных участникам проекта, в том числе субподрядным организациям, за счет использования строительной информационной модели как элемента ТИМ;
- возможность подготовки оперативных отчетов текущей ситуации на объекте для заказчика, инвестора.

Последующие исследования будут направлены на количественную оценку установленных параметров организационно-технологических решений, а также на разработку алгоритма принятия решения в случаях выявления непредвиденных негативных факторов в процессе производства работ, например, обнаружение в грунте конструкций, коммуникаций или полостей, которые не были задокументированы в рамках предпроектных изысканий, бентонита при устройстве «стены в грунте» во внутренние полости в грунте, аварии и выход из строя оборудования при прогреве бетона, нарушение технологии производства работ – косослой, промораживание бетона и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилова, С. В. Концептуальные основы определения высокотехнологичного сектора экономики и функционирования высокотехнологичных компаний / С. В. Гаврилова // Статистика и экономика. – 2014. – № 2. – С. 53–57.

2. Гораева, Е. Н. Современные вызовы высокотехнологичных предприятий / Е. Н. Гораева, Е. М. Иванникова // Науки и бизнес: пути развития. – 2019. – № 10 (100). – С. 157–160.

3. Дорогань, И. А. Управление требованиями при строительстве зданий медицинских организаций / И. А. Дорогань. – DOI: 10.22227/1997-0935.2019.8.1046-1056 // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14, вып. 8. – С. 1046–1056.

4. Лапидус, А. А. Перспективы развития BIM технологий на территории российской федерации / А. А. Лапидус, Р. Т. Аветисян, А. Т. Мирзаханова, Р. Р. Казарян // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы – 2019 : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 25 ноября 2019. – Москва, 2019. – С. 331–334.

5. Экба, С. И. Выбор параметров организационно-технологических решений этапов жизненного цикла объектов жилищного строительства / С. И. Экба. – DOI 10.54950/26585340_2021_4_12_79 // Строительное производство. – 2021. – № 4. – С. 79–84.

6. Zaini, A. A. Assessing Strategies of Building Information Modeling (BIM) Implementation in Sarawak Construction

REFERENCES

1. Gavrilova, S. V. Kontseptual'nye osnovy opredeleniya vysokotekhnologichnogo sektora ekonomiki i funktsionirovaniya vysokotekhnologichnykh kompanii [The Fundamentals of High-Tech Sector and High-Tech Companies Operation] / S. V. Gavrilova // Statistika i ehkonomika [Statistics and Economics]. – 2014. – № 2. – P. 53–57.

2. Goraeva, E. N. Sovremennye vyzovy vysokotekhnologichnykh predpriyatii [Modern challenges of high-tech enterprises] / E. N. Goraeva // Nauki i biznes: puti razvitiya [Science and business: ways of development]. – 2019. – № 10 (100). – P. 157–160.

3. Dorogan, I. A. Upravlenie trebovaniyami pri stroitel'stve zdaniy medi-tsinskikh organizatsii [Requirements management in the medical building construction] / I. A. Dorogan'. – DOI 10.22227/1997-0935.2019.8.1046-1056 // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2019. – Т. 14, iss. 8. – P. 1046–1056.

4. Lapidus A. A. Perspektivy razvitiya BIM tekhnologii na territorii ros-siiskoi federatsii [Prospects for the development of BIM technologies in the territory of the Russian Federation] / A. A. Lapidus, R. T. Avetisyan, A. T. Mirzakhanova, R. R. Kazaryan // Sistemotekhnika stroitel'stva. Kiberfizicheskie stroitel'nye sistemy – 2019 : Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Moskva, 25 noyabrya 2019 [System engineering of construction. Cyberphysical Building Systems – 2019 : Collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Moscow, November 25, 2019]. – Moscow, 2019. – P. 331–334.

5. Ekba, S. I. Vybor parametrov organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenii etapov zhiznennogo tsikla ob'ektov zhilishchnogo stroitel'stva [The choice of parameters of organizational and technological solutions of the stages of the life cycle of housing construction objects] / S. I. Ekba. – DOI 10.54950/26585340_2021_4_12_79 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2021. – № 4. – P. 79–84.

6. Zaini, A. A. Assessing Strategies of Building Information

Industry / A. A. Zaini, H. C. Gui, A. W. Razali, N. Zaini // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 498. – P. 012086.

7. Allen, B. The Future of BIM Will Not Be BIM and It's Coming Faster Than You Think / B. Allen // Autodesk Universiy : [website]. – 2016. – URL: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Future-BIM-Will-Not-Be-BIM-and-Its-Coming-Faster-You-Think>.

8. Говоруха, П. А. Формирование факторов, характеризующих организационно-технологический потенциал устройства ограждающих конструкций / П. А. Говоруха, А. А. Лапидус // Научное обозрение. – 2015. – № 14. – С. 389–393.

9. Жадановский, Б. В. Энергоэффективность способов выдерживания свежесложенного бетона при возведении монолитных конструкции / Б. В. Жадановский, С. А. Синенко, Д. Г. Драган // Технология и организация строительного производства. – 2014. – № 2. – С. 38–41.

10. Azari, H. Assessing sensitivity of impact echo and ultrasonic surface waves methods for nondestructive evaluation of concrete structures / H. Azari, S. Nazarian, D. Yuan // Construction and Building Materials. – 2014. – Vol. 71. – P. 384–391.

11. Ганзен, Е. В. Выбор значимых факторов для принятия решений по капитальному ремонту и реконструкции административных зданий строительства / Е. В. Ганзен. – DOI 10.54950/26585340_2021_4_10_62 // Строительное производство. – 2021. – № 4. – С. 62–69.

Modeling (BIM) Implementation in Sarawak Construction Industry / A. A. Zaini, H. C. Gui, A. W. Razali, N. Zaini // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 498. – P. 012086.

7. Allen, B. The Future of BIM Will Not Be BIM and It's Coming Faster Than You Think / B. Allen // Autodesk Universiy : [website]. – 2016. – URL: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Future-BIM-Will-Not-Be-BIM-and-Its-Coming-Faster-You-Think>.

8. Govorukha, P. A. Formirovanie faktorov, kharakterizuyushchikh organizatsionno-tekhnologicheskii potentsial ustroystva ograzhdayushchikh konstruktsii [Formation of factors characterizing the organizational and technological potential of the device of enclosing structures] / P. A. Govorukha, A. A. Lapidus // Nauchnoe obozrenie [Scientific Review]. – 2015. – № 14. – P. 389–393.

9. Zhadanovsky, B. V. Energoeffektivnost' sposobov vyderzhivaniya svezheulozhennogo betona pri vozvedenii monolitnykh konstrukttsii [Energy efficiency of the methods of maintaining freshly laid concrete during the construction of monolithic structures] / B. V. Zhadanovsky, S. A. Sinenko, D. G. Dragan // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – 2014. – № 2. – P. 38–41.

10. Azari, H. Assessing sensitivity of impact echo and ultrasonic surface waves methods for nondestructive evaluation of concrete structures / H. Azari, S. Nazarian, D. Yuan // Construction and Building Materials. – 2014. – Vol. 71. – P. 384–391.

11. Ganzen, E. V. Vybor znachimykh faktorov dlya prinyatiya reshenii po kapital'nomu remontu i rekonstruktsii administrativnykh zdaniy stroitel'stva [The choice of significant factors for decision-making on capital repairs and reconstruction of administrative buildings of construction] / E. V. Ganzen. – DOI 10.54950/26585340_2021_4_10_62 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2021. – № 4. – P. 62–69.

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340_2022_2_21

Основные тенденции развития организации строительного производства

Main Development Trends Organizations of Construction Production

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, cnimotp@mail.ru

Oleynik Pavel Pavlovich

Doctor of Engineering, Professor of the Department «Technologies and Organizations of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26, cnimotp@mail.ru

Аннотация. Анализируются результаты влияния экономической реформы государственного механизма на эффективность строительства зданий и сооружений с приведением количественных и качественных показателей. Указываются темпы изменения числа строительных организаций по всем формам собственности за последние пятнадцать лет, уровень использования производственных мощностей и изменения объема выполняемых работ и их структуры. Подчеркиваются масштабы жилищного строительства как приоритетного направления деятельности строительных организаций, и в том числе ввод жилых помещений за счет привлечения средств населения. Анализируется также уровень материально-технической базы строительства и степень износа основных фондов. Раскрываются факторы, сдерживающие производственную деятельность строительных организаций и их оценки. Кратко перечисляются меры, принятые для сглаживания негативных последствий экономического кризиса и пандемии коронавируса. Сформулированы и раскрыты основные тенденции развития организации строительного производства на ближайшую перспективу, среди

Abstract. The results of the influence of the economic reform of the state mechanism on the efficiency of the construction of buildings and structures with the reduction of quantitative and qualitative indicators are analyzed. The rates of change in the number of construction organizations in all forms of ownership over the past fifteen years, the level of use of production facilities and changes in the volume of work performed and their structure are indicated. The scale of housing construction is emphasized as a priority area of activity of construction organizations, including the commissioning of residential premises by attracting public funds. The level of the material and technical base of construction and the degree of depreciation of fixed assets are also analyzed. The factors constraining the production activities of construction organizations and their assessments are revealed. The measures taken to mitigate the negative consequences of the economic crisis and the coronavirus pandemic are briefly listed.

The main trends in the development of the organization of construction production in the near future are formulated and

Введение

Решающее влияние на развитие и размещение производственных сил страны и на неуклонное повышение благосостояния народа оказывает капитальное строительство. Важнейшей его составляющей является организация строительного производства, представляющая собой деятельность строительных организаций по реализации системы взаимовязанных организационных, экономических и технических мер по обоснованию, созданию и обеспечению порядка и условий возведения предприятий, зданий и сооружений с наименьшими затратами всех видов ресурсов.

которых – увеличение объемов модульного строительства зданий и сооружений, интеграция технологий информационного моделирования в систему управления инвестиционно-строительными проектами, концентрация рабочих и инженерных кадров в строительном производстве, создание универсальной системы виртуальной реальности для строительных компаний, сокращение продолжительности строительства зданий и сооружений за счет организационных мероприятий, расширение объема индустриально-мобильных методов строительства зданий и сооружений, формирование организационно-технологических решений «зеленых» зданий, организация реновации промышленных зон для адаптивного повторного использования, централизация развития строительства через федеральные и региональные целевые программы.

Ключевые слова: строительное производство, организация производства, строительные организации, объемы строительных работ, жилищное строительство, материально-техническая база, сдерживающие факторы, тенденция развития.

disclosed, among which are an increase in the volume of modular construction of buildings and structures; integration of information modeling technologies into the management system of investment and construction projects, concentration of workers and engineering personnel in construction production, creation of a universal virtual reality system for construction companies, reduction of the duration of construction of buildings and structures due to organizational measures, expansion of the scope of industrial-mobile methods of construction of buildings and structures, formation of organizational and technological solutions for "green" buildings, organization of renovation of industrial zones for adaptive reuse, centralization of construction development through federal and regional targeted programs.

Keywords: construction production, organization of production, construction organizations, volumes of construction works, housing construction, material and technical base, restraining factors, development trend.

Проведенные экономические реформы государственного механизма вынудили строительные организации активно и, главное, самостоятельно решать весь комплекс стратегических и текущих задач – формировать производственный план подрядных работ, изыскивать финансовые ресурсы, приобретать средства производства. В результате производственные отношения стали строиться на экономической основе независимо от влияния каких-либо инстанций. В трудный период становления рыночных отношений одни строительные организации выжили и закрепились на строительном рынке, другие разорились, а третьи распались на более мелкие фирмы. В

Годы	Число строительных организаций по формам собственности					
	Государственная	Муниципальная	Частная	Смешанная	Прочие	Всего
2005	1877	685	106834	2004	1446	112846
2010	1203	530	192165	775	1561	196234
2015	832	461	229943	293	625	232154
2018	592	395	275742	251	1079	278059

Табл. 1. Число строительных организаций в отрасли
Tab. 1. Number of construction organizations in the industry

этих условиях неоднократно изменялась законодательная база, которая, в конечном счете, закрепила следующие виды собственности: государственную, муниципальную, частную, общественную, арендную, смешанную [1; 9; 13].

Переход строительного комплекса страны на рыночные методы управления оказался крайне тяжелым. В то же время благодаря радикальным экономическим реформам строительный комплекс к 2000 г. в целом практически перестроился, а к 2010 г. – стабилизировался. В результате принципиально изменилась вся система финансирования и инвестиционной деятельности, освоен выпуск широкой гаммы новых видов продукции и услуг, широко используется система управления процессом реализации проекта от маркетинга до сдачи (продажи) объекта «под ключ» с гарантийным обслуживанием, внедряются современные технологии строительного производства с учетом требований рынка и повышения конкурентоспособности [2; 11].

Материалы и методы

Итоговым показателем капитального строительства, и в том числе организации строительного производства, является объем введенных в эксплуатацию зданий и сооружений, масштабы и темпы которых существенно выросли за последние годы. Так, например, в 2018 г. было введено свыше 570 млн м³ зданий жилого и нежилого назначения, а в 2019 г. – порядка 616 млн м³ и в 2020 г. – 601 млн. м³ [12].

Основу строительной отрасли составляют строительные организации, оснащенные средствами механизации и транспорта и располагающие квалифицированными кадрами. В настоящее время в стране насчитывается около 280 тыс. строительных организаций с различными формами собственности, из которых организации с частной собственностью составляют 99, 1 % (таблица 1).

Средний уровень использования производственных мощностей строительных организаций вырос до 62 %. При этом порядка 20 % организаций имеют уровень загрузки не более 30–40 % и только 9 % организаций – более 90 % [7; 12].

Строительные машины	2018			2020		
	Всего, тыс. шт.	В том числе зарубежного производства, %	Удельный вес машин с истекшим сроком службы в общем числе машин, %	Всего, тыс. шт.	В том числе зарубежного производства, %	Удельный вес машин с истекшим сроком службы в общем числе машин, %
Экскаваторы самоходные одноковшовые	10,2	74,2	35,0	10,8	78,9	37,5
Скреперы самоходные	0,2	59,1	65,1	0,1	54,9	80,4
Бульдозеры и бульдозеры с поворотным отвалом	7,2	45,3	48,7	6,7	51,3	51,6
Краны башенные строительные	2,8	33,6	41,7	2,2	38,7	40,4
Автокраны	6,1	32,8	37,2	6,3	35,9	40,9
Краны на гусеничном ходу	2,4	43,9	51,5	2,3	53,4	50,4
Грейдеры самоходные	3,4	33,5	47,1	3,7	35,2	50,0

Табл. 3. Фактическое наличие строительной техники в строительных организациях
Tab. 3. Actual availability of construction equipment in construction organizations

Годы	Объем работ	
	Фактический (млрд руб.)	По отношению к предыдущему году (%)
2005	1754,4	113,2
2010	4454,2	105,0
2015	7010,4	96,1
2018	8470,6	106,3
2019	9132,2	102,1
2020	9553,1	100,7

Табл. 2. Объем работ, выполненных строительными организациями
Tab. 2. Scope of work performed by construction organizations

Объем работ, выполняемых строительными организациями, ежегодно увеличивается (таблица 2). В то же время его структура является относительно стабильной. Так, например, подготовка строительной площадки составляет порядка 6,5 %, а производство основных работ по возведению зданий и сооружений – более 85 %, в том числе выполнение общестроительных работ – 35 %. На производство отделочных работ приходится около 1 %, а на монтаж инженерного оборудования зданий и сооружений – порядка 7,5–8,0 %. Но при этом средний объем работ, выполненный одной организацией, свидетельствует о процессе укрупнения частного бизнеса в строительстве.

Приоритетным направлением деятельности строительного комплекса является развитие жилищного строительства. Так, например, если в 2000 г. было введено в эксплуатацию за счет всех источников финансирования 30,3 млн м² общей площади жилых помещений, то уже в 2017 г. этот показатель составил 79,2 млн м². Причем из них 33,0 млн м² жилых помещений было введено за счет собственных и привлеченных средств населения [2; 11; 12].

Несколько укрепилась материально-техническая база строительных организаций. Структуру основных фондов примерно составляют: здания и сооружения – 35,5 %, машины и оборудование – 41,0 %, транспортные средства – 19,3 %, прочее – 4,3 %. Но при этом следует отметить высокий удельный вес строительной техники зарубежного производства и машин с истекшим сроком службы (таблица 3). Вообще степень износа основных фондов в строительных организациях остается очень высокой, и ее показатель в среднем составляет более 50 %.

В последние годы производственная деятельность строительных организаций сдерживается рядом факторов, из которых наиболее значимыми являются следующие [10; 12]:

- высокая стоимость материалов, изделий и конструк-

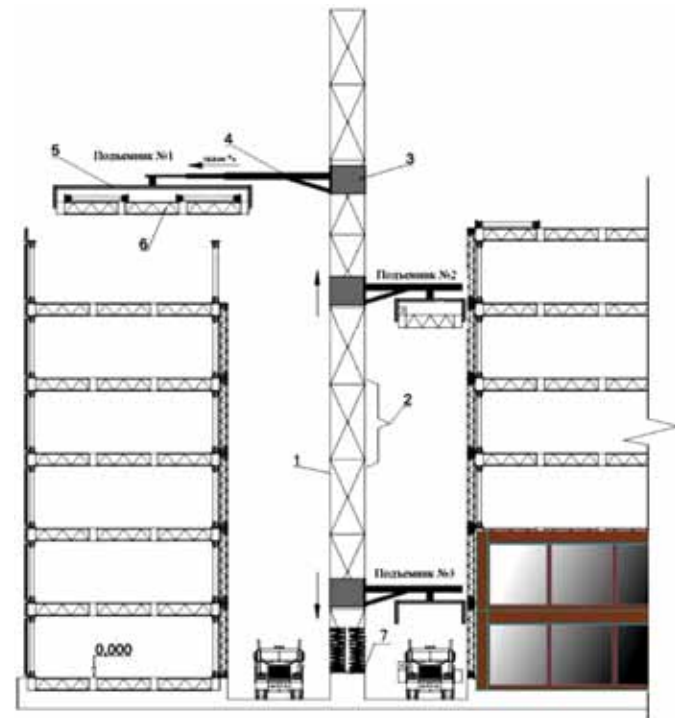


Рис. 1. Схема монтажа объемных блоков с помощью роботизированного подъемника: 1 – мачтовый монтажный робот; 2 – секция мачты; 3 – передвижная тележка; 4 – телескопическая платформа; 5 – захват; 6 – объемный блок; 7 – монтажные пружины
Fig. 1. Diagram of the installation of volumetric blocks using a robotic lift: 1 – mast mounting robot; 2 – mast section; 3 – mobile trolley; 4 – telescopic platform; 5 – gripper; 6 – volumetric block; 7 – mounting springs

- ций – 44 %;
- высокий уровень налогов – 30 %;
- конкуренция строительных организаций между собой – 25 %;
- недостаток заказов на выполнение строительных работ – 20 %;
- недостаток финансирования – 19 %;
- недостаток рабочих кадров – 19 %;
- неплатежеспособность заказчика – 18 %;
- влияние климатических условий – 14 %;
- высокий процент кредита – 12 %;
- дефицит строительной техники – 6 %;
- недостаток материалов, изделий и конструкций – 3 %.

Негативные последствия экономического кризиса и карантинных ограничений, введенных в рамках борьбы с распространением пандемии коронавируса, начали сказываться на строительной отрасли со снижения объема заключенных договоров на 9 % в марте 2020 г. Для защиты строительного рынка своевременно в течение первого полугодия 2020 г. был принят комплекс поддерживающих мероприятий, включающий:

- освобождение застройщиков от ряда штрафных санкций;
- введение программы льготной ипотеки по ставке 6,5 % на покупку нового жилья;
- введение программы субсидирования ставки по кредитам в рамках проектного финансирования до уровня 5,5 % для застройщиков;
- выкуп у застройщиков нереализованного объема квартир.

Результаты

Положение начало выравниваться, и уже в 2021 г. четко определились устойчивые тенденции, определяющие развитие организации строительного производства на ближайшую перспективу:

1. Увеличение объемов модульного строительства зданий и сооружений.

Сборка компонентов конструкций и элементов в заводских условиях является одновременно энергосберегающей и экономически целесообразной. В этой связи переход на модульное строительство зданий и сооружений как на высокоскоростной индустриальный процесс приобретает все большую известность, а превращение строительной площадки в монтажную выдвигает комплектно-блочный метод в качестве основы строительного производства в перспективе. Величайшим достижением такого подхода являются комплексно-механизированные и автоматизированные технологии сборки зданий, обеспечивающие полную безопасность рабочих (рисунок 1) [3; 14; 15].

2. Интеграция технологий информационного моделирования в систему управления инвестиционно-строительными проектами.

Перевод всей системы ручного управления строительными проектами на технологии информационного моделирования всех рабочих этапов инвестиционно-строительных проектов осуществляется посредством разработки и внедрения:

- трехмерного моделирования объектов с полной информацией на этапах проектирования, строительства и эксплуатации;
- создания и эксплуатации единой цифровой платформы строительства, включающей законодательные, правовые, нормативно-технические и методические основы управления жизненным циклом объектов капитального строительства;
- обеспечения высокого уровня взаимодействия участников строительства объекта в результате его имплементации [4; 6].

3. Концентрация рабочих и инженерных кадров в строительном производстве.

Дефицит рабочих кадров в строительной отрасли составляет 1,2 млн чел. Для отдельных регионов нехватка рабочих колеблется от 20 до 50 %. Сильнее всего страдают Москва и Санкт-Петербург. Привлечение иностранной рабочей силы является частичным решением проблемы. По данным Минстроя РФ, численность рабочих в отрасли должна быть в три раза меньше, а зарплата в два-три раза больше. Кроме того, строительная отрасль отличается исключительно высокой текучестью кадров, составляющей в среднем 45–50 % (таблица 4).

Основное направление устранения дефицита рабочих – это, во-первых, привлечение за счет повышения материального стимулирования специалистов, в первую

Годы	Движение работников, %	
	Принято	Выбыло
2005	49,0	51,2
2010	49,0	49,3
2015	43,8	57,3
2016	49,2	58,1
2017	50,5	56,8

Табл. 4. Движение работников строительных организаций
Tab. 4. Movement of construction workers

очередь, из регионов страны, а затем из Украины и Белоруссии. И, во-вторых, создание сети специальных центров для обучения молодых людей строительным профессиям с акцентом на узкопрофильные навыки.

Ликвидация дефицита линейного персонала (мастеров, прорабов) решается в НИУ МГСУ и других вузах страны путем усиления выпуска бакалавров и создания сети подготовки и переподготовки профессиональных кадров по специально разработанным учебным программам.

4. Создание универсальной системы виртуальной реальности для строительных компаний, проектных и конструкторских организаций.

Формирование с помощью электронных устройств цифрового мира (искусственной среды) виртуальных прототипов промышленных предприятий, жилых и гражданских зданий, сооружений и их конструкций и элементов обеспечивает высокую реальность воздействия на весь процесс их создания в режиме реального времени. В результате профессиональной системы виртуальной реальности существенно ускоряется разработка проектов, снижаются затраты на изготовление классических макетов, сокращается время принятия инженерных решений и упрощается процедура согласования и технической экспертизы проектов [4; 6].

Система виртуальной реальности подключается к инструментам автоматизированного проектирования (САПР), что позволяет оперативно вносить изменения в проект, видеть степень их влияния на виртуальный прототип и избегать дорогостоящих ошибок.

Особо следует подчеркнуть высокую эффективность универсальной системы виртуальной реальности при разработке организационно-технологической документации и принятии оперативных управленческих решений.

5. Сокращение продолжительности строительства зданий и сооружений за счет организационных мероприятий.

По данным Росстата, за последние годы ежегодно одновременно возводилось порядка 360 тыс. объектов жилого и нежилого назначения, а с учетом возведения объектов транспортного строительства общее число находящихся на стадии строительства объектов составило не менее 450 тыс. Следовательно, на каждом из одновременно строящихся объектов работало в среднем 4,2–5 рабочих, включая машинистов и шоферов. Такое распыление ресурсов является одной из причин превышения нормативной продолжительности строительства. Другая причина связана со слаборастущей производительностью труда, которая существенно уступает зарубежной, а также невысокой механовооруженностью труда, которая примерно в 1,5 раза ниже, чем в США. Предполагается повышение производительности труда осуществлять, прежде всего, за счет влияния и использования резервов строительного производства, снижения уровня накладных расходов, применения прогрессивных технологических процессов, повышения механизации и автоматизации производства работ [9]. В этой связи особая роль принадлежит улучшению условий труда и соблюдению гарантий трудового законодательства.

6. Расширение объема индустриально-мобильных методов строительства зданий и сооружений.

За годы становления рыночных отношений существенно возросла мобильность строительных организаций. Подвижные формирования используются не только для возведения новых предприятий, зданий и сооружений, но и для снятия «пиковых» нагрузок, особенно на пусковых стройках. Высокими темпами растет мобильность строительных организаций, подразделения которых работают в труднодоступных и малоосвоенных регионах Крайнего Севера, Заполярья, Сибири и Дальнего Востока. В значительной оторванности от мест постоянной дислокации и баз стройиндустрии и, к тому же, в условиях, как правило, агрессивной природной среды функционирование мобильных подразделений должно быть минимальным по продолжительности и затратам труда. Поэтому идеология агрегирования материальных ресурсов в крупные промышленные единицы в заводских цехах, доставки на строительные площадки и последующего их монтажа становится технической основой промышленного строительства объектов [8].

7. Нарращивание объемов сноса (разборки) зданий и сооружений и переработка их продуктов для повторного использования.

Факторы высокой стоимости земельных участков, физического и морального износа зданий явились убедительным доказательством необходимости расширения масштабов их сноса (разборки) с возведением новых современных жилых зданий и производств. Подтверждением такого подхода служит богатый многолетний опыт строительного комплекса г. Москвы. В число обязательных процедур сноса (разборки) зданий включается опережающее выполнение комплекса подготовительных мероприятий и работ по демонтажу всех внутренних инженерных сетей и элементов отделки до начала сноса (разборки) здания. Опыт обосновал необходимость отказа от механического обрушения конструкций зданий вследствие большого разлета кусков разрушенных конструкций, сильного пылевыведения и шумообразования, а также существенного увеличения трудоемкости при сортировке и отгрузке продуктов сноса. Этот способ заменен применением современных экскаваторов-разрушителей, оснащенных гидравлическими ножницами, гидромолотом, ковшом и грейфером.

Исключительно важной задачей является переработка продуктов сноса (разборки) зданий для вторичного использования, что позволяет снизить затраты на новое строительство и реконструкцию объектов, сократить потребление сырьевых ресурсов, уменьшить нагрузку на полигоны захоронения отходов, сократить земельные ресурсы и снизить выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта в результате сокращения грузопотоков строительных отходов [9].

8. Формирование организационно-технологических решений «зеленых» зданий.

Развитие новых технологий стремительно меняет стандарты качества жизни. В этой связи в мире сформировалось новое направление обеспечения высокого уровня качества возводимых зданий, которое включает следующие составляющие «зеленого» строительства:

- особые повышенные требования к комфортности зданий;
- существенное снижение потребления объектом всех видов эксплуатационных ресурсов;

- полное отсутствие влияния здания на находящихся в нем людей и окружающую среду.

Возведение таких зданий требует нового подхода в организации строительства, обеспечивающего практически 100-процентный уровень экологической безопасности.

9. Организация реновации промышленных зон для адаптивного повторного использования.

Заводы и предприятия, находящиеся в промышленных зонах, как правило, исчерпали свой производственный ресурс, большинство их зданий и сооружений простаивает и в редких случаях используется как склады и автосервисы. В то же время нехватка земли является сдерживающим фактором для развития многих городов и поселков. В этой связи реновация таких зон позволяет ускорить экономическое развитие региона за счет использования заброшенных или старых зданий, создания новых жилых комплексов и новых производств, объектов инфраструктуры, новых парков, набережных и лесопарков. Сложность организации реновации промышленных зон заключается в выработке неординарных решений по использованию инфраструктуры таких территорий и применению нестандартных технологий восстановления зданий и сооружений.

10. Централизация развития строительства через федеральные и региональные целевые программы.

Реализация федеральной целевой программы «Жилище» показала высокую эффективность применения единого комплексного подхода к развитию субъектов РФ и послужила примером для разработки других федеральных и региональных программ – «Жилье и городская среда», «Мой район», «Моя улица» и т. д. Такие программы содержат всю стратегию действий с контрольными сроками и показателями, финансовым планом и инструментом реализации. Как правило, программы имеют долговременный характер, включают все соответствующие этапы проектирования и строительства и предусматривают соответствующий единый механизм координации и управления [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабченко, В. В. Исследования состояния строительной отрасли в Российской Федерации / В. В. Бабченко // Гуманитарные научные исследования. – 2018. – № 5 (81). – 29 с.
2. Белова, А. П. Состояние и перспективы развития отраслей строительного комплекса / А. П. Белова, С. М. Бугрова // Россия и мировое сообщество перед вызовами нестабильности экономических и правовых систем : Сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 18–21.
3. Быстровозводимые здания и сооружения / А. Н. Асаул, Ю. Н. Казаков, В. Я. Быков и др. – Санкт-Петербург : Гуманитика, 2004. – 472 с.
4. Дмитриев, А. Н. Технология информационного моделирования в управлении строительными проектами России / А. Н. Дмитриев, И. Л. Владимиров / Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 10. – С. 48–57.
5. Киевский, И. Л. Координация и управление крупномасштабными городскими проектами рассредоточенного строительства в Москве / И. Л. Киевский // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 8. – С. 6–13.
6. Кравченко, Т. В. BIM-технологии в управлении строительными проектами / Т. В. Кравченко // Молодой ученый. – 2019. – № 3. – С. 176–179.
7. Нигматуллина, Р. Р. Строительная отрасль в России / Р. Р. Нигматуллина // Современные тенденции развития в области экономики и управления : Материалы Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 21–23.
8. Олейник, П. П. Индустриально-мобильные методы возведения предприятий, зданий и сооружений : Монография / П. П. Олейник. – Москва : Издательство АСВ, 2021. – 488 с.
9. Олейник, П. П. Научно-технический прогресс в строительном производстве : Монография / П. П. Олейник. – Москва : Издательство АСВ, 2019. – 442 с.
10. Пахомов, Е. В. Текущее состояние строительной отрасли / Е. В. Пахомов, М. С. Овчинникова // Молодой ученый. – 2019. – № 2 (240) – С. 255–260.
11. Романченко, О. В. Строительная отрасль в России: современное состояние и перспективы развития / О. В. Романченко // Проблемы конфигурации глобальной экономики XXI века: идея социально-экономического прогресса и возможные интерпретации : Сборник научных статей. – Краснодар, 2018. – С. 191–198.
12. Российский статистический ежегодник : статистический сборник. 19. Строительство / Государственный комитет Российской Федерации по статистике (Госкомстат России) ; [редкол.: В. Л. Соколин пред. и др.]. – Офиц. изд. – Москва : Росстат, 2020.
13. Солманидина, Н. В. Строительная отрасль в России: состояние и развитие / Н. В. Солманидина, А. Коновалова // Аллея

Выводы

Научно-технический прогресс существенно изменил технологии и организацию производства в отраслях народного хозяйства, что незамедлительно сказалось на характере и составе строительной продукции. В результате увеличения единичной мощности технологического оборудования, высокой автоматизации производственных процессов, оснащения зданий и сооружений сложными инженерными системами коренным образом изменяются организационно-технологические решения, методы и формы организации строительного производства, системы проектирования и управления строительством и его производственной базой с интеграцией технологий информационного моделирования и широким использованием автоматизированных систем.

Реализация федеральных и региональных программ развития и размещения производительных сил, освоение природных запасов труднодоступных районов и шельфов морей, восстановление и охрана окружающей среды требуют роста высокими темпами капитальных вложений в северных и восточных регионах страны, что обуславливает качественные изменения в организации строительства предприятий, зданий и сооружений с учетом суровых и экстремальных климатических условий и производственно-физиологических возможностей работников.

Огромные масштабы непроизводственного строительства по преобразованию городов и сельских населенных пунктов, большие объемы жилищного и коммунального строительства, создание благоприятных условий труда, быта и отдыха населения могут быть выполнены только при достижении эффективной организации строительного производства, включающей дальнейшую концентрацию, специализацию и кооперирование участников строительства с обеспечением максимального сокращения продолжительности строительства объектов, снижения затрат труда и высокого качества строительной продукции.

матуллина // Современные тенденции развития в области экономики и управления : Материалы Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 21–23.

науки. – 2018. – Т. 2, № 2 (18). – С. 673–676.

14. Сычев, С. А. Роботизированный монтаж быстровозводимых высотных зданий из модульных трансформируемых строительных систем повышенной заводской готовности / С. А. Сычев, Д. В. Шевцов // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 2 (61) – С. 140–147.

15. Шепелева, Е. А. Организация строительства производственных объектов комплексно-блочным методом / Е. А. Шепелева, А. Л. Шепелев. – Архангельск : ИПЦ САФУ, 2013. – 139 с.

REFERENCES

1. Babchenko, V. V. Issledovaniya sostoyaniya stroitel'noj otrasli v Rossijskoj Federatsii [Studies of the state of the construction industry in the Russian Federation] / V. V. Babchenko // Gumanitarnye nauchnye issledovaniya [Humanitarian scientific research]. – 2018. – № 5 (81). – 29 p.

2. Belova, A. P. Sostoyanie i perspektivy razvitiya otraslej stroitel'nogo kompleksa [The state and prospects of development of branches of the construction complex] / A. P. Belova, S. M. Bugrova // Rossiya i mirovye soobshhestvo pered vyzovami nestabil'nosti ehkonomicheskikh i pravovykh sistem : Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [Russia and the world community before the challenges of instability of economic and legal systems : Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference]. – 2018. – P. 18–21.

3. Bystrovozvodimye zdaniya i sooruzheniya [Prefabricated buildings and structures] / A. N. Asaul, Yu. N. Kazakov, V. Ya. Bykov, etc. – St. Petersburg: Gumanistika, 2004. – 472 p.

4. Dmitriev, A. N. Tekhnologiya informatsionnogo modelirovaniya v upravlenii stroitel'nyimi proektami Rossii [Information modeling technology in the management of construction projects in Russia] / A. N. Dmitriev, I. L. Vladimirova // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2019. – № 10. – P. 48–57.

5. Kievsky, I. L. Koordinatsiya i upravlenie krupnomasshtabnymi gorodskimi proektami rassredotochennogo stroitel'stva v Moskve [Coordination and management of large-scale urban projects of dispersed construction in Moscow] / I. L. Kievskij // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2019. – № 8. – P. 6–13.

6. Kravchenko, T. V. BIM-tehnologii v upravlenii stroitel'nyimi proektami [BIM technologies in construction project management] / T. V. Kravchenko // Molodoj uchenyj [A young scientist]. – 2019. – № 3. – P. 176–179.

7. Nigmatullina, R. R. Stroitel'naya otrasl' v Rossii [Construction industry in Russia] / R. R. Nigmatullina // Sovremennye tendentsii razvitiya v oblasti ehkonomiki i upravleniya : Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [In the collection: Modern development trends in the field of economics and management : Materials of the International Scientific and Practical Conference]. – 2018. – P. 21–23.

8. Oleynik, P. P. Industrial'no-mobil'nye metody vozvedeniya predpriyatij, zdaniy i sooruzhenij : Monografiya [Industrial-mobile methods of construction of enterprises, buildings and

structures : Monograph] / P. P. Olejnik. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 2021. – 488 p.

9. Oleynik, P. P. Nauchno-tehnicheskij progress v stroitel'nom proizvodstve : Monografiya [Scientific and technical progress in construction production : Monograph] / P. P. Olejnik. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 2019. – 442 p.

10. Pakhomov, E. V. Tekushhee sostoyanie stroitel'noj otrasli [The current state of the construction industry] / E. V. Pakhomov, M. S. Ovchinnikova // Molodoj uchenyj [A young scientist]. – 2019. – № 2 (240) – P. 255–260.

11. Romanchenko, O. V. Stroitel'naya otrasl' v Rossii: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya [Construction industry in Russia: the current state and prospects of development] / O. V. Romanchenko // Problemy konfiguratsii global'noj ehkonomiki XXI veka: ideya sotsial'no-ehkonomicheskogo progressa i vozmozhnye interpretatsii : Sbornik nauchnykh statej [Problems of the configuration of the global economy of the XXI century: the idea of socio-economic progress and possible interpretations : Collection of scientific articles]. – Krasnodar, 2018. – P. 191–198.

12. Rossijskij statisticheskij ezhegodnik : statisticheskij sbornik. 19. Stroitel'stvo [Russian Statistical Yearbook : Statistical collection. 19. Construction] / Gosudarstvennyj komitet Rossijskoj Federatsii po statistike (Goskomstat Rossii) [The State Committee of the Russian Federation on Statistics (Goskomstat of Russia)] ; [redkol.: V. L. Sokolin pred. i dr. [ed. by V. L. Sokolin et. al.]]. – Ofits. izd. [official publication]. – Moscow : Rosstat, 2020.

13. Solmanidina, N. V. Stroitel'naya otrasl' v Rossii: sostoyanie i razvitie [Construction industry in Russia: status and development] / N. V. Solmanidina, A. Konovalova // Alleya nauk [Alley of Science]. – 2018. – Vol. 2, № 2 (18). – P. 673–676.

14. Sychev, S. A. Robotizirovannyj montazh bystrovozvodimykh vysotnykh zdaniy iz modul'nykh transformiruemykh stroitel'nykh sistem povyshennoj zavodskoj gotovnosti [Robotic installation of prefabricated high-rise buildings from modular transformable construction systems of increased factory readiness] / S. A. Sychev, D. V. Shevtsov // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers]. – 2017. – № 2 (61) – P. 140–147.

15. Shepeleva, E. A. Organizatsiya stroitel'stva proizvodstvennykh ob'ektov komplektno-blochnym metodom [Organization of construction of industrial facilities by the complete block method] / E. A. Shepeleva, A. L. Shepelev. – Arkhangel'sk : CPI SAFU, 2013. – 139 p.

УДК 699.8.69.05 DOI: 10.54950/26585340_2022_2_26

Организация строительства по защите зданий от биологических газов

Organization of Construction to Protect Buildings from Biological Gases

Лapidус Азарий Абрамович

Профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, lapidus58@mail.ru

Lapidus Azarij Abramovich

Professor, Doctor of Technical Sciences, the Head of the Department «Technologies and Organization of Construction Production», Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, lapidus58@mail.ru

Каралли Дарья Львовна

Аспирант кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, cosmos616@mail.ru

Karalli Daria Lvovna

Postgraduate student of the Department «Technologies and Organization of Construction Production», Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, cosmos616@mail.ru

Аннотация. В статье изложена проблема организации строительства зданий на участках с газонасыщенными грунтами. Описаний полного комплекса и этапности производства работ по защите зданий от биогазов в имеющихся нормативных документах и исследованиях нет. Частичное выполнение отдельных видов работ не приводит к качественному и долговечному результату, влияющему на безопасность и здоровье людей. Правильность выбора метода решения задачи при строительстве зданий на газогенерирующих грунтах не может определяться только проведенными изысканиями, необходимо также создать экспертное мнение, которое подтвердит его правильность и достаточность.

Целью исследований является определение необходимого и достаточного комплекса мероприятий для выполнения

Abstract. The article describes the problem of organizing the construction of buildings on sites with gas-saturated soils. There are no descriptions of the full range and stages of work on the protection of buildings from biogas in the available regulatory documents and studies. Partial performance of certain types of work does not lead to a high-quality and durable result that affects the safety and health of people. The correctness of the choice of the method of solving the problem in the construction of buildings on gas-generating soils cannot be determined only by the conducted surveys, it is also necessary to create an expert opinion that will confirm its correctness and sufficiency. The purpose of the research is to determine the necessary and sufficient set

Введение

На территории г. Москвы имеются строительные площадки с насыпными техногенными грунтами массовых отходов, имеющими различные составы примесей, в том числе органические. По истечении лет из-за органических примесей в грунтах начинает происходить процесс разложения, вследствие чего возникает биологический газ различного состава.

В большинстве случаев требуется защищаться от таких подземных газов, как радон, метан, углекислый газ, сероводород, окись углерода, водород. Одним из самых опасных из перечисленных газов считается метан. Генерация метана в грунтах связана с реальной опасностью его накопления в пожароопасных концентрациях в технических подпольях зданий и в инженерных коммуникациях. Метан образует взрывоопасную смесь в воздухе при объемных концентрациях от 5 %.

Оценка пригодности территорий, отведенных для строительства, связана с конечной целью обеспечения безопасных условий эксплуатации зданий и сооружений и экологически безопасных условий проживания людей.

В проектах организации строительства на территориях с газонасыщенными грунтами нет описаний полного комплекса работ [1], а также нет рекомендаций по этапности выполнения работ по биогазовой защите зданий. Обычно на стадиях проекта и рабочей документации разрабатываются исключительно рекомендации по защите зданий и инженерных коммуникаций от биогаза. Рекомендации по биогазовой защите зданий содержат:

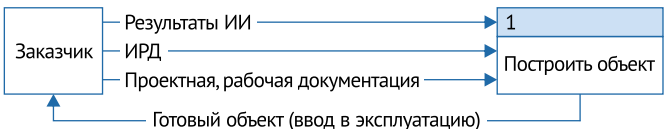
– проектные решения об обустройстве зданий и инже-

работ по биогазовой защите зданий. Методы DFD-построения «макро-» и «микромодели», а также априорного ранжирования обеспечивают определение полноценного, экономически обоснованного комплекса решений, влияют на правильность поэтапной его реализации. Результатом исследований, проводимых вышеуказанными методами, будет являться максимально скомбинированный и достаточный комплекс мероприятий по выполнению работ по биогазовой защите зданий, расположенных на газогенерирующих грунтах, с учетом нормативных требований, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности человека.

Ключевые слова: биогазовая защита, метан, метод априорного ранжирования, строительство на газогенерирующих грунтах, DFD-модель.

of measures to perform work on biogas protection of buildings. The DFD methods of constructing a "macro" and "micromodel", as well as a priori ranking, provide the definition of a full-fledged, economically sound set of solutions, affect the correctness of its phased implementation. The result of the research carried out by the above methods will be the most combined and sufficient set of measures to perform work on biogas protection of buildings located on gas-generating soils, taking into account regulatory requirements and ensuring safety for human life.

Keywords: biogas protection, methane, a priori ranking method, construction on gas-generating soils, DFD-model.



Цель: описать процесс строительства Объекта. Точка зрения: исследователь

Рис. 1. Контекстная диаграмма DFD-модели строительства объектов
Fig. 1. Context diagram of the DFD-model of construction of objects

нерных сооружений газодренажными системами и газонепроницаемыми экранами;

– использование специальных газозащитных строительных конструкций, необходимых при частном удалении опасных грунтов с территории проектируемого строительства.

Материалы и методы

Для определения максимально полного и корректного комплекса работ по устройству биогазовой защиты зданий на газогенерирующих грунтах, были использованы метод моделирования потоков данных – Data Flow Diagram (DFD) (рисунок 1), [2; 4] и метод априорного ранжирования [3; 8].

Для построения DFD-модели в первую очередь выполняется построение DFD-модели реализации строительного объекта «макромодели», затем построение DFD-модели биогазовой защиты зданий «микромодели».

Для построения DFD «макромодели» основополагающим был принят следующий перечень этапов реализации строительного объекта (рисунок 2):

- разбивка геодезической сетки;

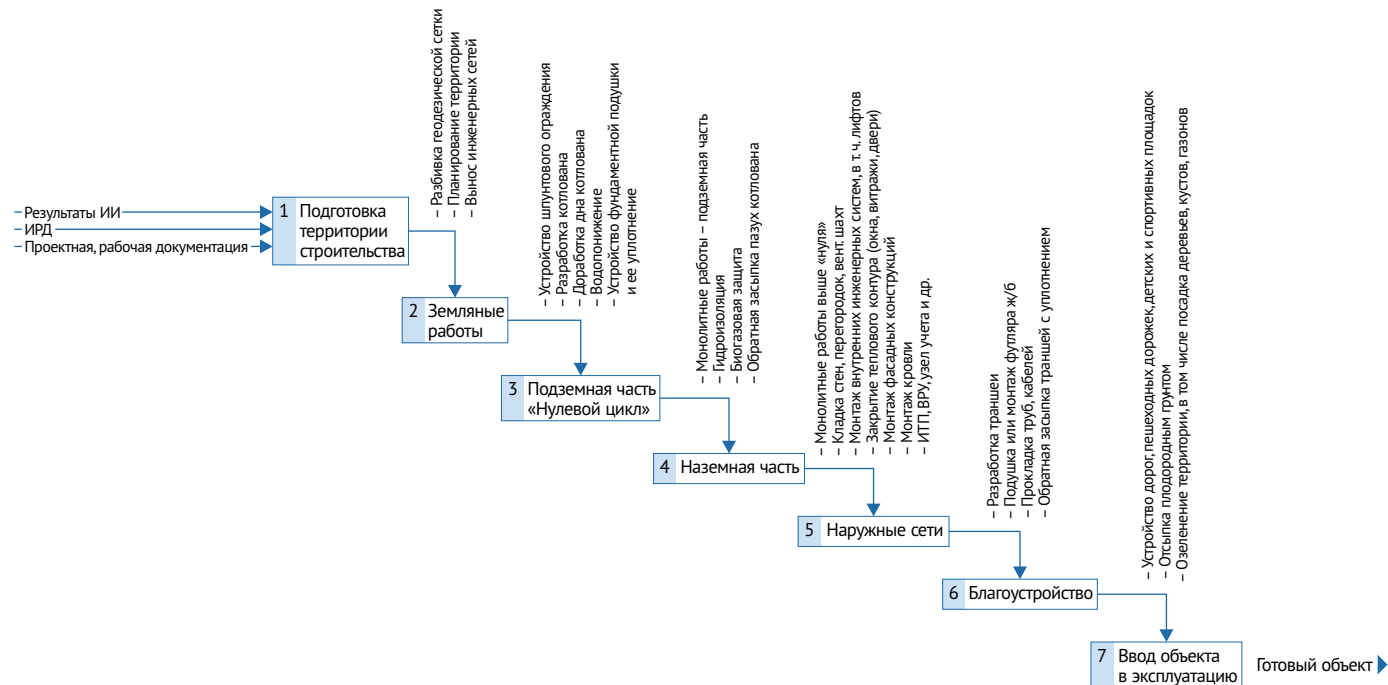


Рис. 2. Диаграмма основных процессов DFD-модели строительства объектов
Fig. 2. Diagram of the main processes of the DFD-object construction model

- планирование территории;
- вынос инженерных сетей;
- устройство шпунтового ограждения, стены в грунте (при необходимости);
- разработка котлована;
- доработка дна котлована;
- устройство фундаментной подушки и ее уплотнение;
- выполнение монолитных работ «нулевого цикла», подземной части;
- выполнение гидроизоляции;
- биогазовая защита;
- обратная засыпка пазух котлована с уплотнением;
- монолитные работы наземной части;
- кладка стен, перегородок, вент шахт;
- монтаж внутренних инженерных систем, в т. ч. лифтов;
- закрытие теплового контура (окна, витражи, двери);
- монтаж фасадных конструкций;
- монтаж кровли;
- ИТП, ВРУ, узел учета и др.;
- наружные сети (разработка траншей для прокладки наружных сетей, прокладка сетей, обратная засыпка траншей с уплотнением);
- благоустройство территории (устройство дорог, пешеходных дорожек, детских и спортивных площадок, отсыпка плодородным грунтом, озеленение территории, в том числе посадка деревьев, кустов, газонов).

Для построения DFD «микромодели» [4], а также для применения метода априорного ранжирования [3; 8] был рассмотрен перечень вопросов, влияющий на локализацию и в дальнейшем на реализацию проблемы биогазовой защиты зданий (рисунок 3, рисунок 4):

1. Дополнительные, углубленные изыскания:

- повторные инженерно-геологические и экологические изыскания;
- инженерно-газогеохимические изыскания;

- оценка мест концентрации и взрывоопасности грунтов;
- определение геометрических размеров подлежащих удалению «опасных» газогенерирующих грунтов;
- изучение наличия несущих слоев из чистых грунтов, находящихся ниже залегания «опасных» газогенерирующих грунтов;
- изучение уровня подземных вод и необходимости устройства строительного водопонижения в уровне нахождения газогенерирующих грунтов;

2. Проектные решения:

- изучение проектных решений устройства оснований и фундаментов зданий (при наличии);
- на основании анализа данных по дополнительным изысканиям – определение метода биогазовой защиты (методы: газодренажные системы, газонепроницаемые экраны, специальные газозащитные строительные конструкции);
- на основании определенного метода биогазовой защиты – разработка проектных решений, в том числе:
 - определение горизонтальных и вертикальных размеров выемки и обратной засыпки грунта;
 - определение объема вывоза «опасных» грунтов;
 - определение объемов песка для обратной засыпки котлована, траншей;
 - определение характеристик песка, в том числе по его крупности и влажности;
 - определение метода, способа уплотнения песчаного основания;
 - определение газодренажной системы, и (или) газонепроницаемых экранов, и (или) газозащитных строительных конструкций;

3. Реализация проектных решений:

- вывоз «опасных» грунтов с площадки на полигон;
- выполнение гидроизоляции наружных стен здания до отметки фундаментной плиты;
- устройство газодренажной системы;

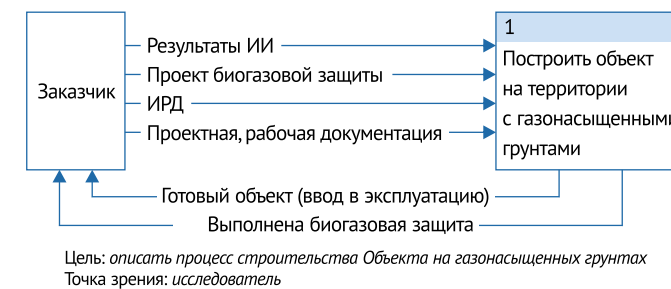


Рис. 3. Контекстная диаграмма DFD-модели строительства объектов на газонасыщенных грунтах
Fig. 3. Context diagram of DFD-models of construction of facilities on gas-saturated soils

- устройство газонепроницаемых экранов;
- устройство специальных строительных конструкций;
- выполнение обратной засыпки пазух котлована и траншей инженерных коммуникаций песком определенным проектом биогазовой защиты фракции и влажности;
- уплотнение основания, количество проходок и плотность, определенные проектом биогазовой защиты;
- отсыпка определенным проектом биогазовой защиты плодородным грунтом;
- озеленение определенной проектом биогазовой защиты территории.

Результаты

Методы экспертной оценки используются в различных

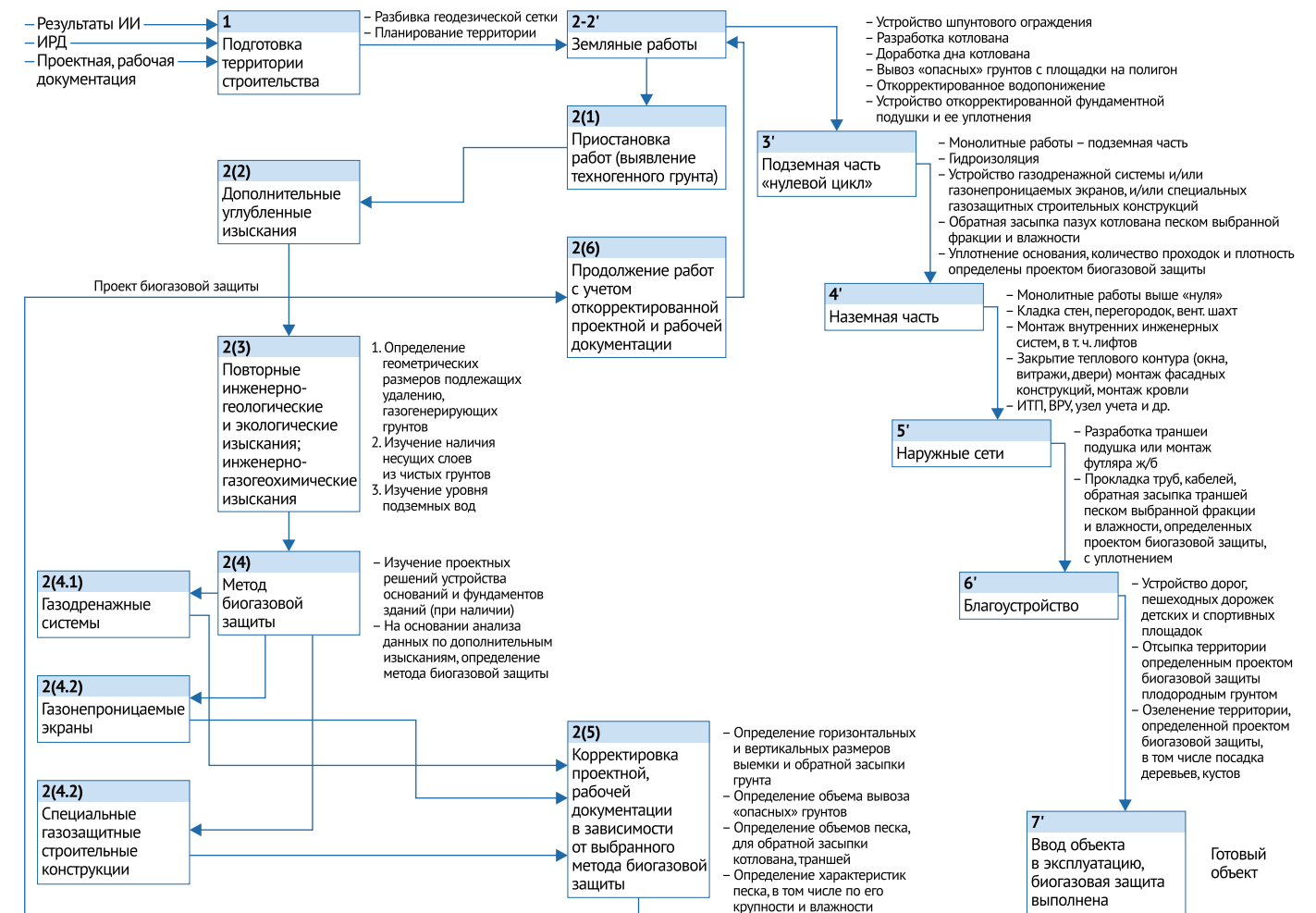


Рис. 4. DFD-модель строительства объекта на территории с газонасыщенными грунтами (выполнение биогазовой защиты)
Fig. 4 DFD is a model for the construction of an object on the territory with gas-saturated soils (implementation of biogas protection)

научных областях. Метод априорного ранжирования [6] позволяет решить поставленную задачу минимальным количеством экспертов [7].

Эксперты [6] распределяют по рангам в порядке убывания степени их влияния на результирующий признак или объект исследования предварительно составленный перечень объектов (факторов, параметров), которые требуется ранжировать. В итоге использования метода определены наиболее важные вопросы в исследованиях, исключены лишние.

По результатам априорного ранжирования определены этапы, позволяющие в короткий срок определить полный комплекс мероприятий по биогазовой защите зданий при их строительстве.

Обсуждение

На этапе определения целей и задач исследования в качестве экспертного метода можно использовать метод априорного ранжирования – он позволяет определить наиболее значимые факторы, которые приведут исследователя к достижению цели.

Выводы

На основе DFD-модели реализации строительства объектов построена DFD-модель устройства биогазовой защиты зданий «микроуровень», состоящая из контекстной диаграммы и диаграммы основных процессов строительства объектов и определяющая место биогазовой защиты зданий в строительной системе.

Метод априорного ранжирования, исходя из оценки экспертов, способствует определению необходимости

выполнения тех или иных работ из «микроуровня», при этом обеспечивает достаточность комплекса работ по био-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балакин, В. А. Газогеохимические исследования при инженерно-экологических изысканиях / В. А. Балакин, Е. П. Труфманова // Инженерные изыскания. – 2011. – № 4. – С. 18–21.

2. Вендров, А. М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем / А. М. Вендров. – Москва : Финансы и статистика, 2005. – 176 с.

3. Загорская, А. В. Применение методов экспертной оценки в научном исследовании. Необходимое количество экспертов / А. В. Загорская, А. А. Лapidus // Строительное производство. – 2020. – № 3. – С. 21–34.

4. Замятина, О. М. Моделирование систем : Учебное пособие / О. М. Замятина. – Томск : Издательство ТПУ, 2009. – 204 с.

5. Quantification of a human reliability analysis method

REFERENCES

1. Balakin, V. A. Gazogeokhimicheskie issledovaniya pri inzhenerno-ehkologicheskikh izyskaniyakh [Gas-geochemical studies in engineering and environmental surveys] / V. A. Balakin, E. P. Trufmanova // Inzhenernye izyskaniya [Engineering surveys]. – 2011. – № 4. – P. 18–21.

2. Vendrov, A. M. CASE-tekhnologii. Sovremennye metody i sredstva proektirovaniya informatsionnykh sistem [CASE-technologies. Modern methods and means of designing information systems] / A. M. Vendrov. – Moscow : Finansy i statistika, 2005. – 176 p.

3. Zagorskaya, A. V. Primenenie metodov ehkspertnoj otsenki v nauchnom issledovanii. Neobkhodimoe kolichestvo ehkspertov [Application of expert assessment methods in scientific research. The required number of experts] / A. V. Zagorskaya, A. A. Lapidus // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 3. – P. 21–34.

4. Zamyatina, O. M. Modelirovanie sistem : Uchebnoe posobie [Modeling of systems : A textbook] / O. M. Zamyatina. – Tomsk :

газовой защите зданий и сооружений, влияет на экономическую составляющую строительства объекта.

for radiotherapy applications based on expert judgment aggregation / D. Pandya, L. Podofilini, F. Emert, A. J. Lomax, V. N. Dang, G. Sansavini // Reliability Engineering and System Safety. – 2020. – Vol. 194, P. 106489.

6. Expert judgments for performance shaping Factors' multiplier design in human reliability analysis / P. Liu, Y. Qiu, J. Hu, J. Tong, J. Zhao, Z. Li // Reliability Engineering and System Safety. – 2020. – Vol. 194. – P. 106343.

7. Hokstad, P. Recommendations on the use of expert judgment in safety and reliability engineering studies. Two offshore case studies / P. Hokstad, K. Oien, R. Reinertsen // Reliability Engineering and System Safety. – 1998. – Vol. 61. – P. 65–76.

8. Скляр, В. А. Организация и математическое планирование эксперимента. Учебное пособие / В. А. Скляр. – Екатеринбург : Издательские решения, 2017. – 92 с.

Izdatel'stvo TPU, 2009. – 204 p.

5. Quantification of a human reliability analysis method for radiotherapy applications based on expert judgment aggregation / D. Pandya, L. Podofilini, F. Emert, A. J. Lomax, V. N. Dang, G. Sansavini // Reliability Engineering and System Safety. – 2020. – Vol. 194, P. 106489.

6. Expert judgments for performance shaping Factors' multiplier design in human reliability analysis / P. Liu, Y. Qiu, J. Hu, J. Tong, J. Zhao, Z. Li // Reliability Engineering and System Safety. – 2020. – Vol. 194. – P. 106343.

7. Hokstad, P. Recommendations on the use of expert judgment in safety and reliability engineering studies. Two offshore case studies / P. Hokstad, K. Oien, R. Reinertsen // Reliability Engineering and System Safety. – 1998. – Vol. 61. – P. 65–76.

8. Sklyar, V. A. Organizatsiya i matematicheskoe planirovanie ehksperimenta. Uchebnoe posobie [Organization and mathematical planning of the experiment. Textbook] / V. A. Sklyar. – Ekaterinburg : Izdatel'skie resheniya, 2017. – 92 p.

УДК 693

DOI: 10.54950/26585340_2022_2_30

Оценка организационно-технологических параметров производства работ и их взаимосвязи

Assessment of Organizational and Technological Parameters of Work Production and Their Relationship

Ибрагим Ибрагим Фадил Ибрагим

Аспирант, кафедра «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, eng.civil2004@gmail.com

Ibrahim Ibrahim Fadhil Ibrahim

Postgraduate student, Department «Technologies and Organization of Construction Production», National Research Moscow State Construction University (NRU MGUSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, eng.civil2004@gmail.com

Аннотация. В современном мире организация строительного производства включает в себя множество различных аспектов, которые необходимо учитывать для беспрепятственного, оперативного и высококачественного управления. Из-за постоянного сокращения сроков производства строительномонтажных работ требуется применять максимально рациональный подход к выбору фасадных систем будущего здания. С каждым годом потребность многоэтажного жилищного строительства в развитии и оптимизации конструктивных и организационно-технологических решений растет, а вопрос выбора фасадной системы с наиболее выгодными и эффективными технико-экономическими показателями становится актуальнее. Также по причине стремительного развития рынка строитель-

ных материалов и повышения требований строительных норм, предъявляемых к фасадным системам, в том числе технологии устройства фасада, возникает потребность в их сравнении. Цель исследования заключается в оценке организационно-технологических решений производства фасадных работ и разработке организационно-технологической модели, позволяющей осуществить выбор при наличии достаточного количества информации для проведения сравнения.

Задачи исследования:

- классификация и изучение современных фасадных систем;
- выявление недостатков в механизме действующего нормативно-технического регулирования мероприятий

сформирует предпосылки к необходимости введения унификации состава документации;

- анализ законодательной и нормативно-технической базы для регулирования монтажа фасадных систем, включая зарубежный опыт, также выявление основных факторов;
- исследование параметров аналитического выбора и, соответственно, определение наиболее эффективного организационно-технологического решения производства фасадных работ, а также выполнение математического анализа полученных данных.

Методы исследования: теоретический анализ научно-технической литературы.

Результаты: получен исходный материал для разработки методики принятия организационно-технологических решений и анализа темы исследования.

Выводы. Проведенный анализ влияющих факторов пока-

Abstract. In the modern world, the organization of construction production includes many different aspects that must be taken into account for smooth, efficient and high-quality management. Due to the constant shortening of the construction and installation work, it is required to apply the most rational approach to choosing the facade system of the future building. Every year, the need for multi-storey housing construction in the development and optimization of constructive and organizational and technological solutions is growing, and the issue of choosing a facade system with the most profitable and effective technical and economic indicators is becoming more relevant. Also, due to the rapid development of the building materials market and the increasing requirements of building codes for facade systems, including facade device technology, there is a need to compare them. The purpose of the study is to evaluate organizational and technological solutions for the production of facade works and develop an organizational and technological model that allows making a choice if there is enough information for comparison. The purpose of the study is to evaluate organizational and technological solutions for the production of facade works and develop an organizational and technological model that allows making a choice if there is enough information to conduct a comparison.

Research objectives:

- classification and study of modern facade systems;
- identification of shortcomings in the mechanism of the current regulatory and technical regulation of activities will form the prerequisites for the need to introduce the unification of the composition of the documentation;

Введение

Проблемы обеспечения качественного улучшения комфортных условий в зданиях, формирование городской среды, наиболее полно отвечающей запросам современного человека и общества, всегда оставались значимыми в системе «человек – среда – техника». В условиях рынка особое внимание уделяется не только повышению качества строительной продукции, но и сжатым срокам производства работ, позволяющим в короткие промежутки времени сдавать готовые объекты для последующей окупаемости инвестиций.

Одним из наиболее рациональных путей комплексного решения обозначенной проблемы достижения оптимальных технико-экономических показателей, как показывает теория и практика при производстве фасадных работ, является целесообразное применение средств подмащивания, которые способствуют рациональному распределению средств. Основная проблема исследования заключается в выборе оптимальных организационно-технологических решений путем обоснованного расчета выбора технологической оснастки и рационального подбора количества рабочих.

зал, что определяющими факторами при организации работ по монтажу фасадных систем являются геометрические характеристики объекта, финансовое обеспечение производства работ и выбор соответствующих организационно-технологических параметров производства работ. Одним из важнейших вопросов при проектировании работ является выбор необходимых средств подмащивания. При выборе средств подмащивания сравнение производится по трудоемкости монтажа (демонтажа), стоимости аренды (приобретения), безопасности производства работ. Необходимо учитывать климатические условия производства работ.

Ключевые слова: фасадные работы, строительное производство, влияющие факторы, технико-экономические показатели, планирование работ, организационно-технологические решения.

- analysis of the legislative and regulatory framework for regulating the installation of facade systems, including foreign experience, as well as identifying the main factors;
- study of the parameters of the analytical choice and, accordingly, determining the most effective organizational and technological solution for the production of facade works, as well as performing a mathematical analysis of the data obtained.

Research methods: theoretical analysis of scientific and technical literature.

Results: source material was obtained for the development of a methodology for making organizational and technological decisions and analysis of the research topic.

Conclusions. The analysis of influencing factors showed that the determining factors in the organization of work on the installation of facade systems are the geometric characteristics of the object, financial support for the production of work and the choice of appropriate organizational and technological parameters for the production of work. One of the most important issues in the design of works is the choice of the necessary means of paving. When choosing scaffolding means, comparison is made in terms of the complexity of installation (dismantling), the cost of renting (purchasing), and the safety of work. It is necessary to take into account the climatic conditions of the work.

Keywords: facade work, construction industry, influencing factors, technical and economic indicators, work planning, organizational and technological solutions.

Домостроение в крупных городах стремительно развивается и растет, тем самым требует применения новых прогрессивных технологий и различных методов устройства навесных вентилируемых фасадов. Старые технологии, которые применялись ранее, постепенно вытесняются более новыми. Например, на замену трудоемким «мокрым» процессам облицовки фасадов пришли быстросборные навесные фасадные системы. Такие фасады кардинально преобразуют облик строения и улучшают его эксплуатационные характеристики.

В современном мире организация строительного производства включает в себя множество различных аспектов, которые необходимо учитывать для беспрепятственного, оперативного и высококачественного управления. Из-за постоянного сокращения сроков производства строительномонтажных работ требуется применять максимально рациональный подход к выбору фасадных систем (ФС) будущего здания. С каждым годом потребность многоэтажного жилищного строительства в развитии и оптимизации конструктивных и организационно-технологических решений растет, а вопрос выбора фасадной системы с наиболее выгодными и эффективными техни-

ко-экономическими показателями становится актуальнее. Также по причине стремительного развития рынка строительных материалов и повышения требований строительных норм, предъявляемых к фасадным системам, в том числе технологии устройства фасада, возникает потребность в их сравнении.

В настоящее время актуальны работы по обновлению внешнего вида зданий и улучшению тепловых характеристик наружных стен путем устройства навесных вентилируемых фасадов. В современном строительстве технологии, по которым возводят многоквартирные здания, формируются исходя из их конструктивно-технологического способа эксплуатации, природно-климатических и других обстоятельств, а также требований по обеспечению энергосбережения здания. Скорость развития строительства в нашей стране показывает необходимость использования все более современных технологий, а также усовершенствование некоторых отечественных и зарубежных методов устройства фасадов. Множество факторов должны быть учтены при проектировании фасада, фасад должен отвечать условиям по прочности и надежности, всем теплотехническим и гидроизоляционным характеристикам. Важными задачами при проектировании являются экономия ресурсов и сокращение трудозатрат. Долговечность здания и безопасность проживания во многом зависят от выбора фасадных систем.

Интеграция жилых зданий старой постройки в современную городскую среду и выбор оптимального решения по дальнейшему его функционированию являются ответственной задачей при планировании реконструктивных мероприятий. Особенно следует обратить внимание на тот факт, что, помимо физического износа жилых зданий, они подвергаются и моральному износу. При этом степень морального износа не имеет взаимосвязи с физическим износом и характеризуется снижением и утратой эксплуатационных свойств жилого помещения, которые проявляются в случае отклонения нормативных требований от фактической планировки и комфортности. При этом немаловажным выступает и физический износ жилых зданий, так как он фактически показывает отклонение здания от его качественных и количественных характеристик, которые были свойственны ему при проектировании и постройке.

Материалы и методы

Теоретическую и методологическую основу исследования составляют общероссийские и международные нормативные документы, труды отечественных и зарубежных ученых в области строительства, в том числе НИУ МГСУ, статистические данные, интернет-ресурсы, материалы научно-практических семинаров и конференций.

Научная новизна исследования состоит в том, что были произведены анализ и выбор наиболее оптимальных организационно-технологических решений фасадных систем, а также область их эффективного применения.

Объектом исследования является строительное производство при выполнении фасадных работ.

Предмет исследования – организационно-технологические решения при устройстве фасадных систем.

Научно-техническая гипотеза

В результате оценки сравнительного анализа выбора технологии монтажа наружных ограждающих конструкций могут быть определены пути решения недостатков фасадных систем, что обеспечит снижение трудозатрат на 10–15 %.

Результаты

Основные задачи любой фасадной системы – это утепление и декоративная облицовка внешних стеновых конструкций, осуществляемая при строительстве, реконструкции или капитальном ремонте. Эта внешняя отделка стен делает здание или сооружение не только эстетически привлекательным, но и имеет отличные эксплуатационные и технические свойства.

Разнообразие фасадных систем позволяет выбрать необходимый вариант отделки для зданий. Фасадные системы можно объединить по следующим признакам:

- материалу облицовки и несущих элементов;
- конструктивной схеме монтажа;
- способу крепления несущих элементов;
- способу крепления облицовки к несущим направляющим.

Основная проблема, выявленная в данной работе, заключается в том, что в современном строительстве при наличии большого разнообразия конструкций фасадные системы принимаются без соответствующего организационно-технологического и экономического обоснования, преимущественно опираясь на опыт предыдущего строительства застройщика. Таким образом, можно сформулировать проблему отсутствия на этапе планирования жизненного цикла объекта надежных инструментов определения эффективности того или иного организационно-технологического решения производства фасадных работ.

Тенденции проектирования зданий и сооружений, а также подход к выбору конструктивных, объемно-планировочных решений и материалов, применяемых на всех этапах строительства, в условиях современного рынка недвижимости расширяет количество аспектов, поддающихся дополнительным исследованиям и углубленному изучению. В рамках разработки и утверждения проектных решений перед проектировщиками стоит не только задача расчета оптимальной системы, но и подбор материалов и технологических решений, которые обеспечат положительную динамику окупаемости в процессе эксплуатации за счет своей энергоэффективности [1]. Общий объем фасадных работ в 2020 году составил 281,3 млн м². По данным исследований большую популярность на рынке фасадных систем приобретают светопрозрачные конструкции, в 2020 году объем производства которых составил 129,4 млн м². Российская отрасль светопрозрачных конструкций создавалась с нуля на протяжении 20 лет и сегодня соответствует мировому уровню, но еще отстает от зарубежных показателей. Доля российского рынка навесных фасадных систем с воздушным зазором в 2017 году составила 109 млн м². Прирост к предыдущему году составил 40 % [2; 3].

Наружные ограждающие конструкции занимают значительную долю от общестроительной сметы, но при этом обладают наименьшим сроком эксплуатации. Это соотношение приводит к тому, что в процессе эксплуатации фасадные конструкции необходимо несколько раз полностью заменять, что также является накладными расходами и дополнительной статьей расхода [4]. Каждый элемент здания обладает своим индивидуальным сроком службы, по истечении которого недопустимо продолжать их эксплуатацию [5].

В России также внедряют пилотные проекты, которые не имеют широкого распространения на строительном рынке. Для сравнения рынков разных стран рассмотрим их по различным показателям (таблица 1). В таблице приведены данные об объеме рынка штукатурных фасадов, объеме жилищного строительства и количестве на-

Сравниваемые категории	Россия	США	Германия	Польша	Россия (все фасады)
Объем установки штукатурных систем (млн м²)	10,72	26,91	40,00	30	25,25
Объем жилого строительства (млн м²), общая площадь	77,08	262,56	26,82	17,19	77,08
Объем (м²) штукатурных систем теплоизоляции на 1 м² построенной жилой площади	0,14	0,10	1,28	1,75	0,33
Население (млн чел.)	141,90	281,4	82,60	38,0	141,90
Объем штукатурных систем теплоизоляции на 1 чел.	0,08	0,10	0,48	0,79	0,18

Табл. 1. Объемы установки фасадных систем
Tab. 1. Installation volumes of facade systems

селения. На основе этих цифр мы получили два показателя [6].

На отечественном рынке применение вентилируемых фасадов занимает более половины всего рынка гражданского строительства. В настоящее время эта тенденция также поддерживается крупными российскими застройщиками, что будет только способствовать увеличению развития и совершенствованию применяемых фасадных систем. Доля систем фасадных теплоизоляционных, композиционных (СФТК, «мокрая штукатурка»), с наружными штукатурными слоями, по данным исследований на конец 2016 – начало 2017 года, на российском рынке составила порядка 14 млн м², в денежном эквиваленте – 19 млрд руб. При этом около 34 % штукатурной фасадной системы мокрого типа монтируется на стены новых жилых многоквартирных зданий, 9–10 % используется для реконструкции старых зданий и сооружений, 35–36 % задействовано в частном малоэтажном индивидуальном строительстве и 22–23 % применяется для зданий и сооружений общественного и промышленного назначения. Средняя стоимость монтажа СФТК на основе минеральной ваты составляет порядка 1200 руб. за кв. м. Изначально штукатурная фасадная система мокрого типа, так называемый «мокрый фасад», была разработана в западной Европе в 1950-х годах. Оригинальным названием этой системы была аббревиатура WDVS, что в расшифровке означало «легкий мокрый метод». Только по истечении 20 лет данная фасадная система получила широкое распространение.

Емкость рынка навесных систем в денежном выражении составила в 2020 году порядка 50,7 млрд рублей. Почти половина общих финансовых затрат связана с расходами на монтаж вентилируемых фасадных систем, вторую половину составляют расходы на комплектующие материалы системы, из которых стоимость облицовочного материала является наибольшей. По типу объектов, на которых устанавливаются навесные фасадные системы теплоизоляции, – наибольшая часть приходится на здания административного назначения и новое строительство жилых зданий. При применении системы на разных типах зданий особое внимание уделяется вопросам обеспечения требуемого класса энергетической эффективности, пожарной безопасности и обеспечению требуемого срока службы.

Большое разнообразие материалов фасадных систем и методов их возведения и монтажа позволяет разделить их на несколько разновидностей. Фасадные системы, широко используемые в строительстве и реконструкции зданий, по конструктивным соображениям подразделяют на 4 основные группы:

- 1) НФС с вентилируемым воздушным зазором,
- 2) СФТК с наружными штукатурными слоями,
- 3) кирпичная облицовка,
- 4) светопрозрачные конструкции.

Данные виды зарекомендовали себя как наиболее

эффективные и подходящие для городской застройки и получили огромное распространение во всем мире. В настоящее время производство фасадных работ в РФ приобретает все более широкое применение при монтаже НФС с воздушным зазором – как для нового строительства зданий, так и при их реконструкции и капитальном ремонте. Подавляющее большинство организаций, поставляющих на рынок сухие строительные смеси, также предлагают свои решения в области устройства штукатурных фасадов. Навесной вентилируемый фасад также активно используется в гражданском строительстве Российской Федерации.

Также необходимо классифицировать фасадные системы по организационно-технологическим решениям с учетом современных тенденций развития, отечественного и зарубежного опыта применения. Помимо выше рассмотренных технологий, зарубежный опыт в организации наружных ограждающих конструкций не стоит на месте, в последние 10–15 лет (в зависимости от региона застройки) набирают обороты технологии строительства, отвечающие требованиям «зеленого строительства». Цель «зеленого строительства» – повышение устойчивости среды обитания и сокращение пагубного влияния зданий и сооружений на человека, а также минимизация потребления ресурсов в процессе всего процесса эксплуатации объекта [7; 8].

Организация строительного производства при устройстве фасадных систем связана с комплексом работ, состав которых зависит от вида строительства (строительство, реконструкция или капитальный ремонт). Рассмотрим основные этапы производства работ на примере капитального ремонта многоквартирных домов. Утепление наружных стен при капитальном ремонте многоквартирных домов без отселения жильцов проводится в соответствии с нормативно-правовыми [9; 10] и нормативно-техническими документами.

Общий порядок организации работ при устройстве ФС состоит из следующих этапов:

- 1) планирование проведения капитального ремонта;
- 2) подготовка к проектированию устройства ФС;
- 3) разработка проектной документации;
- 4) разработка организационно-технологической документации;
- 5) согласование проектной документации;
- 6) техническая оценка рабочей документации;
- 7) производство работ;
- 8) эксплуатация навесной фасадной системы.

Выбор организации по устройству будущего фасада осуществляется тендерным путем. Определение компании по производству монтажа происходит по оцениванию их выполненных ранее работ, а также их материально-технического оснащения. Материально-техническое оснащение подрядной организации оценивается согласно требованиям заказчика и проекта будущего объекта. После одобрения подрядной организации она приступает к

подготовительным мероприятиям:

- разработке проекта производственных работ (ППР);
- оценке технико-экономических показателей.

Также зачастую подрядные организации приступают к работам до предоставления ППР – данный фактор можно считать как положительным, так и отрицательным. Принятие организационно-технологических параметров производства работ производится путем оценки предоставленных параметров, и требований, и возможной вариативности технико-экономических параметров. Таким образом, возникает следующая зависимость, представленная на рисунке 1.

Для оценки влияния организационно-технологических параметров производства работ на основные технико-экономические показатели был применен метод экспертных оценок. Сущность данного метода заключается в проведении экспертами интуитивно-логического анализа проблемы с оценкой суждений и формальной обработкой результатов. Получаемое в результате обработки обобщенное мнение экспертов принимается как решение проблемы. К типовым задачам, решаемым с помощью метода экспертных оценок, относятся следующие: определение целей и задач управления с упорядочиванием их по степени важности; определение альтернативных задач с оценкой их предпочтения; альтернативное распределение ресурсов для решения задач с оценкой их предпочтительности; варианты принятия решений в определенной ситуации с оценкой их предпочтительности. Для решения перечисленных задач применяются различные виды экспертных оценок. В данной работе применялся опрос специалистов с помощью проведения анкетирования. Экспертное оценивание представляет собой процесс измерения, который можно определить как процедуру сравнения объектов по выбранным показателям [11; 12]. Объектами сравнения в данной работе выступают факторы, влияющие на принятие организационно-технологических решений.

Для реализации процедуры экспертного оценивания необходимо сформировать группу экспертов. Общим требованием при формировании группы экспертов является эффективное решение проблемы экспертизы. Достоверность экспертного оценивания зависит от общего числа экспертов, долевого состава различных экспертов и характеристик экспертов. Для описания экспертов с точки зрения оценки качества решения проблемы компетентность является одной из основных характеристик. При оценке весовой характеристики эксперта особое внимание уделяется наличию ученой степени и производственного опыта.

Анализ показал, что распределение факторов, влияющих на технико-экономические показатели, происходит согласно диаграмме, изображенной на рисунке 2. К основным технико-экономическим показателям относятся:

- общая трудоемкость работ;
- удельная трудоемкость строительно-монтажных работ;
- нормативная продолжительность строительства;
- расчетная продолжительность строительства;
- фактическая продолжительность строительства;
- себестоимость строительных работ по монтажу фасадных систем;
- показатель использования площади строительной площадки.

Таким образом, анализ научно-технических публикаций, нормативной документации показал, что фасадный

рынок развивается по традиционным технологическим решениям, это обусловлено несовершенством нормативно-правовой базы для инновационных конструктивных решений, что делает невозможным нарастание темпов внедрения в городскую среду. Проанализированный отечественный и зарубежный опыт организации фасадных систем на рынке вывел статистику по объемам внедрения инновационных технологий относительно традиционных способов устройства наружных ограждающих конструкций. Углубленное изучение исследуемой проблемы и поиск причинно-следственных связей привели к следующим выводам:

- на территории страны существует четыре основных технологических решения фасадных систем: вентилируемые фасады, «мокрые» фасады, сэндвич-панели и светопрозрачные конструкции;
- несовершенство нормативно-правовой базы по вопросам инновационных фасадных систем (вертикального озеленения) в Российской Федерации, вследствие этого – отсутствие разработанных и адаптированных организационно-технических решений, а также минимизация ассортимента материалов на отечественном рынке.

Подводя итог, можно убедиться в том, что производство фасадных работ увеличивается с каждым годом, так как увеличивается рост коммерческих и промышленных сооружений в мире. Разобраны требования к нормативно-технической документации к фасадам, следует отметить, что большая часть стандартов является стандартами организаций, которые разработаны для конкретных типов фасадов и организации работ с ними. Что касается государственных стандартов, то они больше регламентируют теплоизоляционные материалы и состав. Определены необходимые требования к производству фасадных работ, организации рабочего места, техники безопасности.

По внедрению инновационных фасадов Россия отстает по объемам от зарубежного опыта. Преимущество отдается проектированию экономически выгодных и быстровозводимых фасадов, что не соответствует современным тенденциям «зеленого строительства». Отмечается несовершенство нормативно-правовой базы по вопросам инновационных фасадных систем в Российской Федерации, вследствие чего отсутствуют разработанные и адаптированные организационно-технические решения, а также наблюдается минимизация ассортимента материалов на отечественном рынке. На основании вышеизложенных выводов сформирован вектор логики дальнейших исследований: требуется произвести анализ существующих технико-экономических расчетов монтажа наружных ограждающих конструкций по системе «живая стена»; структурировать технологический процесс монтажа; разработать функциональную модель; выявить нежелательные события; произвести сравнительный анализ элементов моделирования технологии «живая стена» и вентилируемого фасада; подкрепить результаты мысленным экспериментом по оптимизации выбора технологии монтажа наружных ограждающих конструкций.

Также были рассмотрены основные современные организационно-технологические решения производства фасадных работ, были отмечены достоинства, недостатки и область применения каждого варианта. Были выбраны методы проведения научно-технического исследования, которое будет выполнено во второй главе данной работы. На территории страны существует 4 основных технологических решения фасадных систем: вентилируемые фасады, «мокрые» фасады, сэндвич-панели и светопрозрачные конструкции.

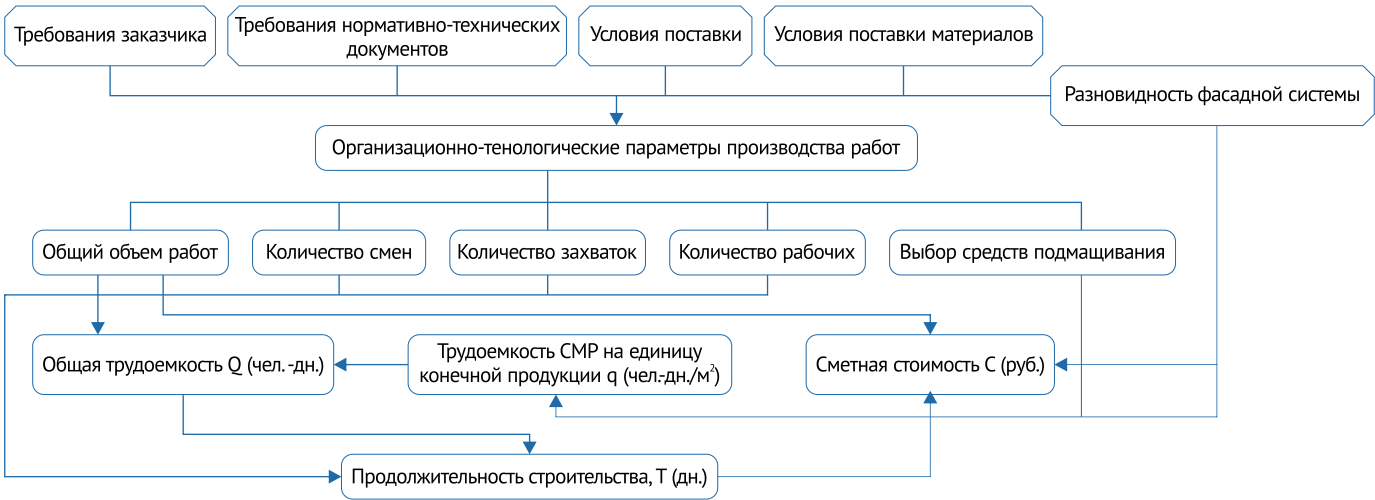


Рис. 1. Схема зависимости параметров производства работ от технико-экономических показателей
Fig. 1. Diagram of the dependence of the parameters of the production of works on technical and economic indicators

Проведенный анализ влияющих факторов показал, что:

- определяющими факторами при организации работ по монтажу фасадных систем являются геометрические характеристики объекта, финансовое обеспечение производства работ и выбор соответствующих организационно-технологических параметров производства работ;
- одним из важнейших вопросов при проектировании работ является выбор необходимых средств подмачивания;
- при выборе средств подмачивания сравнение производится по трудоемкости монтажа (демонтажа), стоимости аренды (приобретения), безопасности производства работ;

- необходимо учитывать климатические условия производства работ, поскольку это может не только увеличивать трудоемкость, но и приостановить производство работ полностью;
- себестоимость производства работ с применением строительных лесов существенно выше, чем при применении фасадных подъемников. Себестоимость снижается при увеличении количества рабочих и захваток;
- применение фасадных подъемников ограничивается климатическими условиями и их неэффективностью на объектах малой высоты;
- применение мачтовых подъемных платформ целесообразно при больших объемах работ и ограничивается стоимостью их аренды.

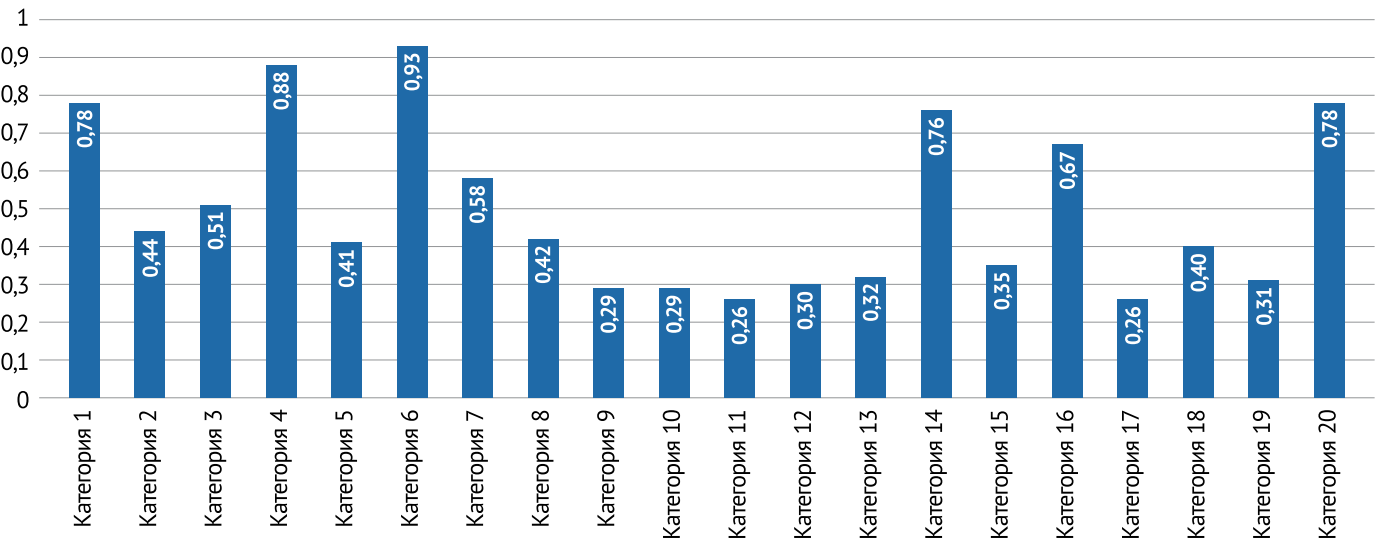


Рис. 2. Распределение коэффициентов влияния

k_1 – высота объекта; k_2 – протяженность периметра объекта; k_3 – переменная этажность; k_4 – характер фасадной поверхности (наклон фасадной поверхности); k_5 – количество рабочих; k_6 – оснащенность средствами подмачивания (выбор средств); k_7 – численно-квалификационный состав бригады рабочих; k_8 – количество захваток; k_9 – технологические перерывы в работе; k_{10} – организационные перерывы в работе; k_{11} – наличие препятствий для установки строительных лесов; k_{12} – наличие препятствий при установке фасадных подъемников; k_{13} – наличие препятствий при установке мачтовых подъемников; k_{14} – температура наружного воздуха; k_{15} – атмосферные осадки; k_{16} – ветровое воздействие; k_{17} – условия поставки комплектующих материалов; k_{18} – конструктивное решение фасадных систем; k_{19} – финансовое обеспечение строительства; k_{20} – организационно-технологический потенциал строительной организации

Fig. 2. Distribution of the coefficients of influence

k_1 – the height of the object; k_2 – the length of the perimeter of the object; k_3 – variable number of storeys; k_4 – the nature of the facade surface (slope of the facade surface); k_5 – the number of workers; k_6 – the equipment of the means of dragging (the choice of means); k_7 – the numerical and qualification composition of the brigade workers; k_8 – the number of grippers; k_9 – technological breaks in work; k_{10} – organizational breaks in work; k_{11} – the presence of obstacles for the installation of construction lines; k_{12} – the presence of obstacles when installing facade lifts; k_{13} – the presence of obstacles during the installation of mast lifts; k_{14} – outdoor air temperature; k_{15} – precipitation; k_{16} – wind impact; k_{17} – terms of delivery of component materials; k_{18} – design solution of the facade systems; k_{19} – financial support of construction; k_{20} – organizational and technological potential of the construction organization

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технические рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации навесных фасадных систем : ТР 161-05 : утв. нач.-ком Управления научной-технической политики в строительной отрасли А. Н. Дмитриевым 21 января 2005 г. : дата введ. в дейст. 9 марта 2005 г. // ГУ Центр «ЭНЛАКОМ» ; Правительство Москвы, Комплекс архитектуры, строительства, развития и реконструкции города. – Москва, 2005. – 30 с.
2. Рекомендации по установке и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, строительных подъемников, грузоподъемных кранов-манипуляторов и подъемников (вышек) при разработке проектов организации строительства и проектов производства работ : прин. и введ. в дейст. с 1 ноября 2004 года распоряжением департамента градостроительной политики, развития и реконструкции г. Москвы Правительства Москвы № 85 от 28.10.2004 // ОАО «Проектно-конструкторский и технологический институт промышленного строительства» ; Московский округ Госгортехнадзора России. – Москва, 2004. – 158 с.
3. Типовая инструкция по безопасному ведению работ для рабочих люлек, находящихся на подъемнике (вышке) : РД 10-198-98. Серия 10. Документы по безопасности, надзорной и разрешительной деятельности в области надзора за подъемными сооружениями. Выпуск 49 : утв. постановлением Госгортехнадзора России от 02.04.98 : введ. в дейст. с 01.06.98 / В. С. Котельников, Н. А. Шишков [и др.]. – Москва : ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2010. – 12 с.
4. Гурьев, В. В. Реконструкция и санация жилых домов первого и второго периодов индустриального домостроения с учетом опыта Берлина / В. В. Гурьев, В. М. Сухорослов, Р. Протц // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – № 12. – С. 35–38.
5. Жадановский, Б. В. Организационно-технологическое проектирование – неотъемлемая часть обеспечения эффектив-

- ности, качества и безопасности строительства / Б. В. Жадановский, Т. Н. Дубина, Е. Г. Семёнова // Промышленное и гражданское строительство. – 2006. – № 12. – С. 28–29.
6. Жадановский, Б. В. Организационно-технологическая подготовка реконструкции гражданских и промышленных зданий и сооружений / Б. В. Жадановский // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – № 10. – С. 59–60.
 7. Касьянов, В. Ф. Реконструкция жилой застройки городов : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 653500 «Строительство» / В. Ф. Касьянов. – Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. – 224 с.
 8. Соколов, В. К. Реконструкция жилых зданий: Основные принципы, классификация и методология / В. К. Соколов. – Москва : Московский рабочий, 1982. – 204 с.
 9. Экономика строительства : учебник для студентов строительных вузов и факультетов, обучающихся по специальности «Экономика и управление на предприятиях (строительство)» / И. С. Степанов [и др.] ; под общ. ред. И. С. Степанова. – 3-е изд., доп. и перераб. – Москва : Юрайт, 2005. – 620 с.
 10. Шрейбер, К. А. Технология утепления стеновых ограждающих конструкций жилых зданий при ремонте напылением пенополиуретана : дисс. ... канд. техн. наук : 05.23.08 // Шрейбер Константин Андреевич. – Москва, 1984. – 156 с.
 11. Скороходова, Н. Рынки систем теплоизоляции фасадов стран Европы и Америки. История, достижения и особенности рынка отдельных стран / Н. Скороходова // Доклад первой Всероссийской конференции «Рынок отделочных и теплоизоляционных материалов – 2009», 3–4 декабря, Санкт-Петербург ; Компания «Строительная информация». – Санкт-Петербург, 2009.
 12. Рынок систем теплоизоляции фасадов России : отчет // ЗАО «Агентство строительной информации». – Санкт-Петербург, 2009. – 94 с.

- Construction] ; Moskovskij okrug Gosgortekhnadzora Rossii [Moscow District of Gosgortekhnadzor of Russia]. – Moscow, 2004. – 158 p.
3. Tipovaya instruktsiya po bezopasnomu vedeniyu rabot dlya rabochikh lyulek, nakhodyashhikhsya na pod'emnike (vyshke) [Standard instructions for the safe conduct of work for working cradles located on the lift (tower)] : RD 10-198-98. Seriya 10. Dokumenty po bezopasnosti, nadzornoj i razreshitel'noj deyatel'nosti v oblasti nadzora za pod'emnymi sooruzheniyami. Vypusk 49 [RD 10-198-98. Series 10. Documents on safety, supervision and licensing activities in the field of supervision of lifting structures. Issue 49] : utv. postanovleniem Gosgortekhnadzora Rossii ot 02.04.98 [approved by the resolution of the Gosgortekhnadzor of Russia dated 02.04.98] : vved. v dejst. s 01.06.98 [introduction in action from 01.06.98] / V. S. Kotelnikov, N. A. Shishkov [et al.]. – Moscow : ZAO «Nauchno-tehnicheskij tsentr issledovaniy problem promyshlennoj bezopasnosti» [CJSC «Scientific and Technical Center for Industrial Safety Research»], 2010. – 12 p.
 4. Guryev, V. V. Rekonstruktsiya i sanatsiya zhilykh domov pervogo i vtorogo periodov industrial'nogo domostroeniya s uchetoм опыта Берлина [Reconstruction and rehabilitation of residential buildings of the first and second periods of industrial housing construction taking into account the experience of Berlin] / V. V. Guryev, V. M. Sukhoroslov, R. Protz // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2008. – № 12. – P. 35–38.
 5. Zhadanovsky, B. V. Organizatsionno-tehnologicheskoe proektirovanie – neot'emlemaya chast' obespecheniya eh-fektivnosti, kachestva i bezopasnosti stroitel'stva [Organizational and technological design – an integral part of ensuring the efficiency, quality and safety of construction] /

- B. V. Zhadanovsky, T. N. Dubina, E. G. Semenova // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2006. – № 12. – P. 28–29.
6. Zhadanovsky, B. V. Organizatsionno-tehnologicheskaya podgotovka rekonstruktsii grazhdanskikh i promyshlennykh zdaniy i sooruzhenij [Organizational and technological preparation of reconstruction of civil and industrial buildings and structures] / B. V. Zhadanovsky // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2009. – № 10. – P. 59–60.
 7. Kasyanov, V. F. Rekonstruktsiya zhiloy zastroyki gorodov : uchebnoe posobie dlya studentov, obuchayushhikhsya po napravleniyu 653500 «Stroitel'stvo» [Reconstruction of residential buildings of cities : a textbook for students studying in the direction 653500 "Construction"] / V. F. Kasyanov. – Moscow : Izdatel'stvo Assotsiatsii stroitel'nykh vuzov [Publishing House of the Association of Construction Universities], 2005. – 224 p.
 8. Sokolov, V. K. Rekonstruktsiya zhilykh zdaniy: Osnovnye printsipy, klassifikatsiya i metodologiya [Reconstruction of residential buildings: Basic principles, classification and methodology] / V. K. Sokolov. – Moscow : Moskovskij rabochij [Moskovsky Rabochy], 1982. – 204 p.
 9. Ehkonomika stroitel'stva : uchebnik dlya studentov stroitel'nykh vuzov i fakul'tetov, obuchayushhikhsya po spetsial'nosti «Ehkonomika i upravlenie na predpriyatiyakh (stroitel'stvo)» [Economics of construction : a textbook for students of construction universities and faculties studying

УДК 69.009

DOI: 10.54950/26585340_2022_2_37

Комплексная методология оценки рисков строительных проектов в современных условиях

Comprehensive Methodology of Risk Assessment of Construction Projects in Current Circumstances

Кузьмина Татьяна Константиновна

Доцент, 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, kyzmina_tk@mail.ru

Kuzmina Tatiana Konstantinovna

Docent, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Technology and Organization of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, kyzmina_tk@mail.ru

Волков Роман Вячеславович

Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Здания и сооружения на транспорте», первый проректор ФГАОВ ВО «Российский университет транспорта» (РУТ (МИИТ)), Россия, 127994, ГСП-4, Москва, улица Образцова, 9, строение 9, volkov-su4@mail.ru

Volkov Roman Vyacheslavovich

Ph.D. in Economics, Associate Professor of the Department «Buildings and Structures in Transport», First Vice-Rector of the Russian University of Transport (MIIT), Russia, 127994, GSP-4, Moscow, Obraztsova ulitsa, 9, p. 9, volkov-su4@mail.ru

Карнаухова Дарья Олеговна

Магистр кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, karnaukhovado@gmail.com

Karnaukhova Daria Olegovna

Master student of the Department «Technology and Organization of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, karnaukhovado@gmail.com

Аннотация. Современные реалии экономики характеризуются растущей неопределенностью. Уникальностью сложившейся на рынке ситуации в связи с появлением новой коронавирусной инфекции, ставшей сдерживающим фактором в

in the specialty «Economics and management at enterprises (construction)» / I. S. Stepanov [et al.] ; under the general ed. of I. S. Stepanov. – 3rd ed., additional and re-working. – Moscow : Yurayt, 2005. – 620 p.

10. Schreiber, K. A. Tekhnologiya utepleniya stenovykh ograzhdayushhikh konstruksij zhilykh zdaniy pri remonte napyleniem penopolietetana : diss. ... kand. tekhn. nauk : 05.23.08 [Technology of insulation of wall enclosing structures of residential buildings during repair by spraying polyurethane foam : diss. ... Candidate of Technical Sciences : 05.23.08] // Konstantin Andreevich Schreiber. – Moscow, 1984. – 156 p.
11. Skorokhodova, N. Rynki sistem teploizolyatsii fasadov stran Evropy i Ameriki. Istoriya, dostizheniya i osobennosti rynka otel'nykh stran [Markets of facade insulation systems in Europe and America. History, achievements and features of the market of individual countries] / N. Skorokhodova // Doklad pervoj Vserossijskoj konferentsii «Rynok otelochnykh i teploizolyatsionnykh materialov – 2009», 3–4 dekabrya, Sankt-Peterburg [Report of the first All-Russian conference «Market of finishing and thermal insulation materials - 2009», December 3-4, St. Petersburg] ; Kompaniya «Stroitel'naya informatsiya» [Construction Information Company]. – St. Petersburg, 2009.
12. Rynok sistem teploizolyatsii fasadov Rossii : otchet [The market of facade thermal insulation systems in Russia : report] // ZAO «Agentstvo stroitel'noj informatsii» [CJSC «Agency of Construction Information»]. – St. Petersburg, 2009. – 94 p.

реализации инвестиционно-строительных проектов, также стала одна из острых сегодня задач проектного управления. В ситуации растущей неопределенности эффективность реализации инвестиционного строительного проекта будет напрямую

зависеть от степени эффективности менеджмента риска и возможности управленца принимать решения быстро, митигируя возможные негативные последствия, вызванные рисковыми ситуациями. Снижение рисков является жизненно важным в этих вопросах. Цель данной статьи заключается в разработке эффективной методики анализа и комплексной оценки рисков строительных проектов в современных условиях. Методы, использование которых приблизит к достижению целей данной статьи, заключаются в следующем: анализ опыта российских и зарубежных строительных предприятий, статистических дан-

Abstract. The modern realities of the economy are characterized by growing uncertainty. The uniqueness of the current situation in the market due to the emergence of a new coronavirus infection, which has become a deterrent in the implementation of investment and construction projects, has also become one of the urgent tasks of project management today. In a situation of growing uncertainty, the effectiveness of the implementation of an Investment and construction project will directly depend on the degree of effectiveness of risk management and the ability of the manager to make decisions quickly, minimizing possible negative consequences caused by risky situations. Risk reduction is vital in these matters. The purpose of this article is to develop an effective methodology for analyzing and comprehensively assessing the risks of construction projects in modern conditions.

Введение
Целью анализа рисков является количественная оценка влияния выявленных рисков на проект. Первый шаг – решить, какую аналитическую технику использовать. На самом простом уровне каждый риск может рассматриваться независимо от всех остальных, без попытки количественной оценки какой-либо вероятности возникновения. Можно добиться большей сложности, включив в расчеты вероятности и взаимозависимость рисков, но методы становятся более сложными. Выбор метода обычно ограничивается имеющимся опытом, знаниями и компьютерным программным обеспечением [1].

Материалы и методы
Существующие методы оценки рисков глобально делятся на две группы: методы количественного анализа и методы качественного анализа рисков [2].
Качественный анализ рисков позволяет сформировать группу рисков строительного проекта, выделить их из значительного перечня существующих рисков и добавить свои. Среди существующих методов качественного анализа можно выделить следующие, представленные в таблице 1.

Наименование метода	Преимущества	Недостатки
Структурированные или частично структурированные интервью	Позволяет учесть все комментарии респондентов.	Высокие временные и трудовые затраты на формирование первичного списка вопросов, проведение интервью и последующую обработку полученных данных.
Метод экспертных оценок	Позволяет учесть все комментарии респондентов. Является базой для дальнейшего количественного анализа. Не требует больших временных затрат от респондентов.	Оценка субъективная. Для каждого эксперта может разный риск восприниматься по-разному.
Метод Дельфи	Анонимность позволяет получить с большей долей вероятности непопулярные мнения по вопросу. Все мнения равнозначны, что исключает возможность доминирования мнений отдельных лиц.	Высокие временные и трудовые затраты на формирование первичного списка вопросов, проведение интервью и последующую обработку полученных данных.
Структурированный анализ сценариев методом SWIFT	Требует минимальной подготовки группы. Может быть использован для определения опасностей, для которых в дальнейшем будут разработаны количественные методы оценки.	Необходим большой опыт модератора для формирования правильных слов и фраз-подсказок. При небольшом опыте группы в исследуемом вопросе эффект от анализа может быть низким.

Табл. 1. Качественные методы анализа рисков
Tab. 1. Qualitative methods of risk analysis

ных, обзор научных статей и нормативной документации, метод Монте-Карло, анализ чувствительности. Результатом данной статьи является разработанная методика, а также сформированная математическая модель анализа и комплексной оценки рисков строительных проектов в современных условиях, формирующаяся в отчет лицам, принимающим решения.

The methods, the use of which will bring us closer to achieving the goals of this article, are as follows: analysis of the experience of Russian and foreign construction companies, statistical data, review of scientific articles and regulatory documentation, Monte Carlo method, sensitivity analysis. The result of this article is the developed methodology, as well as the formed mathematical model of analysis and comprehensive risk assessment of construction projects in modern conditions, which is formed in a report to decision makers.

Keywords: construction industry, industry economy, construction organization, COVID-19 pandemic, risks in construction, Monte Carlo method, integrated risk assessment methodology.

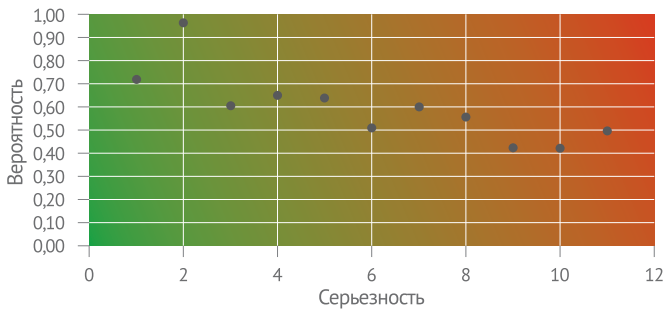


Рис. 1. Тепловая карта рисков
Fig. 1. Heat map of risks

Количественный анализ рисков строительного проекта позволяет оценить в стоимостном выражении влияние, а также оценить вероятность возникновения благоприятных и неблагоприятных ситуаций на эффективность реализации проекта. Выделяются следующие основные методы количественного анализа, приведенные в таблице 2.

Результаты

По результатам проведенного анализа была разработана методика анализа и комплексной оценки рисков строительного проекта, состоящая из 3 этапов. Для фор-

Наименование метода	Преимущества	Недостатки
Метод анализа чувствительности проекта	Этот метод легко рассчитать в электронной таблице	Необходимо учитывать только один результат, связь между рисками не может быть рассмотрена.
Имитационное моделирование (метод Монте-Карло)	Расчеты могут легко стать очень сложными	Моделирование Монте-Карло позволяет установить связи между рисками и основано на широкодоступном компьютерном программном обеспечении.
Множественная оценка с использованием среднеквадратичного значения	Метод множественной оценки обеспечивает тщательную оценку рисков проекта	Расчет как среднего, так и максимального риска также требует проведения различия между фиксированным и переменным риском. Однако этот процесс требует сложного расчета, требующего двух оценок и различия между фиксированными и переменными рисками.
Теория центрального предела	Этот метод легко рассчитать в электронной таблице	Необходимо учитывать только один результат, связь между рисками не может быть рассмотрена.

Табл. 2. Методы количественного анализа рисков
Tab. 2. Methods of quantitative risk analysis

мирования данной методики применялись методы качественного, количественного анализа, среди которых метод Монте-Карло, анализ чувствительности и метод экспертных оценок.

1 этап. Качественная оценка рисков

В качестве первого этапа управления рисками необходимо составить реестр проектных рисков. Реестр рисков составляется на основании экспертного выявления рисков путем опроса нескольких экспертов в области риск-менеджмента, управления проектами, управления строительством.

Для этого необходимо сформировать перечень проектных рисков, присвоить каждому степень ущерба по шкале от 1 до 10, где 1 – незначительный ущерб, а 10 – катастрофичный, и также определить вероятность его наступления от 0 до 1, где 1 – это 100-процентная вероятность наступления рискового события, а 0 – нулевая, соответственно, вероятность, по форме представленная в таблице 3.

2 этап. Предоставление результатов оценки

На основе полученной информации составляется тепловая карта рисков. Карта рисков представляет собой двухмерную систему координат, где горизонтальная ось – это серьезность воздействия риска, вертикальная – вероятность реализации риска. Каждый риск на карте представлен точкой с соответствующими координатами. Полученная карта риска приведена на рисунке 1. На ней по горизонтали отложены значения (от 0 до 10) серьезности риска, а по вертикали – значения вероятности. На пересечении мы получаем статус риска для соответствующего

квадрата карты (рисунок 1).
К каждой тепловой карте прилагается таблица с расшифровкой отраженных рисков, разработанная на 1-м этапе. Дополнительно должна прилагаться таблица с наиболее опасными рисками среди выявленных.

3 этап. Количественная оценка рисков

После формирования реестра рисков и тепловой карты проводится количественная оценка рисков проекта. В данной методике предлагается использовать двухэтапную количественную оценку рисков. В качестве инструмента проведения оценки рисков была разработана модель на базе пакета MS Excel.

Наименование вводного параметра	Ввод значение	Ед. изм.
Расчетный срок строительства	663,00	дней
Ставка дисконтирования	23,00%	%
Расчетная сметная стоимость строительства	5 000,00	млн руб.
Ожидаемая годовая прибыль	3 500,00	млн руб.
Кадастровая стоимость земельного участка	617,22	млн руб.
Налог на имущество	2,00%	%
Налог на прибыль	20,00%	%
Горизонт планирования	11,00	лет
Внутренняя норма доходности	10,00	%

Получить отчет об оценке рисков строительного проекта

Рис. 2. Исходные данные для оценки
Fig. 2. Initial data for evaluation



Рис. 3. Характеристики распределения срока строительства методом Монте-Карло
Fig. 3. Characteristics of the distribution of the construction period by the Monte Carlo method

№	Класс, подкласс, род риска	Средняя оценка, W	Повышающий коэффициент, N	Вес, W_i	Вероятность, P_i	Серьезность
1	2	3	4	5	6	7

Табл. 3. Форма реестра рисков
Tab. 3. Risk register form

Наименование вводного параметра	Вводимое значение	Ед. изм.
Расчетный срок строительства		дней
Ставка дисконтирования		%
Расчетная сметная стоимость строительства		млн руб.
Ожидаемая годовая прибыль		млн руб.
Кадастровая стоимость земельного участка		млн руб.
Налог на имущество		%
Налог на прибыль		%
Горизонт планирования		лет

Табл. 4. Перечень исходных данных для формирования отчета о рисках
Tab. 4. List of source data for the formation of a risk report

Принцип работы Модели

Пользователь Модели вводит основные расчетные показатели реализации проекта, рассчитываемые на самых первых этапах разработки проекта. Перечень исходных данных для формирования отчета о рисках представлен в таблице 4. На основании предоставленных данных программа выполняет последовательно 2 вида анализа рисков. Первым этапом проводится имитационное моделирование сроков производства СМР на основании «расчетного срока строительства» методом Монте-Карло. В связи с этим первая часть отчета представляет собой результат нормального распределения. Согласно статистическим данным портала «Дом.рф», средний срок отклонения от сроков строительства по Москве и Московской области составляет 5,5 месяцев – примем этот срок как стандартное отклонение [3; 4]. По результатам данного этапа анализа формируются гистограмма нормального распределения продолжительности производства СМР и таблица основных статистических показателей полученного распределения [4; 5; 6].

После формирования 1-й части анализа модель переходит к разработке денежных потоков проекта. Денежные потоки формируются для трех сценариев:

- 1. Расчетный сценарий (на основании введенных исходных данных);

- 2. Пессимистичный сценарий;
- 3. Оптимистичный сценарий.

По результатам разработанных денежных потоков, на основании сформированных в предыдущем этапе расчетных, пессимистичных и оптимистичных сценариев проводится анализ чувствительности NPV проекта к следующим изменениям: сроку реализации проекта, ставке дисконтирования, стоимости одного дня строительства.

Проект считается устойчивым и эффективным, если во всех рассмотренных ситуациях интересы участников соблюдаются, а возможные неблагоприятные последствия устраняются за счет созданных запасов и резервов или возмещаются страховыми выплатами.

Из графика можно сделать вывод о наиболее чувствительном для проекта изменении фактора. На начальном этапе реализации проекта данный метод анализа помогает определить наиболее чувствительные места проекта и разработать мероприятия по снижению уровня чувствительности [5]. По результатам проведенного анализа возможно определить наиболее благоприятные и неблагоприятные сценарии. В современных условиях данный метод позволяет оценить максимальное превышение сроков производства работ с сохранением минимальных показателей эффективности [6; 7]. Представлен пример отчета об оценке рисков, сформированный разработан-



Рис. 4. Результат анализа чувствительности
Fig. 4. Sensitivity analysis result

ной моделью анализа и комплексной оценкой рисков (рисунки 2, 3, 4).

Заключение

Разработанная методология оценки рисков позволяет оценить риски проекта как на начальном этапе, так и в процессе реализации проекта [8; 9; 10]. Простота функционала программы и скорость выдачи оценки на экран позволяют существенно ускорить процесс принятия ре-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карнаухова, Д. О. Риски организации строительного производства в условиях эпидемии новой коронавирусной инфекции / Д. О. Карнаухова, Ю. А. Шестериков // Строительное производство. – 2021. – № 4. – С. 33.

2. Титаренко, Б. П. Управление инновационно-инвестиционными процессами на промышленном предприятии : учебное пособие / Б. П. Титаренко ; РГСУ. – Москва : АПКППРО, 2009. – 76 с.

3. Шкурко, В. Е. Управление рисками проектов : учеб. пособие / В. Е. Шкурко ; М-во образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. – 184 с.

4. Картвелишвили, В. М. Риск-менеджмент. Методы оценки риска : учебное пособие / В. М. Картвелишвили, О. А. Свиридова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова». – Москва : ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2017. – 120 с.

5. Руководство к своду знаний по управлению проектом (Руководство PMBOK) (A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) / Институт управления проектами (Project Management Institute, PMI). – 6-е изд. – Newtown Square, USA : Project Management Institute, Inc., 2014. – 762 с.

6. Грабовый, П. Г. Управление рисками, планирование и контроллинг в инвестиционно-строительной сфере : [Электронный ресурс] / П. Г. Грабовый, В. А. Казарновский, Л. А. Манухина // М-во образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, каф. организации строительства и управления недвижимостью. – Электрон. дан. и прогр. (0,6 Мб). – Москва : НИУ МГСУ, 2015. – Учебное сетевое электронное издание. – Режим доступа: http://lib.mgsu.ru/Scripts/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS. – Загл. с титул. экрана.

7. Титаренко, Б. П. Математическая теория рисков: Методические указания к практическим занятиям для обучающихся по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика : [Электронный ресурс] / Б. П. Титаренко, Ю. П. Галагуз, Ю. Г. Жеглова // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,

REFERENCES

1. Karnaukhova, D. O. Riski organizatsii stroitel'nogo proizvodstva v usloviyakh ehpidemii novoj koronavirusnoj infektsii [Risks of the organization of construction production in the conditions of the epidemic of a new coronavirus infection] / D. O. Karnaukhova, Yu. A. Shestikov // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2021. – № 4. – P. 33.

2. Titarenko, B. P. Upravlenie innovatsionno-investitsionnymi protsessami na promyshlennom predpriyatii : uchebnoe posobie [Management of innovation and investment processes at an industrial enterprise : a textbook] / B. P. Titarenko ; RGSU. – Moscow : APKIPPRO, 2009. – 76 p.

3. Shkurko, V. E. Risk-menedzhment. Metody otsenki riska : uchebnoe posobie [Project risk management : textbook manual] / V. E. Shkurko ; Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federatsii [Ministry of Education and Science of the Russian Federation], Ural'skij federal'nyj universitet imeni

шений. В современных условиях возможность принятия решений быстро и эффективно является неотъемлемой и зачастую определяет успешность проекта и бизнеса в целом. Умение адаптироваться и предпринять противорисковые мероприятия в моменте может позволить избежать критических последствий промедления в будущем [11].

кафедра прикладной математики. – Электрон. дан. и прогр. (0,8 Мб). – Москва: Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. – Режим доступа: http://lib.mgsu.ru/Scripts/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS. – Загл. с титул. экрана.

8. Менеджмент Риска – Руководство (Risk management – Guidelines) : ИСО 31000:2018/ISO 31000:2018(E) : Международный стандарт // Технический комитет ИСО (ТК) № 262 «Менеджмент риска». – 2 е изд.; перевод АНО ДПО «ИСАР». – 2018.

9. Менеджмент риска. Термины и определения (Risk management – Vocabulary – Guidelines for use in standards (IDT)) : ГОСТ Р 51897-2011/Руководство ИСО 73:2009 : Национальный стандарт Российской Федерации : утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 ноября 2011 г. № 548-ст // Автономная некоммерческая организация «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД»); Технический комитет по стандартизации ТК 10 «Менеджмент риска». – Москва : Стандартинформ, 2012. – Издание официальное.

10. Менеджмент риска. Принципы и руководство (Risk management – Principles and guidelines, IDT) : ГОСТ Р ИСО 31000-2010/ISO 31000:2009 : Национальный стандарт Российской Федерации : утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 декабря 2010 г. № 883-ст // Научно-технический центр «ИНТЕК»; Технический комитет по стандартизации ТК 100 «Стратегический и инновационный менеджмент». – Москва : Стандартинформ, 2012. – Издание официальное.

11. Менеджмент риска. Методы оценки риска (Risk management – Risk assessment techniques (IDT)) : ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011/ISO/IEC 31010:2009 : Национальный стандарт Российской Федерации : утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 декабря 2011 г. № 680-ст // Автономная некоммерческая организация «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД»); Технический комитет по стандартизации ТК 10 «Менеджмент риска». – Москва : Стандартинформ, 2012. – Издание официальное.

pervogo Prezidenta Rossii B. N. El'tsina [Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin]. – Yekaterinburg : Izdatel'stvo Ural'skogo universiteta [Publishing House of the Ural University], 2014. – 184 p.

4. Kartvelishvili, V. M. Risk-menedzhment. Metody otsenki riska : uchebnoe posobie [Risk management. Risk assessment methods : textbook] / V. M. Kartvelishvili, O. A. Sviridova ; Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federatsii [Ministry of Education and Science of the Russian Federation], FGBOU VO «Rossijskij ehkonomicheskij universitet im. G. V. Plekhanova» [Plekhanov Russian University of Economics]. – Moscow : FGBOU VO «REHU im. G. V. Plekhanova» [Plekhanov Russian University of Economics], 2017. – 120 p.

5. Rukovodstvo k svodu znanij po upravleniyu proektom (Rukovodstvo PMBOK) [A guide to the Project management body of knowledge (PMBOK guide)] / Institut upravleniya proektami [Project Management Institute (PMI)]. – 6th ed. –

Newtown Square, USA : Project Management Institute, Inc., 2014. – 762 p.

6. Grabov, P. G. Upravlenie riskami, planirovanie i kontrolling v investitsionno-stroitel'noj sfere [Risk management, planning and controlling in the investment and construction sector] : [Electronic resource] / P. G. Grabov, V. A. Kazarnovsky, L. A. Manukhina // M-vo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federatsii [Ministry of Education and Science of the Russian Federation], Nats. issledovat. Mosk. gos. stroit. un-t, kaf. organizatsii stroitel'stva i upravleniya nedvizhimost'yu [National Research Moscow State University of Civil Engineering, the Department of Organization of Construction and Real Estate Management]. – Electron. dan. and progr. (0.6 MB). – Moscow : NRU MGSU, 2015. – Educational online electronic publication. – Access mode: http://lib.mgsu.ru/Scripts/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS. – Title from the title screen.
7. Titarenko, B. P. Matematicheskaya teoriya riskov: Metodicheskie ukazaniya k prakticheskim zanyatiyam dlya obuchayushihhsya po napravleniyu podgotovki 01.03.04 Prikladnaya matematika [Mathematical theory of risks: Methodological guidelines for practical classes for students in the field of training 01.03.04 Applied Mathematics] : [Electronic resource] / B. P. Titarenko, Yu. P. Galaguz, Yu. G. Zhiglova // Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya Rossijskoj Federatsii [Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation], Natsional'nyj issledovatel'skij Moskovskij gosudarstvennyj stroitel'nyj universitet, kafedra prikladnoj matematiki [National Research Moscow State University of Civil Engineering, Department of Applied Mathematics]. – Electron. dan. and progr. (0.8 Mb). – Moscow: MISI – MGSU Publishing House, 2020. – Access mode: http://lib.mgsu.ru/Scripts/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS. – Title from the title screen.
8. Menedzhment Riska – Rukovodstvo [Risk management – Guidelines] : ISO 31000:2018/ISO 31000:2018(E) : Mezhdunarodnyj standart [International Standard] // Tekhnicheskij komitet ISO (TK) № 262 «Menedzhment riska» [ISO Technical Committee (TC) No. 262 «Risk Management»]. – 2nd ed.; translation of ANO DPO «ISAR». – 2018.
9. Menedzhment riska. Terminy i opredeleniya [Risk management – Vocabulary – Guidelines for use in standards (IDT)] : GOST R 51897-2011/ISO 73:2009 Manual : Natsional'nyj standart Rossijskoj Federatsii [National Standard of the Russian Federation] : utv. i vved. v dejstvie Prikazom

Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 16 noyabrya 2011 g. № 548-st [approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated November 16, 2011 No. 548-st] // Avtonomnaya nekommercheskaya organizatsiya «Nauchno-issledovatel'skij tsentr kontrolya i diagnostiki tekhnicheskikh sistem» (ANO «NITS KD») [Autonomous non-profit Organization «Scientific Research Center for Control and Diagnostics of Technical Systems» (ANO «SIC CD»)]; Tekhnicheskij komitet po standartizatsii TK 10 «Menedzhment riska» [Technical Committee for Standardization TC 10 «Risk Management»]. – Moscow : Standartinform, 2012. – Official publication.

10. Menedzhment riska. Printsipy i rukovodstvo [Risk management – Principles and guidelines, IDT] : GOST R ISO 31000-2010/ISO 31000:2009 : Natsional'nyj standart Rossijskoj Federatsii [National Standard of the Russian Federation] : utv. i vved. v dejstvie Prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 21 dekabrya 2010 g. № 883-st [approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated December 21, 2010 No. 883-st] // Nauchno-tekhnicheskij tsentr «INTEK» [Scientific and Technical Center «INTEC»]; Tekhnicheskij komitet po standartizatsii TK 100 «Strategicheskij i innovatsionnyj menedzhment» [Technical Committee for Standardization TC 100 «Strategic and Innovative Management»]. – Moscow : Standartinform, 2012. – Official publication.
11. Menedzhment riska. Metody otsenki riska [Risk management – Risk assessment techniques (IDT)] : GOST R ISO/IEC 31010-2011/ISO/IEC 31010:2009 : Natsional'nyj standart Rossijskoj Federatsii [National Standard of the Russian Federation] : [approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology No. 680-st dated December 1, 2011] // utv. i vved. v dejstvie Prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 1 dekabrya 2011 g. № 680-st [Autonomous Non-profit Organization «Scientific Research Center for Control and Diagnostics of Technical Systems» (ANO «SIC CD»)]; Avtonomnaya nekommercheskaya organizatsiya «Nauchno-issledovatel'skij tsentr kontrolya i diagnostiki tekhnicheskikh sistem» (ANO «NITS KD») Tekhnicheskij komitet po standartizatsii TK 10 «Menedzhment riska» [Technical Committee for Standardization TC 10 «Risk Management»]. – Moscow : Standartinform, 2012. – Official publication.

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340_2022_2_42

Определение значимых параметров и факторов для подбора комплектов машин для земляных работ

Determination of Significant Parameters and Factors for the Selection of Sets of Machines for Earthworks

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

Ефимов Владимир Владимирович

Старший преподаватель кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, Efmov1234@mail.ru

Efmov Vladimir Vladimirovich

Senior lecturer of the Department «Technologies and Organizations of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26, Efmov1234@mail.ru

Аннотация. Цель данной статьи заключается в группировании и выявлении основных факторов и параметров, влияющих на подбор рационального комплекта машин для производства земляных работ, а также в расчете весовых коэффициентов выявленных параметров, которые будут применяться в методике по формированию рациональных комплектов.

В качестве **методов** использовались методы статистического анализа для сбора, анализа и группировки данных для формирования групп факторов и параметров, методы экспертной оценки для выявления значимых параметров и их весовых

Abstract. The purpose of this article is to group and identify the main factors and parameters influencing the selection of a rational set of machines for the production of earthworks, as well as the calculation of the weight coefficients of the identified parameters that will be used in the methodology for the formation of rational sets.

Statistical analysis **methods** were used as methods for collecting, analyzing and grouping data to form groups of factors and parameters. Methods of expert evaluation to identify significant

Введение

Выбор комплектов машин для производства земляных работ в условиях комплексной городской застройки на данный момент является одной из ключевых проблем, так как существующие инструменты подбора техники, в основном, рассматривают подбор техники только со стороны одного основного параметра (производительности) и одного зависимого параметра, либо рассматривается выбор комплекта относительно надежности техники [1–2]. Соответственно, необходимо рассматривать комплексно подбор техники, учитывая изменяемые параметры строительных площадок, а также параметры самих машин, тем самым формируя универсальный способ подбора техники.

В данной статье рассматривается вопрос определения необходимых факторов, и параметров, и весовых коэффициентов параметров, которые будут использованы в методике подбора рационального комплекта машин [3].

Материалы и методы

В качестве инструмента для определения, выявления и группирования факторов и параметров используется метод статистического анализа. Используя данный метод и анализируя научно-техническую и учебную литературу, а также опыт производства земляных работ, можно выявить две группы: группу факторов и группу параметров.

В данном исследовании к факторам относятся элементы, которые ограничивают область при формировании комплекта машин без возможности внести изменения, например: характеристика грунта является неизменяемым элементом, при этом накладывает ограничения на возможность использования некоторых видов техники. В основном, факторы связаны с площадкой, на которой планируется производство работ.

К параметрам относятся такие элементы, которые влияют на подбор техники, но могут изменяться в зависимости от различных условий, например: объем перемещаемого грунта самосвалами, который может изменяться в зависимости от применяемого самосвала. В основном, параметры связаны с машинами, которые используются на строительной площадке.

Факторы не являются изменяемыми параметрами – и принимаем их как набор ограничений, без которых дальнейший подбор не имеет смысла.

характеристик.

В результате проведенных исследований были сформированы группы факторов и параметров и рассчитаны весовые коэффициенты, которые будут использоваться в дальнейших исследованиях, связанных с формированием рационального комплекта машин для производства земляных работ.

Ключевые слова: параметры, влияющие на выбор комплектов машин; экспертный опрос; коэффициент конкордации Кенделла; земляные работы; коэффициент Пирсона.

parameters and their weight characteristics.

As a result of the conducted research, groups of factors and parameters were formed and weight coefficients were calculated, which will be used in further studies related to the formation of a rational set of machines for the production of earthworks.

Keywords: parameters influencing the choice of sets of machines; expert survey; Kendall concordance coefficient; earthworks; Pearson coefficient.

Проведя статистический анализ, необходимо определить значимость параметров и их весовые коэффициенты, которые будут использоваться в дальнейших исследованиях.

Для выявления значимости воспользуемся методом экспертной оценки [4–5]. Данный метод основан на том, что экспертам, имеющим достаточный опыт в подборе комплекта машин и (или) производства земляных работ, имеющим высшее образование, а также входящим в национальный реестр специалистов НОПРИЗ и (или) НОСТРОЙ, предоставляется анкета с параметрами, которые они должны расположить в порядке убывания значимости на основании их опыта.

Далее для подтверждения, что мнения экспертов согласованы, рассчитывается коэффициент конкордации Кенделла:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (n^3 - n)}, \quad (1)$$

где S – сумма квадратов отклонения суммы рангов от средней арифметической суммы рангов, n – количество исследуемых параметров, m – количество экспертов.

Если коэффициент больше 0,5, то его можно использовать в дальнейшем исследовании.

Далее необходимо провести оценку значимости коэффициента конкордации.

Для этой цели рассчитаем критерий согласования Пирсона:

$$\chi^2 = \frac{12 \cdot S}{m \cdot n \cdot (n + 1)} = n \cdot (m - 1) \cdot W. \quad (2)$$

Вычисленный Коэффициент Пирсона сравнивается с табличным значением, и если расчетное значение больше табличного, то результаты имеют смысл и могут быть использованы в дальнейших исследованиях.

Определив, что оценки, полученные в результате опроса, могут быть использованы, рассчитываются весовые коэффициенты:

$$W_n = \frac{S_n}{S}, \quad (3)$$

где S_n – сумма квадратов отклонения суммы рангов от средней арифметической суммы рангов n -ого параметра;

№ п/п	Фактор	Оказываемое влияние
1	Квалификация рабочих	Влияние на производительность и качество выполненных работ
2	Наличие техники у производителя работ	Ограничивает возможные варианты комплектов машин
3	Экологический класс двигателя внутреннего сгорания машины	Возможность выполнения работ в зависимости от района, в котором выполняются работы
4	Техническое состояние техники	Влияние на производительность и качество выполненных работ и бесперебойность выполнения работ
5	Возможность арендовать технику	Расширяет область выбираемой техники, что, в свою очередь, позволяет подобрать более оптимальный комплект машин
6	Характеристика грунтов	Влияет на тип и класс машин, которые могут быть использованы
7	Геометрические размеры котлована	Влияет на тип и класс машин, которые могут быть использованы
8	Стесненность строительной площадки	Влияет на мощность применяемой техники
9	Вибрационное воздействие на существующую застройку в результате работы машин	Влияет на тип и класс машин, которые могут быть использованы
10	Шумовое воздействие на существующую застройку в результате работы машин	Влияет на тип и класс машин, которые могут быть использованы
11	Пылевое воздействие на существующую застройку в результате работы машин	Влияет на тип и класс машин, которые могут быть использованы
12	Температура наружного воздуха	Влияет на наличие дополнительной техники, используемой при производстве работ

Табл. 1. Факторы, влияющие на выбор оптимального комплекта машин
Tab. 1. Factors influencing the choice of the optimal set of machines

$\sum S$ – сумма сумм квадратов отклонения суммы рангов от средней арифметической суммы рангов n -ого параметра рангов всех параметров.

С целью определения значимых факторов, необходимо убрать из общего списка факторы, которые относятся к факторам «шумового поля» [6–7]. Для этого необходимо ранжировать по фактору, у которого наибольшая сумма рангов. Верхняя граница уровня «шумового поля» примерно 15–20 % от основного фактора.

Результаты

Проведя статистический анализ научно-технической литературы [8], были сформированы две группы: группа факторов и группа параметров (таблица 1 и таблица 2).

Параметры из таблицы 2 были внесены в анкету и предоставлены экспертам для проведения априорного ранжирования, т. е. определения наиболее и наименее значимых факторов. Согласно источнику [9], для 16 параметров достаточно 5 экспертов. В данном исследовании проходили опрос 22 эксперта (таблица 3).

№ п/п	Параметры, необходимые для выбора комплекта машин	Влияние
1	Производительность бульдозерного подкомплекта	Фактическая производительность комплекта машин должна находиться в пределах 85–110 % от расчетной производительности
2	Стоимость комплекта машин	Оказывает влияние на итоговую стоимость комплекта
3	Производительность экскаваторного подкомплекта	Фактическая производительность комплекта машин должна находиться в пределах 85–110 % от расчетной производительности
4	Вылет стрелы экскаватора	Возможность выполнения работ в зависимости от требуемой глубины котлована, а также производительность машины
5	Объем ковша экскаватора	Влияет на объем разрабатываемого сооружения и производительность машины
6	Продолжительность рабочего цикла	Влияет на производительность машины
7	Объем перемещаемого грунта	Влияет на мощность подбираемой техники
8	Максимальная скорость в груженом состоянии	Влияет на необходимое количество машин для производства работ
9	Максимальная скорость в пустом состоянии	Влияет на необходимое количество машин для производства работ
10	Объем кузова	Влияет на необходимое количество машин для производства работ
11	Ширина резания	Влияет на производительность и возможность применения
12	Глубина резания	Влияет на производительность и возможность применения
13	Максимальная скорость движения	Влияет на мощность подбираемой техники
14	Наличие рыхлителя	Влияет на сокращение времени выполнения работ и производительность
15	Тип ковша экскаватора	Влияет на возможное использование в зависимости от типа расположения экскаватора относительно уровня производства работ
16	Схема разработки грунта	В зависимости от типа грунта может производиться работа по различным схемам

Табл. 2. Параметры, влияющие на выбор оптимального комплекта машин
Tab. 2. Parameters influencing the choice of the optimal set of machines

Определив оценки, которые поставили эксперты, необходимо определить, насколько мнения экспертов согласованы [10].

$$W = \frac{12 \cdot 103722}{18^2 \cdot (16^3 - 16)} = 0,942. \tag{4}$$

Так как $W \geq 0,5$, то существует согласованность мнений экспертов.

Рассчитываем критерий согласования Пирсона:

$$\chi^2 = 18 \cdot (16 - 1) \cdot 0,942 = 254,22. \tag{5}$$

Вычисленный коэффициент Пирсона χ^2 сравним с табличным значением для числа степеней свободы $K = 15$ и при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Так как χ^2 расчетный $254,22 \geq$ табличного (24.99579) , то $W=0,942$ – величина не случайная, а потому полученные результаты имеют смысл и могут использоваться в дальнейших исследованиях. Определяем весовые коэффициенты и уровень шумового поля (данные расчета

Эксперты Параметры	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Сумма рангов	d	d²
x ₁	15	15	15	16	16	16	16	16	15	15	16	16	15	15	14	15	16	15	277	124	15376
x ₂	16	16	16	14	14	15	14	15	14	14	14	14	14	14	15	16	15	16	266	113	12769
x ₃	14	14	14	15	15	14	15	14	16	16	15	15	16	16	16	14	14	14	267	114	12996
x ₄	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	11	12	12	13	227	74	5476
x ₅	13	11	12	12	11	12	11	10	10	10	10	11	11	11	12	13	11	12	203	50	2500
x ₆	11	10	11	10	10	11	12	12	12	11	11	12	13	13	10	11	10	10	200	47	2209
x ₇	10	12	10	11	12	10	10	11	11	12	12	10	10	10	13	10	13	11	198	45	2025
x ₈	1	2	2	2	2	2	2	2	3	4	4	5	4	5	4	4	1	5	54	-99	9801
x ₉	2	1	1	1	1	1	1	1	5	5	5	3	5	4	5	5	4	3	53	-100	10000
x ₁₀	9	9	9	8	9	9	9	6	6	8	7	7	7	7	8	8	7	7	140	-13	169
x ₁₁	8	8	8	7	8	6	8	7	9	9	6	9	6	6	6	6	6	6	129	-24	576
x ₁₂	7	6	7	6	6	7	7	8	8	7	8	8	8	8	7	9	8	9	134	-19	361
x ₁₃	6	7	6	9	7	8	6	9	7	6	9	6	9	9	9	7	9	8	137	-16	256
x ₁₄	4	5	4	3	5	3	4	4	2	2	1	4	3	3	1	3	2	2	55	-98	9604
x ₁₅	5	3	5	5	4	5	5	5	1	1	2	2	1	1	3	1	5	1	55	-98	9604
x ₁₆	3	4	3	4	3	4	3	3	4	3	3	1	2	2	2	2	3	4	53	-100	10000
Σ	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	2448		103722

Табл. 3. Результаты экспертного опроса
Tab. 3. Results of the expert survey

представлены в таблице 4). Тем самым выявлено, что параметры 8, 9, 14, 15 и 16 не являются значимыми, и их дальнейшее использование в расчетах не имеет смысла.

Выводы

В результате изучения научно-технической литературы были выявлены основные факторы и параметры, которые оказывают влияние на выбор комплекта машин

Факторы	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16
Сумма рангов	277	266	267	227	203	200	198	54	53	140	129	134	137	55	55	53
%	100,0	96,0	96,4	81,9	73,3	72,2	71,5	19,5	19,1	50,5	46,6	48,4	49,5	19,9	19,9	19,1
Вес параметра	0,113	0,109	0,109	0,093	0,083	0,082	0,081	0,022	0,022	0,057	0,053	0,055	0,056	0,022	0,022	0,022

Табл. 4. Определение уровня шумового поля и веса параметров
Tab. 4. Determination of the noise field level and the weight of the parameters

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов, С. М. Повышение эффективности применения машин и механизмов в строительстве : монография / С. М. Кузнецов. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. – 203 с.

2. Определение рационального комплекта машин при производстве земляных работ по устройству котлована / Е. В. Михайлова, Е. В. Ахтанин, А. Н. Железниченко, Е. С. Леонтьев, А. А. Ремизова // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 1 (52). – С. 187.

3. Ефимов, В. В. Методы теории принятия решений, как инструмент выбора технологии производства работ / В. В. Ефимов, Н. Д. Чередниченко // Строительное производство. – 2020. – № 1. – С. 38–40.

4. Скляр, В. А. Организация и математическое планирование эксперимента : учебное пособие / В. А. Скляр. – Екатеринбург : Издательские решения, 2017. – 92 с.

5. Бешелев, С. Л. Математико-статистические методы эксперт-

ных оценок / С. Л. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – Москва : Статистика, 1980. – 263 с.

6. Ключникова, О. В. Основные принципы выбора типа и количества строительных машин для комплексного производства работ / О. В. Ключникова, А. А. Цыбульская, А. Г. Шаповалова // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 4 (27). – С. 154.

7. Олейник, П. П. Организация строительного производства / П. П. Олейник. – Москва : Издательство АСВ, 2010. – 576 с.

8. Кабанов, В. Н. Система документального обеспечения строительства / В. Н. Кабанов // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 4 (55). – С. 51.

9. Загорская, А. В. Применение методов экспертной оценки в научном исследовании. Необходимое количество экспертов / А. В. Загорская, А. А. Лапидус // Строительное производство. – 2020. – № 3. – С. 21–34.

10. Марголин, Е. Методика обработки данных экспертного опроса / Е. Марголин // Полиграфия. – 2006. – № 5. – С. 14–16.

REFERENCES

1. Kuznecov, S. M. Povyshenie jeffektivnosti primenenija mashin i mehanizmov v stroitel'stve : monografija [Improving the efficiency of the use of machines and mechanisms in construction] / S. M. Kuznecov. – Moscow ; Berlin : Direkt-Media, 2015. – 203 p.

2. Opredelenie racional'nogo komplekta mashin pri proizvodstve zemljanyh работ po ustrojstvu kotlovina [Determination of a rational set of machines in the production of excavation work on the foundation pit] / E. V. Mihajlova, E. V. Ahtanin, A. N. Zheleznicenko, E. S. Leont'ev, A. A. Remizova // Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. –

2019. – № 1 (52). – p. 187.

3. Efimov, V. V. Metody teorii prinjatija reshenij, kak instrument vybora tehnologii proizvodstva работ [Methods of the theory of decision-making as a tool for choosing the technology of work production] / V. V. Efimov, N. D. Cherednichenko // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 1. – P. 38–40.

4. Kljuchnikova, O. V. Osnovnye principy vybora tipa i kolichestva stroitel'nyh машин dlja kompleksnogo proizvodstva работ [Basic principles of choosing the type and quantity of construction machines for complex production of works] / O. V. Kljuchnikova, A. A. Cybul'skaja, A. G. Shapovalova //

- Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2013. – № 4 (27). – P. 154.
5. Olejnik, P. P. Organizacija stroitel'nogo proizvodstva: Nauchnoe izdanie [Organization of construction production: Scientific edition] / P. P. Olejnik. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 2010. – 576 p.
 6. Kabanov, V. N. Sistema dokumental'nogo obespechenija stroitel'stva [System of documentary support of construction] / V. N. Kabanov // Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2019. – № 4 (55). – P. 51.
 7. Skljjar, V. A. Organizacija i matematicheskoe planirovanie jeksperimenta : uchebnoe posobie [Organization and mathematical planning of the experiment] / V. A. Skljjar. – Ekaterinburg : Izdatel'skie reshenija, 2017. – 92 p.
 8. Beshelev, S. L. Matematiko-statisticheskie metody jekspertnyh ocenok [Mathematical and statistical methods of expert assessments] / S. L. Beshelev, F. G. Gurvich. – Moscow : Statistika, 1980. – 263 p.
 9. Zagorskaja, A. V. Primenenie metodov jekspertnoj ocenki v nauchnom issledovanii. Neobhodimoe kolichestvo jekspertov [Application of expert assessment methods in scientific research. Required number of experts] / A. V. Zagorskaja, A. A. Lapidus // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 3. – P. 21–34.
 10. Margolin, E. Metodika obrabotki dannyx ehkspertnogo oprosa [Methods of processing expert survey data] / E. Margolin // Poligrafiya [Polygraphy]. – 2006. – № 5. – P. 14–16.

УДК 658.51

DOI: 10.54950/26585340_2022_2_46

Анализ международного опыта внедрения BIM-технологий строительного контроля высотного строительства

Analysis of International Experience in the Implementation of BIM-Technologies for Construction Control of High-Rise Construction

Лapidus 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 Azarij Abramovich

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

Янь Цзинцзин

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

Yan Jingjing

Post graduate student of the Department «Technologies and Organizations of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, yanjingjing@mail.ru

Аннотация. Цель исследования. В статье рассматривается вопрос о применении технологии BIM в высотных зданиях. Строительная отрасль развивается быстрыми темпами в связи с непрерывным развитием экономики. Так как в городских условиях земельные ресурсы ограничены – стремительно развивается строительство высотных зданий. По сравнению с мало- и среднеэтажными зданиями – высотные здания имеют ряд таких проблем, как сжатые сроки строительства, сложный контроль качества, сложность определения последовательности строительства, что приводит к увеличению сложности строительного контроля. Ниже обсуждается зарубежный опыт строительного контроля высотных зданий. Применение данного исследования позволит повысить эффективность в строительстве высотных зданий.

Материалы и методы. В данной работе использовались инструменты качественного метода с целью обобщения и анализа информации. Это исследование направлено на изучение соответствующего опыта строительного контроля в высотных зданиях за рубежом. Этап подготовки к организации исследования

Abstract. The purpose of the study. The article discusses the use of BIM technology in high-rise buildings. The construction industry is developing rapidly, due to the continuous development of the economy. Since land resources are limited in urban conditions, the construction of high-rise buildings is rapidly developing. Compared with low- and medium-rise buildings, high-rise

включал в себя проработку концепции и стратегии, которые содержат цели исследования, задачи, с помощью которых мы достигнем поставленные цели; были проработаны методы и способы их достижения; заданы критерии оценки информации и результатов, полученных путем наблюдения и опыта. В качестве источников информации, проанализированных авторами, выступают следующие материалы: нормативные документы, документальные информационные ресурсы, нормативные документы, профессиональная справочная литература, информационные ресурсы с общим доступом.

Результаты. Анализ международного опыта показывает, что при строительстве высотных зданий применение BIM-технологий позволяет сократить затраты, повысить производительность, снизить стоимость проекта, повысить качество строительного контроля.

Ключевые слова: зарубежный опыт, строительный контроль, высотные здания, управление строительством, Китай, BIM-технологии.

buildings have a number of problems such as: tight construction deadlines, complex quality control, difficulty in determining the sequence of construction, which leads to an increase in the complexity of construction control. The foreign experience of construction control of high-rise buildings is discussed below. The application of this article will increase efficiency in the construc-

tion of high-rise buildings

Materials and methods. To collect, verify and analyze information, the means of the qualitative method were used. This study is aimed at studying the relevant experience of construction control in high-rise buildings abroad. Before conducting the research, a concept and strategy for conducting research was developed, within the framework of which goals and objectives were formulated, methods and means were selected, criteria for evaluating empirical information and analysis results were established. To collect the information necessary for the analysis, the following

Введение

В условиях быстрого развития урбанизации и растущего дефицита земельных ресурсов, при поддержке непрерывного прогресса строительных технологий высотные здания стали важным направлением освоения человеком наземного пространства. Создание проектной и рабочей документации на строительство высотных зданий, как и само выполнение строительно-монтажных работ, происходит в своем большинстве с применением самых новых, мощных и доступных из существующих технологий строительной индустрии, используется максимум возможностей, а с развитием достигаются постоянный прогресс и инновации в высотном строительстве [1]. Технологии строительства постоянно улучшаются, тем самым делая более требовательным строительный контроль к высотным зданиям. На момент 2022 года в Российской Федерации отсутствует современная система надзора за строительством высотных зданий.

Материалы и методы

В данной работе использовались инструменты качественного метода с целью обобщения и анализа информации. Это исследование направлено на изучение соответствующего опыта строительного контроля высотных зданий за рубежом. Этап подготовки к организации исследования включал в себя проработку концепции и стратегии, которые включают цели исследования, задачи, с помощью которых мы достигнем поставленные цели; были проработаны методы и способы их достижения; заданы критерии оценки информации и результатов, полученных путем наблюдения и опыта. В качестве источников информации, проанализированных авторами, выступают следующие материалы: нормативные документы, документальные информационные ресурсы, нормативные документы, профессиональная справочная литература, информационные ресурсы с общим доступом.

Развитие отрасли и характеристики зарубежных высотных зданий

С развитием науки и техники в конце 19 века железобетонные и стальные конструкции получили широкое распространение в области гражданского строительства. Это повлияло на появление высотных зданий. Свое начало возведение высоток берет в Соединенных Штатах Америки. Одно из первых высотных зданий достигало всего 42 метра в высоту и имело 10 этажей – небоскреб «Home Insurance Building» был воздвигнут в Чикаго в 1885 году [2]. Высотные здания в современном понимании начали появляться с 1931 года, когда было построено первое здание высотой в 102 этажа – «Эмпайр Стейт Билдинг». Увеличивались этажность зданий, пролеты, а также произошел переход на каркасную систему с использованием металла для несущих конструкций. Затем в 1973 году было окончено строительство башен-близнецов Всемирного торгового центра.

sources were used: documentary information resources, regulatory documents, sources of professional reference information, publicly available information resources.

Results. Analysis of international experience shows that in the construction of high-rise buildings, the use of BIM technologies can reduce costs, increase productivity, reduce the cost of the project, improve the quality of construction control

Keywords: foreign experience, construction control, high-rise buildings, construction management, China, BIM technologies.

В конце XX века в странах Азии произошел экономический скачок. С тех пор Япония, Южная Корея, Китай и другие страны быстро начали развивать строительство высотных зданий. В их числе «Шэньчжэнь Империял Билдинг», «Шанхайская Башня» и небоскреб «Бурдж-Халифа» – рекордсмен в индустрии высотного строительства – 828 м. В течение 20 века Азия начала становиться центром высотного строительства, в то время как на США стало приходиться все меньше лучших высотных зданий (рисунок 1) [3]. Чтобы оставаться лидерами в мире, необходимо развивать не только инженерные решения, но и строительный контроль.

Что касается новостроек, уже в 2019 году количество высотных зданий в мире начало сокращаться. Причины разные, в том числе и ограничения правительства Китая на «странную архитектуру» и чрезмерно бросающиеся в глаза здания, в том числе ультравысокие, которые сохранились и в 2020 году. По данным отчета, опубликованного Советом по высотным зданиям и городской среде (CTBUH), рынок недавно построенных небоскребов испытал глобальный спад в сравнении с 2019 годом на 20 % в 2020 году как прямо, так и косвенно из-за кризиса, вызванного пандемией COVID-19 [4]. Из-за последствий пандемии некоторые районы остановили производство, что усугубило сокращение построенных зданий.

Тем не менее, Китай завершил строительство более половины (56) высотных зданий, построенных в 2020 году, за ним следуют Объединенные Арабские Эмираты (12, все они в Дубае), Соединенные Штаты (10), Соединенное Королевство (5) и Индия (3). В общей сложности 66 % высотных зданий, построенных по всему миру в 2020 году, были построены в Азии [5] (рисунок 2).

CTBUH прогнозирует, что количество завершенных небоскребов в течение 2021 года будет расти в диапазоне от 125 до 150, причем большинство из них находится в Китае.

Особенности строительного контроля

Строительный контроль представляет собой комплекс проверочных работ, главными задачами которого считается подтверждение факта, что строительство соответствует нормативным требованиям (экологическим нормам, техническим регламентам, рабочему проекту) и проводится в указанные сроки с учетом использования ресурсов, прописанных в смете.

Строительный контроль имеет своей целью выполнение важного ряда задач, таких как соблюдение технологии строительного производства и недопущение ошибок; выполнение всех требований, заданных в нормативных и проектных источниках; также подразумевает применение экологичных и качественных стройматериалов; обеспечивает безопасную дальнейшую эксплуатацию объекта и соблюдение сметной стоимости строительства [6]. Когда речь идет о высотном объекте, действуют дополнитель-

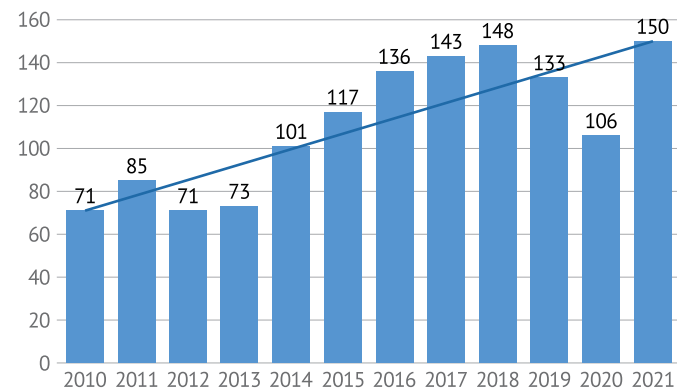


Рис. 1. 2010–2020 гг. Завершение количества высотных зданий выше 200 метров

Fig. 1. 2010–2020. Completion of the number of high-rise buildings above 200 meters

ные требования к испытаниям материалов и конструкций. Любой брак отражается на сроках строительства и на безопасности проекта. Входной контроль обязательно проходит каждая партия и поставка. После этого результаты проверок и испытаний вместе с актами об объемах выполненных работ, исполнительными схемами поступают с той же скоростью, с которой идет строительство, и образуют огромный документооборот [7].

Особенности строительного контроля высотных зданий:

1. Большая нагрузка по контролю за строительством. Строительство высотных зданий является масштабным и дорогостоящим. Для составления сметы строительства требуются подробные расчеты. Цикл строительства высотных зданий относительно длинный. Необходимо тщательно контролировать строительство, чтобы координировать ход строительства и укладываться в сроки.
2. Высокие требования к профессиональному уровню персонала, осуществляющего строительный контроль. Технология строительства высотных зданий сложна. Форма здания влияет на технические требования к строительству. Отсутствие профессиональных навыков у персонала снижает эффективность строительного контроля. В условиях современного производства знания работников должны постоянно совершенствоваться [8].

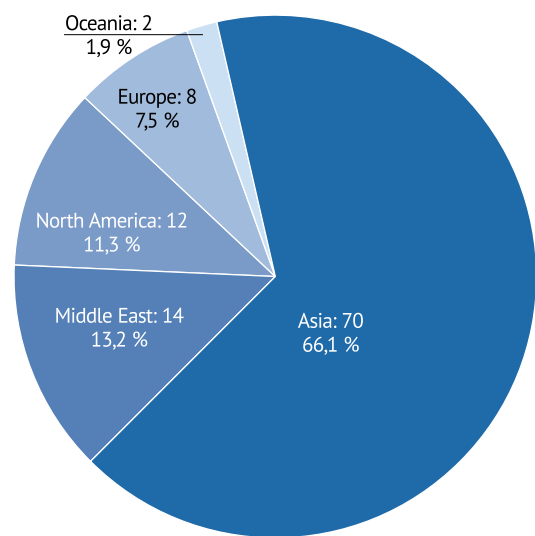


Рис. 2. Здания высотой 200 м и выше, построенные в 2020 г.

Fig. 2. Buildings with a height of 200 m and above, built in 2020

3. Процесс строительного контроля обязателен. Так как высотные здания расположены, в основном, в благополучных районах города и занимают небольшую площадь, к транспортировке и хранению сырья предъявляются более высокие требования. Строительно-монтажные базы имеют стесненные условия, и это затрудняет процесс строительства. Поэтому в высотном строительстве особенно важен строительный контроль, так как его отсутствие приводит к задержкам хода строительства и экономическим потерям.

Опыт строительного контроля

Чтобы лучше контролировать строительство, во многих странах проводились исследования. BIM-технологии помогли быстрому развитию строительной отрасли. BIM (Building Information Modeling) относится к информационной модели здания, ядром которой являются создание трехмерной модели проекта и интеграция информации всего проекта на основе модели. Информационная модель включает в себя полный жизненный цикл объекта со всеми этапами (рисунок 3). Модель, помимо геометрической информации об объекте, охватывает еще и профессиональные атрибуты высотных зданий. Инженеры могут в полной мере использовать пространство для проектирования, получать данные о строительстве, отслеживать динамику строительства в режиме реального времени. Также информационная модель доступна всем участникам строительного проекта, что позволяет своевременно исправлять ошибки [9].

На начальном этапе использование BIM-модели подразумевает ее заполнение всеми данными об объекте проектирования и строительства, которая впоследствии подкрепляется информацией из справочных и нормативных источников, привязывается к календарному плану строительства, что позволяет использовать эту модель на строительной площадке, в частности при строительном контроле [10]. Отсюда можно сделать вывод о том, что BIM – это многофункциональная система, которая представлена в виде единой информационной площадки для управления проектным и строительным производством. Последнее, в свою очередь, включает в себя следующие функции: обмен, хранение, исправление информации, различного рода отчетные документы, сравнение фактического хода работ и самого объекта с заданными параметрами проекта и др.

Опыт внедрения BIM в области строительного контроля в США

США – одна из первых стран, которая начала применять технологии BIM в строительстве. Основной причиной для применения BIM в Америке послужило то, что правительство приняло закон, который в обязательном порядке предусматривает применение информационного моделирования зданий в государственных заказах. Сейчас существует база нормативных документов, которые поддерживают BIM-технологии. В 2012 году в США, по данным компании McGraw Hill Construction, более 70 % участников строительного рынка заявили об использовании технологий информационного моделирования в своих проектах [11].

Исследование эффекта от использования BIM-технологий в строительстве, которое провели ученые в Leland Stanford Junior University в 2007 г., затронуло трид-



Рис. 3. Применение BIM-технологии в строительстве

Fig. 3. Using of BIM technology in construction

цать два крупных проекта. Эффект от применения технологий информационного моделирования оказался положительным, процентные данные представлены ниже:

- 1) уровень внеплановых трат был сокращен до 40 %;
- 2) сроки расчета сметной стоимости строительства опустились до 80 %;
- 3) точность расчета стоимости проекта в пределах 3 % (без BIM – до 10 %);
- 4) до 10 % от контрактной стоимости было сокращено за счет высокого качества проекта и своевременного устранения ошибок;
- 5) сроки реализации инвестиционно-строительного проекта сокращены до 7 %;

McGraw-Hill Construction в своем исследовании выявили зависимость, которая показывает эффективность и выгоду от использования BIM на ранних стадиях ее внедрения в проектную деятельность и для опытных BIM-организаций (рисунок 4).

По обобщенным данным McGraw-Hill Construction, немногим меньше 49 % организаций строительной индустрии Соединенных Штатов в настоящий момент применяют BIM-технологии в области строительного контроля как метода усовершенствования качества выполняемых работ и планируют в ближайшей перспективе наращивать долю использования [12].

Опыт внедрения BIM в области строительного контроля в европейских странах

Великобритания с 2011 года, ориентируясь на лидерство и большое конкурентное преимущество на мировой арене в строительной индустрии, разрабатывала стратегию, направленную на реализацию нормативно и методологически проработанной единой программы перехода на обязательное применение технологии информационного моделирования для всех проектов, финансируемых из бюджета, начиная с апреля 2016 года, что обеспечило ускоренные темпы внедрения BIM [11].

В настоящее время, начиная с января 2014 года, все страны ЕС, руководствуясь европейской директивой о государственных закупках, применяют электронные формы работы, включающие BIM в строительстве. Целью этого является борьба с коррупцией и повышение эффективности расходования государственного бюджета. EU BIM Task Group – рабочая группа, организованная и финансируемая Еврокомиссией, которая занимается выработкой общих для стран ЕС правил планирования и реализации государственных заказов на проектные и строительные подряды.

Направление получения выгоды	Начинающие	«Эксперты»
Рост прибыли	7 %	43 %
Сокращение рутинных операций	14 %	58 %
Уменьшение количества переделок	23 %	77 %
Облегчение повторной работы с клиентами	19 %	61 %
Предложение новых услуг	28 %	72 %
Повышение производительности труда персонала	46 %	71 %

Рис. 4. Сравнение эффективности от применения BIM для новых пользователей и «экспертов»

Fig. 4. The difference in the effectiveness of BIM for novice users and «experts»

Снижение стоимости строительства, финансируемого за счет средств государственного бюджета, на 25 % с последующим сокращением расходов на эксплуатацию более 35 % – такой положительный эффект рассчитали зарубежные аналитики от внедрения BIM-технологии в строительный контроль.

Консалтинговая компания Sweett Group сравнила ряд типовых проектов, существенное отличие которых заключалось в одном: был ли проект претворен в жизнь с применением информационного моделирования или реализован традиционным способом. Результаты показали, что современные технологии позволяют:

- сокращать стоимость производства работ приблизительно на 20 % от общего объема;
- уменьшать срок выполнения работ на 10–12 %, что сводит к нулю внеплановые расходы.

В 2014 году правительство Великобритании обновило стратегию развития строительной индустрии до 2025 г. Обновление было направлено на сокращение стоимости проектирования и продолжительности строительно-монтажных работ на 33 и 50 % соответственно.

Основная идея стратегии заключается в том, что в настоящее время стабильное строительство с обеспечением сокращения продолжительности и повышением его экономической эффективности (рисунок 5) в условиях большой информационной насыщенности и постоянно возрастающей сложности объектов возможно только через повсеместное внедрение BIM и цифровых технологий. При этом BIM и цифровые технологии воспринимаются как основной инструмент повышения производительности и снижения риска в строительном секторе внедрения BIM-технологий.

Опыт внедрения BIM в области строительного контроля в Китае

Министерство жилищного строительства и городского развития сельских районов Китая (MHURD) в целях объединения данных, их интеграции между инвестиционно-строительными процессами и индустриализации строительной отрасли в Китае разрабатывает стандарты для применения информационного моделирования зданий, которые будут утверждены на общем национальном уровне [13].

В последние несколько лет инструменты для создания информационной BIM-модели получили широкую известность и нашли большой спрос в проектных организациях, а на данный момент являются основным направлением развития в управлении проектами, так как 4D-BIM – если не лучший, то отличнейший системный продукт для оптимизации всех параметров строительства [14].

В Китае при строительстве Шанхайской башни активно происходило внедрение BIM-технологий, так как это технически сложный объект и нуждается в особом контроле строительства. Строительство башни стоит более 10 миллиардов юаней, и благодаря BIM расхождений со сметой практически нет. Для строительного контроля использовалась концепция 4D. Путем добавления временного измерения к 3D-модели реализуется преобразование в 4D-модель, и процесс строительства моделируется в соответствии с 4D-моделью. Это предлагает визуальный ориентир для строителей, чтобы обеспечить качество, безопасность, а также повысить общую эффективность проекта (рисунок 6).

Результаты

Авторами был проведен анализ различного рода критериев экономической и неэкономической направленности, который позволил утвердиться следующему выводу: использование BIM-технологий в проектировании, строительстве и эксплуатации объектов, попадающих под категорию высотного строительства, несет в себе ряд существенных преимуществ:

- 1. Снижение затрат;
- 2. Повышение качества проектирования и СМР;
- 3. Сокращение продолжительности проектирования и строительства;
- 4. Увеличение способностей предприятия в конкурентной инвестиционно-строительной индустрии;
- 5. Полный объем информации об объекте в одном месте позволяет легче и быстрее принимать правильные управленческие решения;
- 6. Учет всех рисков приводит к повышению уровня безопасности.

Ожидается, что применение BIM с полным жизненным циклом реализует применение BIM с технической стороны до многомерного применения технологий, управления и совместной работы, а также включение в этап эксплуатации и обслуживания, чтобы полностью реализовать прикладную ценность BIM в инженерных проектах. Анализ международного опыта показывает, что при строительстве высотных зданий применение BIM-технологий позволяет сократить затраты, повысить про-

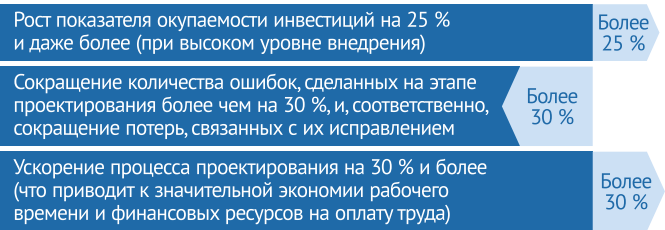


Рис. 5. Оценка экономической эффективности применения BIM
Fig. 5. Assessment of the economic efficiency of the BIM application

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по строительству жилых и общественных зданий : РМД 31-04-2008 Санкт-Петербург : Петербургские строительные стандарты. Региональные методические документы : внесены Методическим отделом Юридического управления Комитета по строительству Санкт-Петербурга : одобрены и рекомендованы к применению в строительстве на территории Санкт-Петербурга распоряжением Комитета по строительству от 20.06.2008 № 176 // Петербургский государственный университет путей сообщения (ПГУПС),

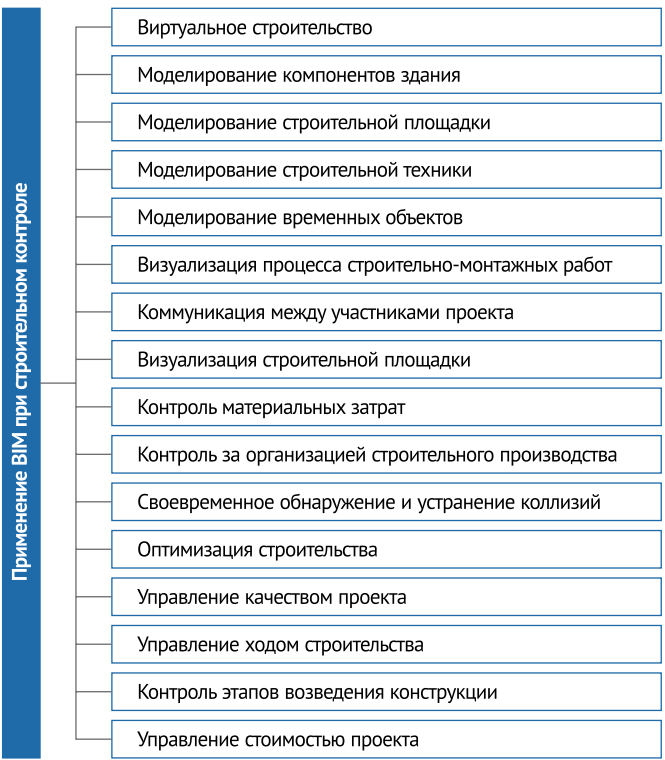


Рис. 6. Применение BIM в строительном контроле
Fig. 6. Application of BIM in construction control

изводительность, снизить стоимость проекта, повысить качество строительного контроля. При применении BIM-технологий с нуля в строительной организации в каждом отдельном проекте вначале наблюдаются большие издержки, однако впоследствии эти издержки окупаются и дают положительные результаты в виде экономии времени и ресурсов. Важным элементом работы с BIM является детальное и всестороннее планирование внедрения технологий на производство.

Заключение

В настоящее время в реализации строительного контроля объектов высотного строительства в России остается еще много проблем, которые не способствуют строительству в стране в целом. Для эффективного решения проблем в строительном контроле и управлении проектами высотного строительства в России следует активно внедрять зарождающуюся технологию BIM. В этой статье рассматривается исследовательский статус технологии BIM в РФ и в других странах. Разработчики проектов предоставляют идеи и рекомендации по более эффективному применению технологии BIM, а также способствуют развитию технологии BIM в проектах высотного строительства. В то же время это также может способствовать успешному выполнению различных задач во многих аспектах и, наконец, достижению необходимых рабочих целей.

Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ) ; ЗАО «Инженерная ассоциация «Ленстройинжсервис»» ; ред. М. А. Иванов. – Санкт-Петербург : Правительство Санкт-Петербурга, 2008. – 45 с. – Издание официальное.
2. Ледяйкин, А. С. Обзор зарубежного опыта проектирования высотных зданий / А. С. Ледяйкин, В. Н. Уткина // Ogarev-online. Электронное периодическое издание для студентов и аспирантов : [Электронный ресурс] . – 2017. – № 11. – Режим доступа: [http://journal.mrsu.ru/arts/obzor-zarubezhnogo-](http://journal.mrsu.ru/arts/obzor-zarubezhnogo-opyta-proektirovaniya-vysotnykh-zdanij)

opyta-proektirovaniya-vysotnykh-zdanij.
3. Xu, R. Difficulties in Construction Control of High-rise Buildings and Key Points of Supervision / R. Xu // Sichuan University. – Chengdu, China : 2021. – № 9. – P. 46–52.
4. Hickman, M. COVID-19 Contributed to Sharp Decline in Completed Skyscrapers in 2020 / M. Hickman // The Architect's Newspaper : [website]. – Date of publication: January 26, 2021. – URL: https://www-archdaily-com.translate.google/955753/covid-19-contributed-to-sharp-decline-in-completed-skyscrapers-in-2020?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc.
5. Tall Buildings in 2020: COVID-19 Contributes To Dip in Year-On-Year Completions // CTBUH Journal. – 2021. – Issue I. – P. 40–49.
6. О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства : утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 21.06.2010 №468 (ред. от 18.07.2019) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2010. – № 26. – Ст. 3365.
7. Маклакова, Т. Г. Архитектурно-конструктивные и градостроительные проблемы проектирования высотных зданий: научно-образовательный материал / Т. Г. Маклакова, Н. И. Сенин. – Москва : МГСУ, 2009. – 28 с.
8. Сальников, К. Е. Зарубежный опыт сокращения продолжительности строительства / К. Е. Сальников // Финансы и управление. – 2020. – № 4. – С. 1–13. – Режим доступа: 10.25136/2409-7802.2020.4.34406. – URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=34406.

REFERENCES

1. Rekomendatsii po stroitel'stvu zhilykh i obshchestvennykh zdaniy : RMD 31-04-2008 Sankt-Peterburg [Recommendations for the construction of residential and public buildings : RMD 31-04-2008 St. Petersburg] : Peterburgskiestroitel'nye standarty. Regional'nye metodicheskie dokumenty [St. Petersburg Construction Standards. Regional methodological documents] : vneseny Metodicheskim otdelom Yuridicheskogo upravleniya Komiteta po stroitel'stvu Sankt-Peterburga [introduced by the Methodological Department of the Legal Department of the St. Petersburg Construction Committee] : odobreny i rekomendovany k primeneniyu v stroitel'stve na territorii Sankt-Peterburga rasporyazheniem Komiteta po stroitel'stvu ot 20.06.2008 № 176 [approved and recommended for use in construction on the territory of St. Petersburg by the Order of the Construction Committee of 20.06.2008 No. 176] // Peterburgskij gosudarstvennyj universitet putej soobshheniya (PGUPS), Sankt-Peterburgskij arkhitekturno-stroitel'nyj universitet (SPbGASU) ; ZAO «Inzhenernaya assotsiatsiya «Lenstrojinzhservis»» ; red. M. A. Ivanov [St. Petersburg State University of Railway Engineering (PGUPS), St. Petersburg University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU) ; CJSC «Engineering Association «Lentroyinzhservice»»; ed. M. A. Ivanov]. – St. Petersburg : Government of St. Petersburg, 2008. – 45 p. – Official publication.
2. Ledyaykin, A. S. Obzor zarubezhnogo opyta proektirovaniya vysotnykh zdaniy [Review of foreign experience in designing high-rise buildings] / A. S. Ledyaykin, V. N. Utkina // Ogaryov-online. Ehlektronnoe periodicheskoe izdanie dlya studentov i aspirantov : [Ehlektronnyj resurs] [Ogarev-online. Electronic periodical for students and postgraduates : [Electronic resource]] . – 2017. – № 11. – Access mode: [http://journal.mrsu.ru/arts/obzor-zarubezhnogo-opyta-proektirovaniya-vysotnykh-](http://journal.mrsu.ru/arts/obzor-zarubezhnogo-opyta-proektirovaniya-vysotnykh-zdanij)

9. Топчий, Д. В. Концепция контроля качества организации строительных процессов при проведении строительного надзора на основе использования информационных технологий / Д. В. Топчий, А. Я. Токарский // Вестник Евразийской науки. – 2019. – Т. 11, № 3. – С. 49.
10. Полетаев, К. Н. Сравнение отечественной и зарубежной систем управления качеством строительства / К. Н. Полетаев, А. Д. Юферева // StudArctic forum. – 2017. – Т. 1, № 5. – С. 65–76.
11. Оценка применения BIM-технологий в строительстве. Результаты исследования эффективности применения BIM-технологий в инвестиционно-строительных проектах российских компаний : отчет // НИУ МГСУ ; ООО «Куратор». – Москва, 2016.
12. Мысовских, Д. А. Building information modeling в строительстве. Опыт использования. Проблемы внедрения / Д. А. Мысовских, И. Г. Овчинников // Вестник Евразийской науки, 2021. – Т. 13, № 2. – URL: <https://esj.today/PDF/17SAVN221.pdf>.
13. Николаев, М. И. Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством: учебное пособие / М. И. Николаев. – Москва, Саратов: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. – 115 с. – Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/89446.html>.
14. Wu, J. Application of BIM technology in super-high-rise buildings / J. Wu, Y. Yan, N. Yang // School of Civil Engineering, Architecture and Environment, Hubei University of Technology. – China, 2020. – № 31. – P. 40–43.

Architect's Newspaper : [website]. – Date of publication: January 26, 2021. – URL: https://www-archdaily-com.translate.google/955753/covid-19-contributed-to-sharp-decline-in-completed-skyscrapers-in-2020?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc.
5. Tall Buildings in 2020: COVID-19 Contributes To Dip in Year-On-Year Completions // CTBUH Journal. – 2021. – Issue I. – P. 40–49.
6. O poryadke provedeniya stroitel'nogo kontrolya pri osushchestvlenii stroitel'stva, rekonstruktsii i kapital'nogo remonta ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva [On the procedure for conducting construction control during the construction, reconstruction and capital repairs of capital construction facilities] : utv. Postanovleniem Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii ot 21.06.2010 №468 (red. ot 18.07.2019) [approved Resolution of the Government of the Russian Federation № 468 of 21.06.2010 (ed. of 18.07.2019)] // Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federatsii [Collection of Legislation of the Russian Federation]. – 2010. – № 26. – St. 3365.
7. Maklakova, T. G. Arkhitekturno-konstruktivnye i grado-stroitel'nye problemy proektirovaniya vysotnykh zdaniy: nauchno-obrazovatel'nyj material [Architectural and structural and urban planning problems of designing high-rise buildings: scientific and educational material] / T. G. Maklakova, N. I. Senin. – Moscow : MGSU, 2009. – 28 p.
8. Salnikov, K. E. Zarubezhnyj opyt sokrashheniya prodolzhitel'nosti stroitel'stva [Foreign experience in reducing the duration of construction] / K. E. Salnikov // Finansy i upravlenie [Finance and management]. – 2020. – № 4. – P. 1–13. – Access mode: 10.25136/2409-7802.2020.4.34406. – URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=34406
9. Topchy, D. V. Kontseptsiya kontrolya kachestva organizatsii stroitel'nykh protsessov pri provedenii stroitel'nogo nadzora na osnove ispol'zovaniya informatsionnykh tekhnologij [The concept of quality control of the organization of construction processes during construction supervision based on the use of information technologies] / D. V. Topchy, A. Ya. Tokarsky // Vestnik Evrazijskoj nauki [Bulletin of Eurasian Science]. – 2019. – Vol. 11, № 3. – P. 49.

10. Poletaev, K. N. Sravnenie otechestvennoj i zarubezhnoj sistem upravleniya kachestvom stroitel'stva [Comparison of domestic and foreign construction quality management systems] / K. N. Poletaev, A. D. Yufereva // StudArctic forum. – 2017. – Vol. 1, № 5. – P. 65–76.

11. Otsenka primeneniya BIM-tekhnologij v stroitel'stve. Rezul'taty issledovaniya ehffektivnosti primeneniya BIM-tekhnologij v investitsionno-stroitel'nykh proektakh rossijskikh kompanij : otche [Evaluation of the use of BIM technologies in construction. The results of the study of the effectiveness of the use of BIM technologies in investment and construction projects of Russian companies : report] // NRU MGSU ; LLC «Curator». – Moscow, 2016.

12. Mysovskikh, D. A. Building information modeling v stroitel'stve. Opyt ispol'zovaniya. Problemy vnedreniya [Building information modeling in construction. Usage experience. Problems of implementation] / D. A. Mysovskikh, I. G. Ovchinnikov // Vestnik Evrazijskoj nauki [Bulletin of Eurasian Science], 2021. – Vol. 13, № 2. – URL: <https://esj.today/PDF/17SAVN221.pdf>.

13. Nikolaev, M. I. Metrologiya, standartizatsiya, sertifikatsiya i upravlenie kachestvom: uchebnoe posobie [Metrology, standardization, certification and quality management: textbook] / M. I. Nikolaev. – Moscow, Saratov: Internet University of Information Technologies (INTUIT), AI Pi Ar Media, 2020. – 115 p. – Text: electronic // IPR SMART: [website]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/89446.html>.

14. Wu, J. Application of BIM technology in super-high-rise buildings / J. Wu, Y. Yan, N. Yang // School of Civil Engineering, Architecture and Environment, Hubei University of Technology. – China, 2020. – № 31. – P. 40–43.

УДК 69.001.5 DOI: 10.54950/26585340_2022_2_52

Искусственный интеллект как инструмент оптимизации ресурсных графиков

Artificial Intelligence as a Tool for Optimizing Resource Schedules

Михайлова Елена Владимировна

Кандидат экономических наук, кандидат архитектуры, доцент кафедры «Архитектура», Институт строительства и архитектуры, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, gmihaylova@gic.mgsu.ru

Mikhailova Elena Vladimirovna

Candidate of Economic Sciences, Candidate of Architecture, Associate Professor of the Department of Architecture, Institute of Construction and Architecture, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, gmihaylova@gic.mgsu.ru

Савина Виктория Витальевна

Кандидат социологических наук, доцент, заведующая кафедрой гуманитарных дисциплин, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет» (РГАЗУ), Россия, 143907, Московская область, Балашиха, шоссе Энтузиастов, 50, savinavictory@yandex.ru

Savina Victoria Vitalievna

Candidate of Sociological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Humanities, Russian State Agrarian Correspondence University (RGAZU), Russia, 143907, Moskovskaya oblast', Balashikha, shosse Ehntuziastov, 50, savinavictory@yandex.ru

Савин Иван Михайлович

Магистрант 1-го курса, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, Savin.vanya2013@gmail.com

Savin Ivan Mikhailovich

1st year master's student, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, Savin.vanya2013@gmail.com

Аннотация. Целью и задачами данного исследования было рассмотрение главных тенденций в развитии промышленного производства, а также выявление основного применения систем комплексной автоматизации. Так, было установлено, что крупные предприятия внедряли (и внедряют) у себя решения, базирующиеся на мощных и распределенных средствах вычислительной техники, которые позволяют контролировать весь производственный цикл, а тесная интеграция производственных и вычислительных систем обеспечивает гибкость технологических процессов и возможность оперативной смены типов выпускаемой продукции. В результате исследования было выявлено, что развитие систем искусственного интеллекта (ИИ) обеспечило возможность создания систем автоматизации принципиально нового уровня. Актуальность темы исследования обусловлена тем, что строительная отрасль находится на пороге цифровизации, которая нарушает традиционные процессы, а также открывает множество возможностей для использования новых технологий и оптимизации производства

и оптимизации производства в строительстве с целью получения готовой продукции в виде здания или сооружения. В статье рассматриваются некоторые особенности области применения искусственного интеллекта в строительной отрасли. В результате исследования оказалось, что приоритетными остаются генеративное проектирование, профилактическое обслуживание, обеспечение безопасности строительства, оптимизация закупок материалов и комплектующих, фотосканирование, обработка данных с помощью искусственного интеллекта для улучшения и оптимизации календарных графиков. Эти данные позволяют сделать вывод, что в ближайшие годы ожидается дальнейший рост использования новых технологий, связанных с применением искусственного интеллекта в строительной отрасли.

Ключевые слова: строительство, искусственный интеллект, новые технологии, график, обеспечение безопасности строительства, технологии будущего.

Abstract. The purpose and objectives of this study were to consider the main trends in the development of industrial production, as well as to identify the main application of integrated automation systems. So, it was found that large enterprises have implemented (and are implementing) solutions based on powerful and distributed computer technology, they allow you to control the entire production cycle, and the close integration of production and computer systems ensures the flexibility of technological processes and the ability to quickly change the types of products. As a result of the study, it was revealed that the development of artificial intelligence (AI) systems made it possible to create automation systems of a fundamentally new level. The relevance of the research topic is due to the fact that the construction industry is on the verge of digitalization, which disrupts traditional processes, and also opens up many opportunities for using new

Введение

За последние несколько десятков лет производительность труда как совместная экономическая выработка на одного работника в строительной отрасли практически не изменилась [1].

Основное условие заключено в том, что строительная отрасль является одной из самых недооцененных отраслей в мире и медленно внедряет новые технологии. Широкое привлечение BIM-технологий, а именно искусственного интеллекта (ИИ), к решению этой задачи может помочь добиться повышения эффективности рабочих мест.

В последние годы наблюдается значительный рост инвестиций в ИИ. Их объем на строительном рынке оценивался почти в 600 млн долларов США в 2021 году и по прогнозам к 2026 году составит 2312,8 млн долларов США, а совокупный среднегодовой темп роста в течение 2021–2026 годов будет на уровне более 40 % ежегодно. [2]. Искусственный интеллект (ИИ) – это общий термин для описания того, что вычислительные машины имитируют особые способности индивида, как, например, при решении задач распознавание образов и обучение [3].

Целью и задачами данного исследования являются рассмотрение и анализ оптимального применения ИИ в строительной отрасли на примере оптимизации календарных графиков с помощью искусственного интеллекта.

Материалы и методы

Машинное обучение – это область искусственного интеллекта, в которой используются статистические методы, позволяющие компьютерным системам учиться на основе данных без непосредственного программирования. Потенциальные области применения машинного обучения и искусственного интеллекта в строительстве огромны [4].

Авторами в статье проанализирован опыт использования технологии ИИ и выявлены основные преимущества, а в качестве недостатков указаны сокращение рабочих мест и замена инженерно-технических работников на техническое оборудование. Исследование опирается на синергетический принцип изучения ИИ в строительстве.

Также было применено практическое моделирование, а именно предметное и знаковое, что позволило рассмотреть как отдельные части, так и в целом графики, чертежи, фигуры и коды.

Результаты и дискуссия

Профилактическое обслуживание ИИ очень эффективно при анализе исторических данных и использовании их для создания правдоподобных прогнозов будущих

технологий и оптимизации производства в строительстве, в order to obtain finished products in the form of a building or structure. The article discusses some features of the field of application of artificial intelligence in the construction industry. As a result of the study, it turned out that generative design, preventive maintenance, ensuring construction safety, optimizing the procurement of materials and components, photo scanning, data processing using artificial intelligence to improve and optimize schedules remain a priority. These data allow us to conclude that in the coming years, further growth in the use of new technologies related to the use of artificial intelligence in the construction industry is expected.

Keywords: building, artificial intelligence, new technologies, schedule, ensuring construction safety, future technologies.

событий. Профилактическое обслуживание – это метод, который собирает, анализирует и использует данные из дифференцированных источников производства на примере использования оборудования, датчиков, переключателей и т. д. Он применяет к данным интеллектуальные алгоритмы для прогнозирования отказа оборудования до того, как он произойдет [5]. Суть эффективности этого метода заключается не только в мониторинге результатов различных технологий, но и в использовании машинного обучения для принятия решений в режиме реального времени.

Для оптимизации календарных графиков используем коэффициент Джини и кривую Лоренца. Кривая Лоренца представляет собой график неравномерного распределения общего объема определенного показателя (капитальных вложений) по группам единиц статистической совокупности (дней). Для построения графика используется прямоугольная система координат в квадрате 100 x 100. На оси абсцисс показываются значения кумулятивных долей количества единиц совокупности (дней) – p_i , на оси ординат – значения кумулятивных долей распределяемых капитальных вложений (q_i). Диагональ квадрата указывает на равномерное распределение капитальных вложений (рисунок 1).

Чем больше расчетное распределение p_i и q_i отклоняется от равномерного, тем больше кривая Лоренца удаляется от диагонали. Коэффициент Джини позволяет определять степень неравномерности распределения и принимает значения от 0 до 1. Чем больше его значение приближается к 1, тем выше степень неравномерности распределения.

Для оценки степени неравномерности освоения капитальных вложений по формуле 1 рассчитывается коэффициент Джини:

$$K_G = 1 - 2 \sum_{i=1}^n p_i \text{ cum } q_i + \sum_{i=1}^n p_i q_i, \quad (1)$$

где p_i – доля дней, принадлежащей к i группе в общей продолжительности строительства; q_i – доля капитальных вложений, освоенных в i группе дней; $\text{cum } q_i$ – кумулятивная доля капитальных вложений; n – число групп.

Так как коэффициент принимает значения от 0 до 1, при его расчете необходимо учитывать, в каких единицах приняты доли в исходных данных, а это значит, что для оптимизации календарных графиков нам необходимо добиться того, чтобы наша отслеживаемая работа стремилась к нулю. Своевременное прогнозирование невозможно без качественного мониторинга.

Рассмотрим на примере церкви Спаса Нерукотворного в Тульской области (рисунки 2, 3). Для контроля используем новые технологии, а именно фотограмметрию, или фотосканирование. При таком методе раз в неделю / месяц / день вылетает дрон и делает необходимые фотографии над строящимся объектом (оптимальная камера дрона должна быть с объективом Sigma 17-55 mm f/2). В первую очередь проведем сканирование местности, сделав фото и обработав его с помощью программы «Pix4Dmapper», мы получаем следующее: рисунок 2, рисунок 3.

После этого данные отправляются на сервер, где фотографии обрабатываются с помощью искусственного интеллекта. Предположим, нам нужно проверить правильность выполнения работы X при помощи искусственного разума, нами были проанализированы оба процесса (X – выполненный процесс и Y – идеально выполненный процесс), если по результатам расчета наш процесс X равен Y ($Y = 0$), то процесс выполнен идеально. Следующий код иллюстрирует это: рисунок 4.

В этом коде сначала импортируем «numpy» в линейную алгебру. Уникальной и единственной зависимостью в этом случае оказывается нелинейность (`def nonlin(x,deriv=False)`), это в свою очередь создает определенную функцию, которая влияет на создание «сигмоид». Затем необходимо провести сравнение абсолютно произвольного числа со значением от 0 до 1 и перевести указанные числа в вероятности, что обладает некоторым количеством противоположных полезных свойств для обучения нейронных сетей. `if(deriv==True)`: данная функция также может возвращать производную сигмоиды (`deriv=True`). Это является важным и главным свойством. Если выходом функции является переменная `out`, то производная будет `out * (1-out)`; ($X = np.array([[0,0,1], ...])$, далее можно наблюдать инициализацию массива входных данных в элементе незаполненной матрицы. Любая строка оказывается обучающим примером. Столбцы являются входными узлами. Получаем 3 входных узла в сети и 4 обучающих примера ($y = np.array([[0,0,1,1]])$). `T` – передаточная функция. После перевода матрица `u` обладает 4 строками с единственным столбцом. Так же и в случае с входными данными, каждая строка является обучающим примером, а любой столбец (например, один) – выходным узлом. Сеть при этом обладает 3 вхо-

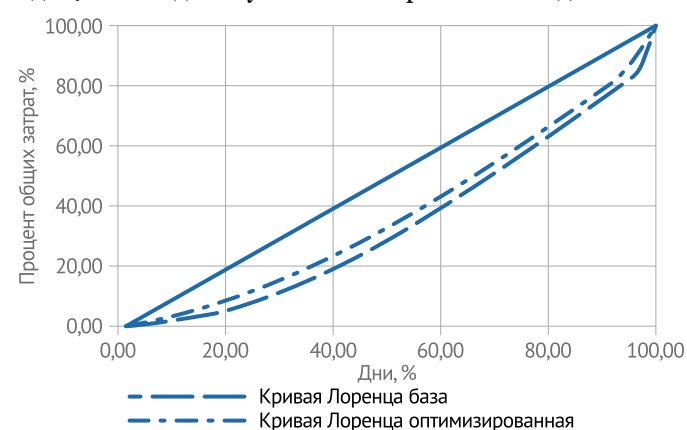


Рис. 1. Кривые Лоренца для распределения освоения капитальных вложений базового и оптимизированного календарных планов
Fig. 1. Lorenz curves for the distribution of capital investment development of the base and optimized schedules

дами и 1 выходом `np.random.seed(1)`. Проанализировав вышесказанное, можно сделать вывод, что это гарантирует случайное распределение, которое будет одинаковым каждый раз [6; 7]. Это позволит более легко отслеживать производительность сети после внесения изменений в код $yn0 = 2 * np.random.random((3,1))$ – матрица 1 весов сети, `syn0` означает «нулевой синапс». Так как существует лишь два слоя, входной и выходной, есть необходимость в одной весовой матрице, которая их объединит. Его размерность равна (3, 1), потому что показываем 3 входа и 1 выход. Обратная сторона `l0` имеет размер 3, а `l1` имеет размер 1. Далее определяются все узлы в `l0` со всеми узлами в `l1`, следовательно, нужна матрица размерности (3, 1). Поэтому код инициализируется выборочным способом, а усредненное значение близко к нулю. За этим стоит довольно сложная теоретическая база. Также необходимо рассмотреть этот постулат как рекомендованный.

Кроме этого, следует отметить то, что указанная нейросеть является по сути самой матрицей. В обращении задаем «слои» `l0` и `l1`, но последние оказываются непостоянными значениями, в основе которых лежит набор данных. Их нет необходимости сберегать. Все тренировки определяются в файле `syn0`. `for iter in xrange(10000)`: в этой точке начинается код обучения основной сети. Цикл с кодом много раз может повторяться и оптимизирует сеть под набор данных: $l0 = X$ – первый слой, `l0` – это просто данные. `X` содержит 4 обучающих примера. Мы обработали все данные одновременно, что можно назвать групповой тренировкой [полный пакет]. Всего было 4 отличные друг от друга строки `l0`, но их необходимо рассматривать как единственный обучающий пример – на данном этапе это не важно (была возможность выгрузить 1000 или 10000 из них без каких-либо изменений в коде). `l1 = nonlin(np.dot(l0,syn0))`: это шаг прогнозирования. Далее позволяем сети попытаться предугадать данные на основе ввода. После этого можно обнаружить, как сеть это выполняет, чтобы была возможность настроить ее в сторону улучшения. Строка состоит из двух шагов. Первый выполняет матричное умножение `l0` и `syn0`. Второй пропускает вывод через сигмовидную. Их размеры: (4×3) точка $(3 \times 1) = (4 \times 1)$. Умножение матриц предполагает, что количественные размеры были идентичными в сере-



Рис. 2. Фотоскан храма Спаса Нерукотворного в Тульской области, вид спереди
Fig. 2. Photo scan of the Church of the Savior Not Made by Hands in the Tula region, front view

дине уравнения. Данная матрица обладает таким же количеством строк, что и начальная, так как обладает таким же количеством столбцов, как и вторая. Загружаем 4 обучающих примера и получаем 4 предположения (матрица 4×1). Любой выход одинаков предположению сети для данного входа [8].

$l1_error = y - l1$ потому, что `l1` содержит догадки, можно проанализировать их отличие с реальностью, убирая `l1` из верного ответа `y`. `l1_error` – вектор положительных и отрицательных чисел, характеризующий «промах» сети. `l1_delta = l1_error * nonlin(l1, True)`: данную строку необходимо рассмотреть по составляющим. Первая часть: производная `nonlin(l1, True)`. `l1` представляет представленные три точки, и код выводит наклон линий, показанных ниже. Важно отметить, что из-за больших данных, например, $x=2,0$ (зеленая точка), и очень малых значений, таких как $x=-1,0$ (фиолетовый), линии обладают небольшим наклоном. Наибольший угол находится в точке $x=0$ (синий), что является одним из определяющих факторов. Можно сделать вывод, что все производные расположены в диапазоне от 0 до 1 (рисунок 5).

`l1_delta = l1_error * nonlin(l1, True)`: с точки зрения математики имеются более определяющие способы, но представленное удовлетворяет наши потребности. `l1_error` – матрица $(4,1)$. `nonlin(l1, True)` возвращает матрицу $(4,1)$. Также можно умножить их поэлементно, и на выходе также получаем матрицу $(4,1)$, `l1_delta`. Умножая производные на ошибки, можно снизить погрешности прогнозов, выполненных с большой точностью. Если наклон линии оказался маленьким, то в сети может быть либо очень большое, либо очень маленькое значение. Если догадка в сети близка к нулю ($x=0$, $y=0.5$), то она не особо уверена. Мы обновляем эти неопределенные прогнозы и оставляем прогнозы с большой долей достоверности в покое, умножая их на значения, почти равные нулю: `syn0 += np.dot(l0.T, l1_delta)` [9].

При помощи фотоскана формируется 3D-визуализация строящегося объекта с мельчайшими частицами до 2 см,



Рис. 3. Фотоскан храма Спаса Нерукотворного в Тульской области
Fig. 3. Photo scan of the Church of the Savior Not Made by Hands in the Tula region

```
import numpy as np
def nonlin(x,deriv=False):
    if(deriv==True):
        return f(x)*(1-f(x))
    return 1/(1+np.exp(-x))

X = np.array([ [0,0,1],
               [0,1,1],
               [1,0,1],
               [1,1,1] ])
y = np.array([ [0,0,1,1] ])
np.random.seed(1)
syn0 = 2*np.random.random((3,1)) - 1
for iter in xrange(10000):
    l0 = X
    l1 = nonlin(np.dot(l0,syn0))
    l1_error = y - l1
    l1_delta = l1_error * nonlin(l1, True)
    syn0 += np.dot(l0.T, l1_delta)
    print "Equivocation:"
    print l1
    Equivocation:
    [[ 0.00966449]
     [ 0.00786506]
     [ 0.99358898]
     [ 0.99211957]]
import numpy as np
```

Рис. 4. Нейросеть на Python (<https://habr.com/ru/post/271563/>)
Fig. 4. Neural network in Python (<https://habr.com/ru/post/271563/>)

а с помощью ИИ можно определить ход работ, на сколько процентов задача завершена, что еще предстоит сделать, что тормозит реализацию процесса, одновременно с этим происходит оптимизация календарных графиков в онлайн-режиме, что позволяет в кратчайшие сроки завершить строительство объекта с минимальными трудозатратами.

Выводы

Таким образом, профилактическое обслуживание является ядром производственных инноваций и включает в себя переосмысление и оптимизацию всей стратегии обслуживания в целом сверху донизу. Система на основе ИИ может отслеживать и оценивать сотни тысяч повреждений, генерировать отчеты для различных типов зданий с течением времени, а также информацию от датчиков, соединенных общей сетью, и в конечном итоге прогнозировать сроки износа и повреждения тех или иных объектов с достаточной степенью надежности, предупреждая об этом ремонтные бригады.

Исходя из вышесказанного, можно отметить, что робототехника, искусственный интеллект позволяют снизить стоимость строительства до 30 %. Руководителям

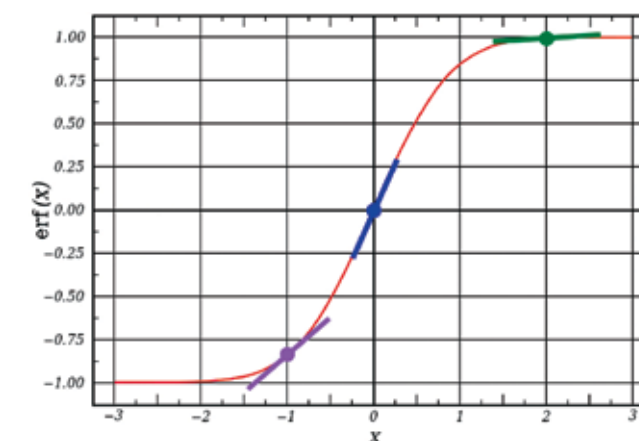


Рис. 5. Полное выражение: взвешенная по ошибкам производная
Fig. 5. Full expression: error-weighted derivative

строительных компаний следует уделять приоритетное внимание инвестициям в области, где ИИ может оказать наибольшее влияние на уникальные потребности их компаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mikhailova, E. Probabilistic assessment of the duration of construction of buildings and structures construction duration / E. Mikhailova // Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development – Organization and Technology of Construction Production, 2019 / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Scientific Conference, CATPID 2019, Kislovodsk, 01–05 October 2019. – Kislovodsk : Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 055009.

2. Gerber, B. Building information modeling in architecture, engineering, and construction: emerging research directions and trends / B. Gerber, K. Kensek // Journal of professional issues in engineering education and practice. – 2009. – P. 139–147.

3. The outlook of blockchain technology for construction engineering management / J. Wang, X. Wu, W. Wang, W. Shau // Frontiers of Engineering Management. – 2017. – Vol. 4, iss. 1. – P. 69–75.

4. Wadlow, T. Feature: How Artificial Intelligence Supports the Construction Industry / T. Wadlow // Technology Magazine : [website]. – 2018. – Date of publication: July 07, 2018.

5. Lee, K.-F. AI Superpowers: China, Silicon Valley, and the New World Order / K.-F. Lee. – Boston ; New York : Houghton Mifflin

REFERENCES

1. Mikhailova, E. Probabilistic assessment of the duration of construction of buildings and structures construction duration / E. Mikhailova // Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development – Organization and Technology of Construction Production, 2019 / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Scientific Conference, CATPID 2019, Kislovodsk, 01–05 October 2019. – Kislovodsk : Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 055009.

2. Gerber B., Kensek K., Building information modeling in architecture, engineering, and construction: emerging research directions and trends. Journal of professional issues in engineering education and practice, 2009, p. 139-147.

3. The outlook of blockchain technology for construction engineering management / J. Wang, X. Wu, W. Wang, W. Shau // Frontiers of Engineering Management. – 2017. – Vol. 4, iss. 1. – P. 69–75.

4. Wadlow, T. Feature: How Artificial Intelligence Supports the Construction Industry / T. Wadlow // Technology Magazine : [website]. – 2018. – Date of publication: July 07, 2018.

5. Lee, K.-F. AI Superpowers: China, Silicon Valley, and the New World Order / K.-F. Lee. – Boston ; New York : Houghton Mifflin Harcourt, 2018. – P. 25.

6. Savin, I. M. Developing a Timetable In a Resource-Limited Setting / I. M. Savin, E. M. Mikhailova // Nauka i kul'tura: poiski i otkrytiya : Materialy XIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Balashikha, 10 noyabrya 2021 goda [Science and culture: searches and discoveries : Materials of the XIV International Scientific and Practical Conference,

В ближайшие годы ожидается последующее увеличение эксплуатации технологий, нацеленных на коллаборацию с применением искусственного интеллекта в строительной отрасли.

Harcourt, 2018. – P. 25.

6. Савин, И. М. Developing a Timetable In a Resource-Limited Setting / И. М. Савин, Е. М. Михайлова // Наука и культура: поиски и открытия : Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Балашиха, 10 ноября 2021 года. – Балашиха, 2021. – С. 153–159.

7. Савин, И. М. Цифровизация государственных органов для организации строительства / И. М. Савин, С. А. Синенко // Молодежные инновации [электронный ресурс] : сборник материалов семинара молодых ученых (Вьетнам, г. Ханой, 23–26 сентября 2020 г.). – Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. – С. 35–39. – Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskayadeyatel'nost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>.

8. Макеева, Т. Ю. Некоторые особенности оптимизации затрат на создание высотных зданий и сооружений / Т. Ю. Макеева, И. М. Савин // Актуальные проблемы экономики, финансов и образования в условиях цифровизации : Материалы национальной межвузовской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Балашиха, 24 ноября 2021 г. – Балашиха : РГАЗУ, 2021. – С. 161–165.

9. Cobuild, C. English dictionary for advanced learners / C. Cobuild. – 6th ed. – Great Britain : Major New Edition, 2001. – 2604 p.

Balashikha, November 10, 2021]. – Balashikha, 2021. – P. 153–159.

7. Savin, I. M. Tsifrovizatsiya gosudarstvennykh organov dlya organizatsii stroitel'stva [Digitalization of state bodies for the organization of construction] / I. M. Savin, S. A. Sinenko // Molodezhnye innovatsii [ehlektronnyj resurs] : sbornik materialov seminar molodykh uchenykh (V'etnam, g. Khanoj, 23–26 sentyabrya 2020 g.) [Youth innovations [electronic resource] : collection of materials of the seminar of young scientists (Vietnam, Hanoi, September 23-26, 2020)]. – Moscow : Publishing House MISI – MGSU, 2020. – P. 35–39. – Rezhim dostupa [Access mode]: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskayadeyatel'nost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>.

8. Makeeva, T. Yu. Nekotorye osobennosti optimizatsii zatrat na sozdanie vysotnykh zdaniy i sooruzheniy [Some features of cost optimization for the creation of high-rise buildings and structures] / T. Yu. Makeeva, I. M. Savin // Aktual'nye problemy ehkonomiki, finansov i obrazovaniya v usloviyakh tsifrovizatsii : Materialy natsional'noj mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, Balashikha, 24 noyabrya 2021 g. [Actual problems of economics, finance and education in the conditions of digitalization: Materials of the national interuniversity scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists, Balashikha, November 24, 2021]. – Balashikha : RGAZU, 2021. – P. 161–165.

9. Cobuild, C. English dictionary for advanced learners / C. Cobuild. – 6th ed. – Great Britain : Major New Edition, 2001. – 2604 p.

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340_2022_2_57

Исследование организационно-технологических решений при сносе (демонтаже) зданий и сооружений

Study of Organizational and Technological Solutions for the Demolition (Dismantling) of Buildings and Structures

Кужин Марат Фаргатович

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, KuzhinMF@mgsu.ru

Kuzhin Marat Fargatovich

Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department «Technology and Organization Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, KuzhinMF@mgsu.ru

Алхамд Амар

Аспирант, кафедра «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

Alhamd Amar

Post graduate student of the Department «Technology and Organization Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26

Аннотация. В последние годы объемы работ по сносу зданий и сооружений значительно увеличились и носят массовый характер. Принятие оптимального решения при производстве демонтажных работ напрямую зависит от технико-экономических показателей, к которым относятся объем работ, продолжительность, трудоемкость, выработка, себестоимость, норма времени, норма машинного времени и норма выработки. Эти параметры можно определить с помощью расчетов или принятых нормативных показателей. Основными параметрами, которые необходимо учитывать в городских условиях и которые влияют на психофизическое состояние населения, являются величина и продолжительность шума, предельно допустимая запыленность и количество образующихся строительных отходов. В связи с этим были приняты законодательные ограничения в сфере их формирования и распространения как на региональном, так и на федеральном уровне. Вопросы технологии и организации строительных работ являются первостепенной задачей, решаемой при планировании строительных работ. Основной технологией при этом являются технологии, связанные с применением механического способа.

Цель исследования – предложить и обосновать оптимальный (рациональный) комплекс организационно-технологических параметров работ по демонтажу крупнопанельных жилых домов первой массовой серии в условиях реновации город-

Abstract. In recent years, the volume of demolition work has increased significantly and is massive. The adoption of the optimal decision in the production of dismantling works directly depends on the technical and economic indicators, which include. These parameters can be determined using calculations or accepted standard indicators. The main parameters that must be taken into account in urban conditions and affect the psychophysical state of the population are: the magnitude and duration of noise, the maximum allowable dust content and the amount of construction waste generated. In this regard, legislative restrictions were adopted in the sphere of their formation and distribution both at the regional and federal levels. Issues of technology and organization of construction work are a paramount task to be solved when planning construction work. The main technology in this case are technologies associated with the use of a mechanical method.

The purpose of the study is to propose and substantiate the optimal (rational) set of organizational and technological parameters for the dismantling of large-panel residential buildings of

ских территорий.

Методы исследования: теоретический анализ научно-технической литературы.

Результаты: получен исходный материал для разработки методики принятия организационно-технологических решений и анализа темы исследования.

Выводы. К настоящему времени разработано и внедрено в производство множество эффективных организационно-технологических решений, позволяющих ликвидировать объект с оптимальными организационно-технологическими параметрами. Эти решения используются в инновационных и традиционных технологиях демонтажа зданий во многих странах мира и позволяют обеспечить требуемые значения определенных организационно-технологических параметров. Организационно-технологические решения представляют собой комплекс организационных, технологических и технических мероприятий, от рационального выбора которых зависят оптимальные организационно-технологические параметры, позволяющие добиться ликвидации объекта одним из возможных способов: демонтажем или сносом, с наиболее выгодными показателями.

Ключевые слова: снос и демонтаж зданий, организационно-технологические решения, строительное производство, планирование, методы организации работ, технологии работ, продолжительность производства работ.

the first mass series in the conditions of renovation of urban areas.

Research methods: theoretical analysis of scientific and technical literature.

Results: source material was obtained for the development of a methodology for making organizational and technological decisions and analysis of the research topic.

Conclusions. To date, a lot of effective organizational and technological solutions have been developed and introduced into production, allowing to eliminate the object with optimal organizational and technological parameters. These solutions are used in innovative and traditional technologies for the dismantling of buildings in many countries of the world and make it possible to provide the required values of certain organizational and technological parameters. Organizational and technological solutions are a complex of organizational, technological and technical measures, on the rational choice of which the optimal organizational and technological parameters depend, allowing to achieve the liquidation of the object in one of the possible ways: dismantling

or demolition, with the most favorable indicators.
Keywords: demolition and dismantling of buildings, organizational and technological solutions, building production,

planning, methods of organizing work, work technologies, the duration of the work.

Введение

Существенная часть современного жилищного фонда России была построена в первый период индустриального домостроения. Значительная часть жилых домов страны, построенных в этот период, представляет собой крупнопанельные здания массовых серий. По данным официальной статистики, объем аварийного жилищного фонда с 1995-го по 2017-й годы вырос на 19,7 % и на данный момент имеет возрастающую тенденцию. Согласно данным Федеральной службы государственной статистики, аварийный жилищный фонд в стране с каждым годом увеличивается [1; 2]. На момент 2021 г. он составляет более 25 млн кв. м, что к концу 2024 г. может привести к необходимости расселять около 5 млн кв. м жилья [3; 4; 5]. Это означает, что данная проблема требует решения в ближайшее время, так как с истечением времени объемы аварийного жилья будут только увеличиваться. Таким образом, вопросы, связанные со сносом и демонтажем зданий жилищно-гражданского назначения, построенных в первый период индустриального домостроения, в котором значительное место занимают массовые серии зданий, являются чрезвычайно актуальными и востребованными в данный период.

Материалы и методы

Значительная часть современного жилищного фонда в России была построена в первый период промышленного домостроения, который начался в Москве с плана реконструкции столицы в 1951–1960 гг. и продолжался до конца 60-х гг. Значительную часть жилых домов жилищного фонда страны, построенных в этот период, составляют крупнопанельные дома массовых серий. Это означает, что эту проблему необходимо решать уже сегодня, так как с течением времени объем аварийного жилья будет только увеличиваться. Возникнет острая необходимость переселения огромного количества людей в новое жилье в сжатые сроки, что, учитывая ограниченность сроков строительства и доступность бесплатного жилья на рынке, осуществить будет крайне сложно [6; 7].

Снос зданий и сооружений является достаточно новым видом строительства. Несмотря на то, что подобные работы проводились и ранее, однако это носило точечный характер. В последние годы объемы данного вида работ значительно увеличились и носят массовый характер. Принятие оптимального (рационального) решения при производстве демонтажных работ напрямую зависит от технико-экономических показателей, к которым относятся объем работ, продолжительность, трудоемкость, выработка, себестоимость, норма времени, норма машинного времени и норма выработки. Эти параметры можно определить с помощью расчетов (расчета) или принятых нормативных показателей. Основными параметрами, которые необходимо учитывать в городских условиях и которые влияют на психофизическое состояние (здоровье) населения, являются величина и продолжительность

шума, предельно допустимая запыленность и количество образующихся строительных отходов. Наиболее трудно решаемыми проблемами, возникающими при производстве демонтажных работ, являются образующиеся шум и пыль. В связи с этим были приняты законодательные ограничения в сфере их формирования и распространения как на региональном, так и на федеральном уровне [8].

Основными вопросами организации строительного производства при сносе зданий и сооружений являются:

- вопросы технологии и организации строительных работ;
- вопросы планирования строительных работ;
- вопросы организации строительной площадки;
- вопросы утилизации и переработки строительных отходов.

Результаты

Вопросы технологии и организации строительных работ являются первостепенной задачей, решаемой при планировании строительных работ. Основными при этом являются технологии, связанные с применением механического способа. Данный способ является самым распространенным. Однако существуют объекты, для которых применение данного способа является весьма трудоемким. В международной практике известны технологии, позволяющие сносить и такие объекты. В качестве одной из первых технологий демонтажа использовалась именуемая как «срезать и опустить». Ее первое применение было успешно опробовано на офисных сооружениях, а именно на 20-этажном здании, чья высота составляла 76 метров, а кроме того – и на 17-этажном сооружении, чья высота составляла 65 метров. Упомянутая технология подразумевает под собой несколько стадий, таких как:

- 1) ликвидировать несущие элементы нижних этажей здания;
- 2) заменить несущие элементы непосредственно на гидравлические домкраты;
- 3) проведение демонтажа ненесущих элементов этажа;
- 4) проведение утилизации побочного строительного мусора;
- 5) снижение уровня домкратов с целью перехода на последующий этаж.

При первом подходе демонтажа ранее указанным способом сооружение теряет в своей высоте порядка 67,5 см. В результате этого можно сформулировать вывод о том, что на проведение демонтажа ранее упомянутых сооружений было затрачено по времени порядка 9 месяцев (в случае если принять высоту одного этажа равного трем метрам). Демонтаж сооружения современным способом, именуемым «срезать и опустить», уменьшило период сноса примерно на 15 %, если сопоставлять его с технологией взрыва. И стоит отметить, что этот временной период рассчитывался, принимая во внимание и утилизацию



Рис. 1. Технология «Cut and Take Down Method»
Fig. 1. Technology «Cut and Take Down Method»

строительного мусора [9; 10]. Однако при всем при этом стоимость современной технологии дороже на 5–10 %.

Стоит акцентировать внимание на том, что ранее рассмотренный способ демонтажа сооружения предназначается для тех зданий, чья высота составляет до 20 этажей. И когда перед инженерами из Японии была поставлена задача по проведению демонтажа 40-этажного сооружения, указанную технологию им пришлось несколько изменить и доработать с учетом особенностей высоты. Вследствие технического прогресса в области демонтажа сооружений ранее рассмотренный метод был несколько усовершенствован и именован как «Тесогер». В представленной технологии за основу был принят способ «сверху вниз». Вокруг этажей, где осуществляется демонтаж сооружения, строится соответствующая ограждающая конструкция. Посредством данной современной технологии воздух города загрязняется на 90 % меньше, а что касается шума от проводимых работ, то его можно сопоставить с шепотом, исходящим от человека [3]. Говоря о крыше демонтируемого сооружения, стоит отметить, что она остается в нетронутом виде непосредственно до последнего этапа. Крыша держится на временных опорах в качестве колонн, которые крепятся на два этажа ниже. В результате осуществляется полноценный демонтаж несущих элементов, а кроме того, и перекрытий заданного сооружения, а уже после этого их спускают вниз посредством крана (рисунок 1).

В рамках проведения демонтажных работ особое внимание следует уделять такой процедуре, как демонтаж перекрытий. Это обуславливается тем, что в случае неверного их демонтажа может случиться обрушение этажа либо всего сооружения сразу. Качественный демонтаж перекрытий зависит от двух факторов: от технического обеспечения и от квалифицированных специалистов, которые производят данную процедуру. В процессе осуществления рассматриваемой процедуры необходимо контролировать все действия. Перекрытия, которые подлежат демонтажу, могут быть вывезены с площадки и утилизированы как лом, а могут быть и демонтированы максимально аккуратно для того, чтобы можно было их использовать еще раз в строительных целях. Тем самым можно выделить и рассмотреть такой вид технологии, при котором производство демонтажных работ происходит без соответствующего обрушения сооружения. В данном случае производится прежде всего срез имеющихся стен, потом

приступают к срезу существующих перекрытий, и все длится до того момента, пока не достигнут фундамента.

Также при применении рассматриваемой технологии используются гидроразрывники, которые осуществляют действия, направленные на максимальное измельчение полученных отходов. В результате это способствует тому, что весь имеющийся мусор не приходится сортировать. В завершении стоит отметить главную особенность данной технологии, которая заключается в максимальном упрощении всех соблюдаемых норм в процессе работы.

Далее при осуществлении процедуры по демонтажу фундамента специалисты должны проявлять максимальную внимательность и соблюдать абсолютно все существующие правила безопасности с целью сохранности жизни, здоровья и правильности реализации выбранной технологии. Эта щепетильность обуславливается тем аспектом, что в представленном случае извлечение фундамента из самого грунта является полноценным. Также для успешной реализации этого процесса рекомендуется прибегать к наиболее новым и современным, в плане конструкции, экскаваторам и опираться на более инновационные, но уже проверенные методики процедуры демонтажа.

На сегодняшний день прослеживается тенденция к наибольшему спросу техники, который касается использования ковшей-дробилок, а кроме того – и мобильных дробильных установок. Это можно охарактеризовать тем

№ группы	Год постройки	Этажность	Серия проекта	Всего по Москве, м²
1	1956–1960	5	1605AM	36869
1	1956–1960	5	II-32	13918
1	1956–1960	5	II-23	11366
1	1956–1960	5	1МГ-300	10725
1	1956–1960	5	K-7	126016
2	1961–1965	4	K-7	143033
2	1961–1965	5	II-32	1138477
2	1961–1965	5	II-35	67733
2	1961–1965	5	1605AM	797993
2	1961–1965	5	1МГ-300	83266
2	1961–1965	5	K-7	2399998
3	1966–1970	5	I-32	40231
3	1966–1970	5	1605AM	199897
3	1966–1970	5	1МГ-300	22338
3	1966–1970	5	K-7	625573
4	1971–1975	5	1МГ-300	6333
4	1971–1975	5	K-7	7959

Табл. 1. Объекты типовых серий, подлежащие сносу
Tab. 1. Objects of standard series to be demolished

аспектом, что теперь переработать извлеченный железобетон непосредственно в щебень представляется возможным сразу на площадке. Главным нюансом при проведении демонтажа фундамента является то, что также необходимо производить сразу и демонтаж всех существующих на объекте коммуникаций. Это способствует предотвращению различных трудностей, с которыми могут столкнуться строители в процессе возведения на этом месте другого сооружения либо же в процессе необходимости закладки совершенно нового фундамента.

Снос зданий как целое направление в строительстве начало развиваться еще в конце 1990-х гг., когда начали выбывать из фонда построенные ранее объекты. Позднее в больших объемах начали сноситься панельные здания типовых серий и здания, построенные по индивидуальным проектам. Однако до настоящего времени технологии и общая техническая организация работ по сносу и демонтажу зданий не развивались должным образом. В последние годы данный вид строительных работ получил большое развитие. Вместе с тем начала развиваться и нормативно-методическая база. Если в предыдущие годы, как правило, сносились объекты высотой не более 5 этажей, то в последние годы назревает необходимость сноса зданий более новых серий с более высокой этажностью. Некоторые из таких объектов с описанием представлены в таблице 1.

Проведенные МНИИТЭП обследования техническое состояние жилых зданий второго периода индустри-

ального домостроения в г. Москве выявили дефекты в стыках наружных стеновых панелей и блоков, в кровлях, наружных стенах, перекрытиях и стеновых панелях. Физический износ наружных стен зданий типовых серий II-18, II-49, 1-515, И-209А, 1605 находится в пределах 10–20 % и 20–30 %, что соответствует хорошему и удовлетворительному состояниям. Фундаменты почти всех зданий имеют износ до 20 % [2]. О техническом состоянии демонтируемых конструкций свидетельствуют признаки, которые позволяют принимать решение о механическом ремонте или переработке на строительные материалы.

Заключение

Организационно-технологические решения представляют собой комплекс организационно-технологических и технических мероприятий, рациональный выбор которых определяет оптимальные (рациональные) организационно-технологические параметры, позволяющие добиться ликвидации объекта одним из возможных способов: демонтажем или сносом, с наиболее выгодными показателями. К настоящему времени разработано и внедрено в производство множество эффективных организационно-технологических решений, позволяющих ликвидировать объект с оптимальными (рациональными) организационно-технологическими параметрами. Эти решения используются в инновационных и традиционных технологиях демонтажа зданий во многих странах мира и позволяют обеспечить требуемые значения определенных организационно-технологических параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олейник, П. П. Организация работ по демонтажу зданий и сооружений / П. П. Олейник, В. И. Бродский // Механизация строительства. – 2016. – № 2. – С. 28–32.
2. Кужин, М. Ф. Оценка и выбор организационно-технологических параметров производства работ при устройстве навесных фасадных систем с воздушным зазором / М. Ф. Кужин. – DOI <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126304054> // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 9. – С. 61–62.
3. Мухаметзянов, З. Р. Формирование организационно-технологических решений в строительстве промышленных комплексов / З. Р. Мухаметзянов, П. П. Олейник. – DOI 10.33622/0869-7019.2019.11.35-41 // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 11. – С. 35–41.
4. Олейник П. П. Выбор рационального соотношения между способом и формой организации строительства / П. П. Олейник. – DOI 10.33622/0869-7019.2019.06.46-50 // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 6. – С. 46–50.
5. Methods for the formation and optimization of calendar plans for construction organizations / P. Olejnik, A. Yurgajtis, G. Voronina, A. Makarenko. – DOI 10.1051/mateconf/201825105037 // MATEC Web of Conferences : VI International Scientific Conference «Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education» (IPICSE-2018). – 2018. – Vol. 251, № 05037. – P. 8.

REFERENCES

1. Oleinik, P. P. Organizatsiya rabot po demontazhu zdaniy i sooruzhenij [Organization of works on dismantling of buildings and structures] / P. P. Oleinik, V. I. Brodsky // Mekhanizatsiya stroitel'stva [Mechanization of construction]. – 2016. – № 2. – P. 28–32.
2. Kuzhin, M. F. Otsenka i vybor organizatsionno-tekhnologicheskikh parametrov proizvodstva rabot pri

- (IPICSE-2018). – 2018. – Vol. 251, № 05037. – P. 8.
6. Lapidus, A. Redevelopment of urban areas / A. Lapidus, D. Topchij. – DOI 10.1051/e3sconf/202127406002 // E3S Web of Conferences : 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE – 2021). – 2021. – Vol. 274, № 06002. – P. 9.
7. Experience in the field of sustainability enhanced construction classification system / R. Lima, F. Salvado, M. J. F. Silva, P. Couto. – DOI 10.2495/BIM210021 // Paper presented at the WIT Transactions on the Built Environment. – 2021. – Vol. 205. – P. 15–24.
8. Waste management and possible directions of utilising digital technologies in the construction context / S. M. E. Sepasgozar, D. F. Mair, F. Tahmasebinia, S. Shirowzhan, H. Li, A. Richter, L. Yang, S. Xu. – DOI 10.1016/j.jclepro.2021.129095 // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 324.
9. Atta, I. Digitizing material passport for sustainable construction projects using BIM / I. Atta, E. S. Bakhom, M. M. Marzouk. – DOI 10.1016/j.job.2021.103233 // Journal of Building Engineering. – 2021. – Vol. 43, № 103233.
10. Construction and demolition waste in the Metropolitan City of Naples, Italy: State of the art, circular design, and sustainable planning opportunities / S. Cristiano, P. Ghisellini, G. D'Ambrosio, J. Xue, A. Nesticò, F. Gonella, S. Ulgiati. – DOI 10.1016/j.jclepro.2021.125856 // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 293, № 125856.

- ustrojstve navesnykh fasadnykh sistem s vozdushnym zazorom [Evaluation and selection of organizational and technological parameters of work in the installation of hinged facade systems with an air gap] / M. F. Kuzhin. – DOI <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126304054> // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2012. – № 9. – P. 61–62.
3. Mukhametzyanov, Z. R. Formirovanie organizatsionno-

- tekhnologicheskikh reshenij v stroitel'stve promyshlennykh kompleksov [Formation of organizational and technological solutions in the construction of industrial complexes] / Z. R. Mukhametzyanov, P. P. Oleinik. – DOI 10.33622/0869-7019.2019.11.35-41 // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2019. – № 11. – P. 35–41.
4. Oleinik P. P. Vybor ratsional'nogo sootnosheniya mezhdu sposobom i formoj organizatsii stroitel'stva [The choice of a rational relationship between the method and form of construction organization] / P. P. Oleinik. – DOI 10.33622/0869-7019.2019.06.46-50 // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2019. – № 6. – P. 46–50.
5. Methods for the formation and optimization of calendar plans for construction organizations / P. Olejnik, A. Yurgajtis, G. Voronina, A. Makarenko. – DOI 10.1051/mateconf/201825105037 // MATEC Web of Conferences : VI International Scientific Conference «Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education» (IPICSE-2018). – 2018. – Vol. 251, № 05037. – P. 8.
6. Lapidus, A. Redevelopment of urban areas / A. Lapidus, D. Topchij. – DOI 10.1051/e3sconf/202127406002 // E3S Web

УДК 69.058

DOI: 10.54950/26585340_2022_2_61

Оценка возможности дальнейшего использования железобетонных изделий с выявленными дефектами

Evaluation of the Possibility of Further Use of Reinforced Concrete Products with Identified Defects

Баулин Алексей Васильевич

Доцент, кандидат экономических наук, доцент кафедры Испытания сооружений, Институт строительства и архитектуры, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, BaulinAV@mgsu.ru

Baulin Aleksey Vasilievich

Docent, Ph. D., Associate Professor of the Department Testing Structures, Institute of Construction and Architecture, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, BaulinAV@mgsu.ru

Ермаков Валентин Алексеевич

Доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры Испытания сооружений, Институт строительства и архитектуры, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, Ermakov@mgsu.ru

Ermakov Valentin Alexeyevich

Docent, Ph. D., Associate Professor of the Department Testing Structures, Institute of Construction and Architecture, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, Ermakov@mgsu.ru

Аннотация. Цель. Авторами статьи рассмотрена возможность возведения специальных сооружений с использованием железобетонных изделий с классом бетона, не соответствующим проектной величине. Актуальность темы исследования связана с отсутствием в России поточного производства, а также ограниченным числом заводов-изготовителей, производящих железобетонные изделия для подобных объектов.

Методы. При входном контроле железобетонных стоек СОН (стойка опоры преднапряженная) методом упругого отскока была определена прочность бетона конструкции. В соответствии с СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции», рассчитана несущая способность стоек, выраженная величиной изгибающего момента.

Результаты. В результате контроля прочности бетона было определено, что только три стойки из восьми соответствуют проекту В30. Расчет несущей способности показал, что стойки могут быть приняты в эксплуатацию при снижении класса до В25. Таким образом, уже семь стоек из восьми могут быть приняты в эксплуатацию.

- of Conferences : 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE – 2021). – 2021. – Vol. 274, № 06002. – P. 9.
7. Experience in the field of sustainability enhanced construction classification system / R. Lima, F. Salvado, M. J. F. Silva, P. Couto. – DOI 10.2495/BIM210021 // Paper presented at the WIT Transactions on the Built Environment. – 2021. – Vol. 205. – P. 15–24.
8. Waste management and possible directions of utilising digital technologies in the construction context / S. M. E. Sepasgozar, D. F. Mair, F. Tahmasebinia, S. Shirowzhan, H. Li, A. Richter, L. Yang, S. Xu. – DOI 10.1016/j.jclepro.2021.129095 // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 324.9. Atta, I. Digitizing material passport for sustainable construction projects using BIM / I. Atta, E. S. Bakhom, M. M. Marzouk. – DOI 10.1016/j.job.2021.103233 // Journal of Building Engineering. – 2021. – Vol. 43, № 103233.
10. Construction and demolition waste in the Metropolitan City of Naples, Italy: State of the art, circular design, and sustainable planning opportunities / S. Cristiano, P. Ghisellini, G. D'Ambrosio, J. Xue, A. Nesticò, F. Gonella, S. Ulgiati. – DOI 10.1016/j.jclepro.2021.125856 // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 293, № 125856.

Выводы. Учитывая специфичный набор железобетонных конструкций, используемых при строительстве объектов энергетического назначения (в основном, это трансформаторные подстанции (ТП), силовые подстанции (ПС)), предлагается составить набор таблиц с указанием видов и параметров дефектов, при которых допускается использование подобных железобетонных изделий. Однако использование подобных конструкций должно происходить в исключительных случаях и не становиться причиной снижения качества строительно-монтажных работ. Представленный материал научной статьи представляет интерес для практического использования работниками строительных организаций, специалистами строительного контроля в области промышленного и гражданского строительства, а также для преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений строительного профиля.

Ключевые слова: энергетическое строительство, строительный контроль, входной контроль, стойки предварительно напряженные, контроль прочности бетона, метод упругого отскока, расчет несущей способности.

Abstract. Object. The authors of the article considered the possibility of constructing special structures using reinforced concrete products with a concrete class that does not correspond to the project. The relevance of the research topic is related to the lack of in-line production in Russia, as well as a limited number of manufacturing plants producing reinforced concrete products for such facilities.

Methods. During the construction control of reinforced concrete column PCC (prestressed column of concrete), the strength of the concrete structure was determined by the method of elastic rebound. In accordance with SP 63.13330.2018 the bearing capacity of the racks is calculated, expressed by the value of the bending moment.

Findings. As a result of the concrete strength control, it was determined that only three out of eight racks correspond to the project concrete grade B30. The calculation of the bearing capacity showed that the racks can be taken into operation when the class is reduced to concrete grade B25. Thus, already seven out of

eight racks can be accepted into operation.

Conclusions. Taking into account the specific set of reinforced concrete structures used in the construction of energy facilities (mainly transformer substations, power substations), it is proposed to compile a set of tables indicating the types and parameters of defects in which the use of such reinforced concrete products is allowed. However, the use of such structures should occur in exceptional cases and not cause a decrease in the quality of construction and installation work. The presented material of the scientific article is of interest for practical use by employees of construction organizations, construction control specialists in the field of industrial and civil construction, as well as for teachers, graduate students and students of higher educational institutions of the construction profile.

Keywords: energy construction, construction control, control, prestressed column, concrete strength control, elastic rebound method, bearing capacity calculation.

Введение

Заказчику, исполнителю строительных работ подчас просто невозможно проследить за правильностью выполнения всего комплекса работ по возведению зданий, а также за точностью их соответствия проектной документации. Ведь зачастую на одной стройплощадке одновременно работает несколько рабочих бригад, выполняющих различные процессы, и уследить за их добросовестностью бывает довольно трудно.

Для этой цели заказчик может привлечь квалифицированного специалиста-эксперта, который будет выполнять функцию строительного контроля – комплекса мероприятий, направленных на проверку соблюдения качества выполненных работ, на соответствие их принятым проектным решениям, нормативным документам, на соблюдение сроков строительства.

Как показывает опыт, привлечение к проекту независимой контролирующей организации позволяет заказчику сэкономить до 20–30 % от сметной стоимости строительного объекта, что делает привлечение независимых специалистов по строительному контролю во время строительно-монтажных работ (СМР) очень выгодным, даже с учетом необходимости непрерывного их присутствия на стройплощадке.

Помимо этого, привлечение службы строительного контроля дает возможность в 99 % случаев сдать объект в точном соответствии с проектной документацией и предотвратить возможность использования некачественных стройматериалов, нарушения технологий и отклонений от проекта и нормативных данных, что гарантирует качество выполнения работ и дальнейшую безаварийную эксплуатацию объектов [1–7].

Если говорить о стоимости проведения строительного контроля, то нормативы расходов заказчика на осуществление строительного контроля и нормативы численности работников заказчика, на которых возлагается обязанность по проведению контроля, определены в Постановлении Правительства РФ от 21 июня 2010 г. № 468 «Положение о проведении строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства».

Предусмотрено, что размер затрат заказчика исчисляется исходя из общей стоимости строительства (за исключением расходов на приобретение земельных участков) в базисном уровне цен по состоянию на 1 января 2000 года

(без НДС). При этом расчет производится с применением нормативов расходов заказчика, определенных в приложении к Положению, и указывается в главе 10 сводного сметного расчета стоимости строительства отдельной строкой «строительный контроль».

В своем желании сэкономить не все прибегают к такой услуге, как строительный контроль. Однако помощь профессионалов поможет значительно облегчить как сам процесс стройки, так и улучшить конечный результат. Экономленные деньги, качество и соблюдение всех документационных критериев – это то, что обеспечивают профессиональные работники строительного контроля. Услуги контроля за качеством строительства не будут лишней тратой денег, а наоборот, сэкономит их и сделает реализацию любого строительного проекта грамотным, позволяя долго эксплуатировать построенный объект.

Одной из главных задач представителя строительного контроля на объекте строительства является проведение входного контроля с целью обеспечения высокого качества строительства с использованием качественных строительных материалов, соответствующих проектно-сметной документации [8–10]. Цель входного контроля – проверить выполнение всех технологических требований, предусмотренных рабочим проектом, проектом производства работ, а также выявить и ликвидировать отклонения от проекта и исключить в дальнейшем возможность появления брака при выполнении СМР и монтаже оборудования.

Привлечение службы строительного контроля позволит заказчику вовремя выявить и предотвратить серьезные дефекты и нарушения, происходящие на строительной площадке, такие как:

- 1) несоблюдение проектных и нормативных требований, которые ведут к появлению трещин и деформаций сооружения;
- 2) необоснованное превышение первоначальной сметной стоимости;
- 3) нарушение геометрических, прочностных и защитных характеристик конструкций;
- 4) отрицательное воздействие на окружающую среду из-за использования дешевых строительных материалов, не указанных в документации;
- 5) срыв сроков производства работ.

Поставка на строительную площадку железобетонных изделий практически всегда связана с наличием каких-

либо отклонений от заявленных заводом-изготовителем параметров. В процессе проведения входного контроля с использованием измерительных средств исследуются геометрические размеры железобетонных изделий, качество поверхности, положение закладных деталей, неразрушающими методами контроля определяют прочностные характеристики бетона.

Расхождения в параметрах железобетонных изделий фиксируются в акте о выявленных дефектах оборудования (материалов), в акте входного контроля приема (поступления) оборудования (материалов) по титулу и подтверждается представителями подрядной организации и строительного контроля.

При этом если на одном из этапов проведения строительного контроля будет выявлено какое-либо нарушение, то стройка будет остановлена до полного устранения выявленного дефекта. При возникновении малейшего сомнения в качестве поступивших строительных материалов службой строительного контроля проводится проверка сертификатов, ценового соответствия материалов и конструкций сметной стоимости.

В отдельных спорных случаях требуется проведение судебной строительной экспертизы для определения степени разрушений, повреждений и дефектов в изделиях, а также для оценки их дальнейшего использования в строительстве объекта. Организацию проведения экспертизы инициирует застройщик, защищая тем самым свои интересы во время строительства [11–14].

Вопросы о возможности дальнейшего использования изделий и конструкций с выявленными в процессе проведения входного контроля незначительными отклонениями от заявленных в проектной документации характеристик задаются довольно часто как со стороны подрядчика, так и со стороны застройщика.

Особенно актуальной эта проблема предстает при возведении сооружений для отдельных отраслей экономики страны, например при строительстве объектов для энергетического комплекса с использованием преднапряженных конструкций в условиях особых воздействий [15–21]. Если говорить конкретно о железобетонных изделиях, то связано это, в первую очередь, с отсутствием поточного производства изделий и конструкций, используемых при строительстве объектов энергетической направленности. Кроме этого, можно отметить крайне ограниченное число заводов-изготовителей, разбросанных по всей стране, производящих подобные изделия.

Следствием такого положения являются увеличение сроков поставки, увеличение себестоимости изготовления железобетонных изделий и конструкций ввиду их штучного, по сути, производства, значительная трудоемкость оформления документов при фиксации выявленных дефектов в поступивших на строительную площадку изделиях и конструкциях (как правило, такие документы оформляются с обязательным вызовом представителей завода-изготовителя), участие в арбитражных судебных процессах в случае разногласий при определении причин возникновения дефектов.

Отбраковка железобетонных изделий влечет за собой дополнительные издержки, связанные с повторным заказом и изготовлением железобетонных изделий, их транспортировкой до места использования, корректировкой календарных планов строительства объектов.

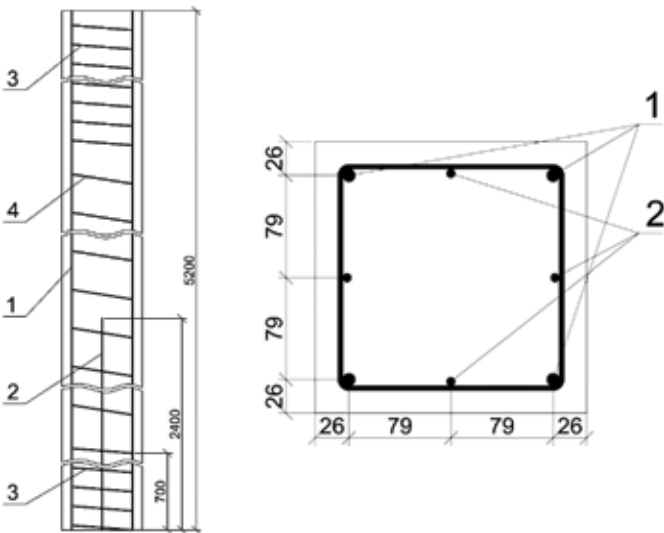


Рис. 1. Схема армирования стойки СОН: а) вид спереди; б) поперечное сечение; 1 – напрягаемая арматура класса А800 Ø14; 2 – ненапрягаемая арматура класса А800 Ø14; 3 – поперечная спираль в опорных частях с шагом 50 мм класса А240 Ø4; 4 – поперечная спираль в центральной части с шагом 100 мм класса А240 Ø4

Fig. 1. Scheme of the reinforcement of the PCC column: (a) front view; (b) cross section; 1 – prestressing reinforcement class А800 Ø14; 2 – non-tensioned reinforcement class А800 Ø14; 3 – transverse spiral reinforced in the bearing parts with a spacing of 50 mm class А240 Ø4; 4 – transverse spiral in the central part with a spacing of 100 mm class А240 Ø4

Материалы и методы

Вследствие отсутствия нормативных документов, касающихся использования железобетонных изделий с выявленными дефектами при строительстве объектов энергетического профиля, рассмотрим в качестве примера наиболее используемые в сфере энергетического строительства железобетонные изделия, а именно стойки СОН (стойка опор предварительно напряженная).

Для этого необходимо определить зависимость несущей способности железобетонных изделий с имеющимися отклонениями по качеству бетона и геометрическим размерам от нагрузки, действующей на них.

При производстве железобетонных стоек СОН применяется высококачественный тяжелый бетон марки В30. Тяжелый бетон обладает высокими показателями по водонепроницаемости (W2–W8) и по морозостойкости (F100–F200). Железобетонные стойки армируются стальным каркасом. На рисунке 1 представлена схема армирования стойки СОН 52 39-1.

Номер стойки	Величина отскока, мм					Среднее значение отскока, мм	Среднее значение прочности бетона, МПа	Фактический класс бетона В*, МПа	Класс бетона В, МПа
	1	2	3	4	5				
1	41,0	42,0	40,5	41,5	40,5	41,1	35,69	B32,8	B30
2	40,5	41,0	40,0	40,5	40,0	40,4	34,28	B33,1	B30
3	38,0	39,0	38,0	37,5	38,5	38,2	29,83	B27,7	B25
4	37,5	38,0	38,5	37,0	38,0	37,8	29,03	B26,9	B25
5	34,5	35,0	34,5	35,5	34,5	34,8	22,97	B21,6	B20
6	38,5	39,0	38,5	38,0	37,5	38,3	30,04	B27,9	B25
7	41,5	43,0	41,5	42,0	41,0	41,8	37,11	B33,3	B30
8	39,0	39,5	39,0	40,0	38,5	39,2	31,85	B29,7	B25

Табл. 1. Результаты определения прочности бетона стойки в условиях строительной площадки (с учетом отбракованных значений отскоков)

Tab. 1. The results of determining the strength of the concrete of the column in the conditions of the construction site (taking into account the rejected rebound values)

Исходя из специфики эксплуатации, стойки СОН за проектированы для работы в экстремальных условиях, имеют высокие показатели по сейсмостойчивости (могут выдерживать колебания до 6 баллов), воздействию взрывной волны, воздействию полезной нагрузки, т. е. такие изделия способны воспринимать как вертикальные, так и горизонтальные нагрузки.

Монтируются стойки СОН путем установки в скважины или фундаментные стаканы с последующим бетонированием, если грунт основания пучинистый и подвижный.

При проведении строительного контроля могут быть обнаружены дефекты на железобетонных изделиях, а именно: продольные трещины, сколы защитного слоя бетона, смещение арматурного каркаса, пористость поверхности, шелушение поверхности (следствие заморозки бетона).

Результаты

Например, при проведении испытания стоек СОН-52-39-1 в условиях строительной площадки методом упругого отскока измерителем прочности бетона RGK SK-60 на основе определенной ранее градуировочной зависимости получена прочность бетона и фактический класс бетона (таблица 1). На каждом участке стойки было произведено 10 испытаний в области 10x10 см, однако в таблице 1 приведены основные результаты с учетом отбракованных значений. Фактический класс бетона определяется с учетом статистической обработки. Результирующий класс бетона В конструкции принимается как ближайший меньший в соответствии с СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции».

Согласно документу о качестве, предоставленного заводом-изготовителем, марка бетона по прочности стоек СОН – В30 ($R_b=17$ МПа).

Анализ таблицы 1 показывает, что прочность конструкций стоек соответствует заявленной в трех случаях из восьми. Стойки СОН формально подлежат замене. Однако, учитывая удаленность завода-изготовителя, отсутствие массового изготовления изделий для энергетического строительства, сроки строительства объекта, было решено провести проверочный расчет стойки СОН с целью использования железобетонных изделий с выявленными дефектами.

Расчет несущей способности (предельной величины изгибающего момента), проведенный в соответствии с пособием к СП 52-102-2003, представлен на рисунке 2.

Обсуждение

Анализ зависимости несущей способности стойки от фактического класса бетона показывает, что конструкция может быть принята в эксплуатацию, при снижении прочности конструкции на сжатие до $R_b=14,5$ МПа (В25).

Таким образом, в соответствии с результатами контроля прочности, уже семь конструкций из восьми могут быть приняты в эксплуатацию. Оставшуюся стойку, при необходимости, возможно, усилить металлической обой-

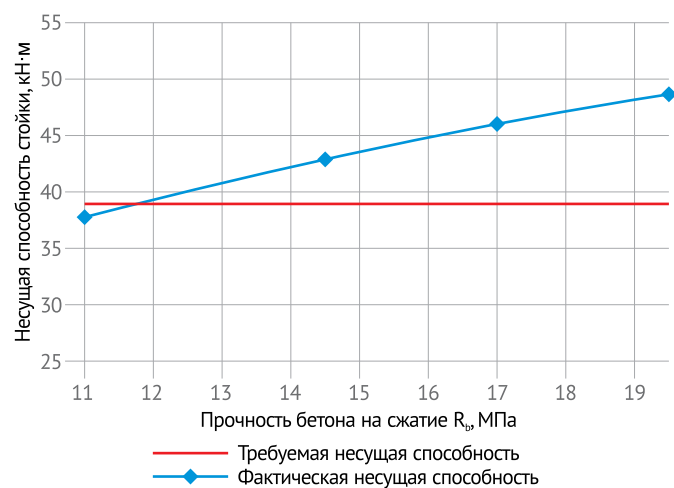


Рис. 2. Зависимость несущей способности стойки СОН-52-39-1 от фактического класса бетона

Fig. 2. Dependence of the bearing capacity of the column PCC-52-39-1 on the actual concrete grade

мой выше уровня грунта, что требует разработки проекта усиления.

Данный подход аналогично может быть применен к другим конструкциям и другим типам выявленных дефектов на объекте строительства.

Учитывая стандартный набор железобетонных конструкций, используемых при строительстве объектов энергетического назначения (в основном, это ТП, ПС), целесообразно составить набор таблиц с указанием видов и параметров дефектов, при которых допускается использование подобных железобетонных изделий, что должно быть использовано в исключительных случаях и не должно служить причиной снижения качества изготовления железобетонных конструкций на заводе-изготовителе и объекта строительства в целом.

Окончательное решение о дальнейшем использовании железобетонных конструкций и отдельных элементов с выявленными дефектами принимается при условии обязательного согласования с заказчиком объекта строительства и проектной организацией.

Заключение

Рассмотрению возможности использования железобетонных изделий с отклонениями по геометрическим и прочностным параметрам, выявленными в процессе проведения входного контроля, в технической литературе уделяется очень мало внимания. Вместе с тем, исходя из практики проведения строительного контроля, такая проблема существует. Поэтому авторы статьи сделали попытку обосновать мнение, что в исключительных случаях, при проведении всех необходимых согласований, в эксплуатацию могут быть приняты элементы, не соответствующие паспорту изделия, в соответствии с разработанными регламентирующими таблицами. При этом должна обеспечиваться нормативная эксплуатация отдельных изделий и объекта в целом.

М. С. Риваненко // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 9. – С. 137–141.

3. Васильев, М. Д. Строительный контроль / М. Д. Васильев, П. Д. Карастоянов // Экономика и социум. – 2018. – № 10. – С. 156–158.

4. Баулин, А. В. Строительный контроль в проекте производства работ / А. В. Баулин, А. С. Перунов // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 4. – С. 1–12.

5. Анпилов, С. М. Строительный контроль, как правовое средство, обеспечивающее надлежащее исполнение подрядных работ / С. М. Анпилов, А. В. Михайлов, А. Н. Сорочайкин // Эксперт: теория и практика. – 2021. – № 2. – С. 77–91.

6. Шинкевич, В. А. Строительный контроль при устройстве буронабивных свай при возведении подземных сооружений / В. А. Шинкевич, В. В. Яриз, Д. А. Грес // Сметно-договорная работа в строительстве. – 2020. – № 12. – С. 23–29.

7. Олейник, П. П. Строительный контроль как стратегия повышения качества зданий и сооружений / П. П. Олейник, А. Д. Улитина // Промышленное и гражданское строительство. – № 4. – 2020. – С. 22–27.

8. Коблова, Е. А. Контроль качества строительных конструкций / Е. А. Коблова, Р. Б. Гарибов // I Международная научно-техническая конференция «Долговечность и надежность строительных материалов и конструкций в эксплуатационной среде», Балаково, 14 декабря 2017 года. – Москва : Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2017. – С. 246–254.

9. Тарасов, А. А. Анализ качества организации строительных работ / А. А. Тарасов // Аллея науки. – 2018. – Т. 1, № 5. – С. 287–291.

10. Гончаров, А. Г. Современные методы операционного контроля качества СМР / А. Г. Гончаров, Д. В. Барамыкин // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2018. – С. 1800–1804.

11. Топчий, Д. В. Комплексный строительный надзор: требования и необходимость / Д. В. Топчий // Технология и организация строительного производства. – 2014. – № 1. – С. 46–47.

12. Бейбутян, Г. В. Актуальные проблемы строительно-технической судебной экспертизы / Г. В. Бейбутян // Master's Journal. – 2020. – № 2. – С. 82–85.

13. Бебес, А. О. Необходимость строительных экспертиз в случае споров и разногласий, возникающих из-за строительных договоров / А. О. Бебес, М. А. Воронин, А. А. Гаврилов, В. В. Овченков, В. С. Беляк // Экономика и предпринимательство. –

REFERENCES

1. Aktual'nye napravleniya sovershenstvovaniya stroitel'nogo kontrolya pri realizatsii ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva, rekonstruktsii i pereprofilirovaniya [Relevant directions of improving the construction supervision in the implementation of capital construction, reconstruction and conversion] / D. V. Topchiy, A. Y. Yurgaitis, D. D. Zueva, E. S. Babushkin // Perspektivy nauki [Prospects of science]. – 2018. – № 12. – P. 20–29.
2. Rivanenko, M. S. Mezhdunarodnyy opyt primeneniya ehkspertnykh organizatsiy v sfere gosudarstvennogo kontrolya [International experience of using expert organizations in the field of state construction control] / M. S. Rivanenko // Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and business: ways of development]. – 2020. – № 9. – P. 137–141.
3. Vasiliev, M. D. Stroitel'nyj kontrol' [Building control] / M. D. Vasiliev, P. D. Karastoyanov // Ehkonomika i sotsium [Economics and Society]. – 2018. – № 10. – P. 156–158.
4. Baulin, A. V. Stroitel'nyj kontrol' v proekte proizvodstva rabot [Construction control in the project for the production of works] / A. V. Baulin, A. S. Perunov // Inzhenernyj vestnik Dona. [Engineering Bulletin of the Don]. – 2021. – № 4. – P. 1–12.
5. Anpilov, S. M. Stroitel'nyj kontrol', kak pravovoe sredstvo, obespechivayushchee nadlezhashchee ispolnenie podryadnyh rabot [Construction control as a legal measure for the proper execution of the contract work] / S. M. Anpilov, A. V. Mikhailov, A. N. Sorochaykin // Ehkspert: teoriya i praktika [Expert: theory and practice]. – 2021. – № 2. – P. 77–91.
6. Shinkevich, V. A. Stroitel'nyj kontrol' pri ustroystve buronabivnyh svay pri vozvedenii podzemnyh sooruzhenij [Construction control during the installation of bored piles during the construction of underground structures] / V. A. Shinkevich, V. V. Yarz, D. A. Gres // Smetno-dogovornaya rabota v stroitel'stve [Estimated and contractual work in construction]. – 2020. –

2021. – № 4. – С. 1158–1163.

14. Мещерякова, О. К. Статистика и аналитика судебных экономических экспертиз / О. К. Мещерякова, А. М. Калачева // Строительство и недвижимость. – 2020. – № 1. – С. 126–130.

15. Белянкина, О. В. Оценка напряженного состояния стойки методом конечных элементов / О. В. Белянкина // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – № 10. – С. 218–224.

16. Эдилян, С. В. Предварительно напряженные стойки опор линий электропередач СВ 105 / С. В. Эдилян, Х. С. Явруян // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – 2018. – № 9. – С. 221–224.

17. Муртузов, М. М. Анализ проектирования и методов расчета предварительно напряженных конструкций и зданий / М. М. Муртузов // Научный альманах. – 2020. – № 9-2. – С. 48–53.

18. Байрамуков, С. Х. Прогнозы частично предварительно напряженных железобетонных конструкций при повторных нагрузках / С. Х. Байрамуков, К. Е. Шимиго, Д. А. Борохова // Известия Северо-Кавказской государственной академии. – 2019. – № 3. – С. 50–55.

19. Смоляго, Е. Г. Экспериментальные исследования трещиностойкости предварительно напряженных сборно-монолитных изгибаемых железобетонных элементов / Е. Г. Смоляго, А. Н. Луценко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2010. – № 1. – С. 68–72.

20. Расчет предварительно напряженных железобетонных элементов конструкций с учетом ползучести бетона / В. С. Рыков, Н. И. Дьячков, И. И. Жуликов, А. М. Мельников // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2002. – № 2. – С. 20.

21. Савин, С. Ю. Устойчивость внецентренно сжатых железобетонных элементов при особых воздействиях с учетом деформаций сдвига / С. Ю. Савин // Вестник МГСУ. – 2021. – Т. 16, № 1. – С. 49–58.

№ 12. – P. 23–29.

7. Oleinik, P. P. Stroitel'nyj kontrol' kak strategiya povysheniya kachestva zdaniy i sooruzhenij [Construction control as a strategy for improving the quality of buildings and structures] / P. P. Oleinik, A. D. Ulitina // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – № 4. – 2020. – P. 22–27.

8. Koblova, E. A. Kontrol' kachestva stroitel'nykh konstrukcij [Quality control of building structures] / E. A. Koblova, R. B. Garibov // I Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Dolgovechnost' i nadyozhnost' stroitel'nykh materialov i konstruktsij v ehkspluatatsionnoj srede» [I International Scientific and Technical Conference «Durability and reliability of building materials and structures in the operating environment», Balakovo, December 14, 2017]. – Moscow : National Research Nuclear University «MEPhI», 2017. – P. 246–254.

9. Tarasov, A. A. Analiz kachestva organizatsii stroitel'nyh rabot [Analysis of the quality of the organization of construction works] / A. A. Tarasov // Alleya nauki [Alley of Science]. – 2018. – Т. 1, № 5. – P. 287–291.

10. Goncharov, A. G. Sovremennye metody operacionnogo kontrolya kachestva SMR [Modern methods of operational quality control of construction and installation works] / A. G. Goncharov, D. V. Baramykin // Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh BG TU im. V. G. Shukhova [International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of BSTU named after V. G. Shukhov]. – 2018. – P. 1800–1804.

11. Topchy, D. V. Kompleksnyj stroitel'nyj nadzor: trebovaniya i neobhodimost' [Complex construction supervision: requirements and the need] / D. V. Topchiy // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – 2014. – № 1. –

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные направления совершенствования строительного контроля при реализации объектов капитального строительства, реконструкции и перепрофилирования / Д. В. Топчий, А. Ю. Юргайтис, Д. Д. Зуева, Е. С. Бабушкин // Перспективы науки. – 2018. – № 12. – С. 20–29.
2. Риваненко, М. С. Международный опыт применения экспертных организаций в сфере государственного контроля /

- P. 46–47.
12. Beibutian, G. V. Aktual'nye problemy stroitel'no-tekhnicheskoy sudebnoj ekspertizy [Topical problems of carrying out technical forensic expertize] / G. V. Beibutyan // Master's Journal [Master's Journal]. – 2020. – № 2. – P. 82–85.
 13. Neobhodimost' stroitel'nyh ekspertiz v sluchae sporov i raznoglasiy, vznikayushchih iz-za stroitel'nyh dogovorov [The need for construction expertise in case of disputes and disagreements arising from construction contracts] / A. O. Bebes, M. A. Voronin, A. A. Gavrilov, V. V. Ovchenkov, V. S. Belyak // Ehkonomika i predprinimatel'stvo [Economy and entrepreneurship]. – 2021. – № 4. – P. 1158–1163.
 14. Meshcheryakova, O. K. Statistika i analitika sudebnyh ekonomicheskikh ekspertiz [Statistics and analysis of judicial economic expertise] / O. K. Meshcheryakova, A. M. Kalachyova // Stroitel'stvo i nedvizhimost' [Construction and real estate]. – 2020. – № 1. – P. 126–130.
 15. Belyankina, O. V. Otsenka napryazhennogo sostoyaniya stojki metodom konechnykh elementov [Evaluation of the stressed state of a column by the finite element method] / O. V. Belyankina // Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten' [Mining Information and Analytical Bulletin]. – 2008. – № 10. – P. 218–224.
 16. Edilyan, S. V. Predvaritel'no napryazhennye stojki opor linij ehlektroperedach SV 105 [Preliminary stressed steel support lines of electric transmission lines SV 105] / S. V. Ehdilyan, K. S. Yavruyan // Resursoehnergoeffektivnye tekhnologii v stroitel'nom komplekse regiona [Resource and energy efficient technologies in the construction complex of the region]. – 2018. – № 9. – P. 221–224.
 17. Murtuzov, M. M. Analiz proektirovaniya i metodov rascheta predvaritel'no napryazhennykh konstrukcij i zdaniy [Analysis of design and calculation methods for prestressed structures and buildings] / M. M. Murtuzov // Nauchnyj al'manakh. [Scientific almanac]. – 2020. – № 9-2. – P. 48–53.
 18. Bayramukov, S. Kh. Progiby chastichno predvaritel'no napryazhennykh zhelezobetonnykh konstrukcij pri povtornykh nagruzkah [Deflections of partially prestressed reinforced concrete structures at repeated loads] / S. Kh. Bajramukov, K. E. Shimigon, D. A. Borokhova // Izvestiya Severo-Kavkazskoj gosudarstvennoj akademii [Proceedings of the North Caucasian State Academy]. – 2019. – № 3. – P. 50–55.
 19. Smolyago, E. G. Eksperimental'nye issledovaniya treshchinnostojkosti predvaritel'no napryazhennykh sborno-monolitnykh izgibaemykh zhelezobetonnykh elementov [Experimental studies of column resistance of prestressed precast-monolithic bending reinforced concrete elements] / E. G. Smolyago, A. N. Lutsenko // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova [Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov]. – 2010. – № 1. – P. 68–72.
 20. Raschyot predvaritel'no napryazhennykh zhelezobetonnykh elementov konstrukcij s uchetom polzuchesti betona [Calculation of prestressed reinforced concrete elements of structures taking into account the creep of concrete] / V. S. Rykov, N. I. Dyachkov, I. I. Zhupikov A. M. Melnikov // Problemy mashinostroeniya i avtomatizatsii [Problems of mechanical engineering and automation]. – 2002. – № 2. – P. 20.
 21. Savin, S. Yu. Ustojchivost' vnecentrenno szhatykh zhelezobetonnykh elementov pri osobykh vozdeystviyah s uchetom deformacij sdviga [Stability of eccentrically compressed reinforced concrete elements under special impacts with account taken of shear deformations] / S. Yu. Savin // Vestnik MGSU [Vestnik MGSU]. – 2021. – Т. 16, № 1. – P. 49–58.

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340_2022_2_66

Отраслевые базовые классы как инструмент для определения объемов строительных работ

Industry Base Classes as a Tool for Determining the Volume of Construction Work

Павлов Александр Сергеевич

Профессор, доктор технических наук, заместитель руководителя департамента экспертизы и оптимизации проектных решений, АО «Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций» (ВНИИАЭС), Россия, 109507, Москва, Ферганская улица, 25; профессор кафедры «Строительство объектов тепловой и атомной энергетики», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26; a.s.pavlov@inbox.ru

Pavlov Alexander Sergeevich

Professor, Dr. Sc., Deputy Chief of Department of Examination and Optimization of Project Decisions, Joint Stock Company «All-Russian Research Institute for Nuclear Power Plants Operation» (VNIIAES), Russia, 109507, Moscow, Ferganskaya ulitsa, 25; Professor of the Department of Construction of Thermal and Nuclear Power Facilities, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26; a.s.pavlov@inbox.ru

Каракозова Ирина Викторовна

Доцент, кандидат технических наук, заместитель начальника управления разработки и актуализации нормативно-методической документации, ГАУ города Москвы «Научно-исследовательский аналитический центр» (ГАУ «НИАЦ»), Россия, 125047, Москва, 1-я Брестская улица, 27; доцент кафедры «Менеджмент и инновации», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26; i.kar@inbox.ru

Karakozova Irina Viktorovna

Associate Professor, Ph. D., Deputy Head of the Department, Management of Development and Updating of Regulatory and Methodological Documentation, Moscow State Autonomous Institution Research Analytical Center (NIAZ), Russia, 125047, Moscow, 1st Brestskaya ulitsa, 27; Associate Professor, Department «Management and Innovation», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26; i.kar@inbox.ru

Аннотация. Цель. Отраслевые базовые классы (Industry Foundation Classes – IFC) являются универсальным форматом данных для цифрового описания строительного проекта. Однако в первую очередь они применяются для передачи геометрических и физических данных между системами автоматизированного проектирования. Для передачи информации другим участникам строительства этих данных может быть недостаточно.

Методы. Отраслевые базовые классы играют роль универсального языка общения между компьютерными технологиями и приложениями. В языках объектно-ориентированного программирования они могут быть применены непосредственно в виде классов. Классы описывают элементы строительных конструкций, пространственное членение зданий и сооружений, геометрические и физические свойства элементов, а также их отношения между собой. Описываются основы структуры классов.

Результаты. Установлен ряд недостатков формата, сдержи-

Abstract. Object. Industry Foundation Classes (IFC) act as the universal format of data for the digital description of the construction project. However, they are first of all applied to transfer of geometrical and physical data between computer-aided engineering systems. These data can be insufficient for the information transfer to other participants of construction.

Methods. Industry Foundation Classes is the main semantic part of the open standards. They play the role of universal language of communication between computer technologies and appendices. They can be applied in the languages of object-oriented programming directly in the form of classes. Classes describe the elements of building structures, space partitioning of buildings and structures, geometrical and physical properties of elements as well as their relations among each other. The bases of the classes structure are described.

Findings. Some disadvantages of the format constraining the broad use of information technologies during modeling buildings, are revealed. Thus, despite complexity of a format, there are no

Введение

Отраслевые базовые классы являются универсальным форматом данных для цифрового описания строительного проекта, однако применяются в первую очередь для связи различных систем автоматизированного проектирования между собой, для передачи информации на этапах проектирования [1], а также для поиска коллизий [2] и визуализации [3]. Для передачи информации другим участникам строительства (экспертам, подрядчикам, эксплуатирующей организации) этих данных может быть недостаточно [4]. Использование BIM при передаче данных через границы различных этапов жизненного цикла строительного объекта еще требует своего решения [5; 6]. Определенные сложности вызывают попытки описать объекты, изменяющиеся во время эксплуатации здания, указать количество копий модели и, напротив, распознать несколько вариантов конструкций, расположенных на одном чертеже [7].

Особенно важна достоверная передача информации для специалистов по организации и технологии строительства, разработчиков проектов организации строительства и проектов производства работ [8]. В некоторых работах высказывается мнение о необходимости обогащать информационную модель дополнительными семантическими свойствами [9; 10]. Поэтому целесообразно привлекать интерактивные средства для преобразования информации в нужную форму и обогащения модели необходимыми свойствами. Авторами предложена методи-

вающих широкое применение информационных технологий при моделировании зданий. В частности, несмотря на сложность формата, в перечне основных классов отсутствуют описания многих используемых строительных конструкций. Отсутствует описание конструкций подземных, транспортных, гидротехнических и других сооружений. Выгрузка чертежа САПР и обратная загрузка в ту же самую систему не во всех случаях обеспечивает полную передачу информации. Разработка конкретных систем САПР опережает возможности универсального формата.

Выводы. В результате исследований выявились некоторые недостатки формата IFC, в частности, недостаточность структуры данных для описания строительно-монтажных работ, соответствующих конструктивному решению здания и принятой в проекте технологии производства работ.

Ключевые слова: информационная технология, информационное моделирование зданий, основные базовые классы, автоматизированное проектирование, классификация, организация строительства, технология строительства, BIM, IFC.

descriptions of many used building structures in the list of the main classes. There is no description of structures of underground, transport, hydraulic engineering and other constructions. Unloading of the CAD drawing and the return loading in the same system does not provides complete information transfer in all the cases. The development of the CAD concrete systems advances possibilities of the universal format.

Conclusions. Some disadvantages of the IFC format, such as insufficiency of the data structure for the selection of the installation and construction works corresponding to the constructive solution of the building, come to light as the result of the research. for completion It is necessary to conduct purposeful dialogue with the user for the elimination this shortcoming.

Keywords: information technology, buildings information modeling, Industry Foundation Classes, computer-aided design, classification, organization of construction, technology of construction, BIM, IFC.

ка извлечения информации в нужном виде для передачи далее по технологической цепочке. Разработано соответствующее программное обеспечение, проведены тестовые расчеты.

Материалы и методы

Отраслевые базовые классы (*Industry Foundation Classes – IFC*) начиная с 1996 г. разрабатываются Международным альянсом по интероперабельности, который ныне называется консорциумом «buildingSMART Int. Ltd». IFC являются частью группы открытых стандартов, обеспечивающих процессы обмена информацией между участниками строительства на протяжении всего жизненного цикла объекта.

Такие стандарты, основными из которых являются модели данных (собственно IFC), словари и процессы передачи информации, носят название «Open BIM». Основное содержание «Open BIM» описано в международных стандартах ISO¹.

IFC являются основной смысловой, семантической частью открытых стандартов. Они играют роль универсального языка общения между компьютерными технологиями и приложениями [2; 11]. Стандарты опубликованы также на русском языке как ГОСТ Р². Изданы также своды правил³, которые имеют более узкое применение.

Стандарты не привязаны к какой-то конкретной компьютерной программе, однако большинство современных систем САПР (AutoCAD, ArchiCAD, Nemetschek, Tekla, Renga и др.) могут выдавать информацию о проекте в

формате IFC. Последней разрабатываемой версией формата является IFC 4.2.

В языках объектно-ориентированного программирования IFC могут быть применены непосредственно в виде классов. Для описания данных используются наименования и структура взаимодействия классов. Совокупность классов делится на четыре уровня, описывающих основные понятия:

- уровень функциональных областей, или доменов (*Domain layer*): архитектура, конструкции, электрика, инженерные сети, управление строительством и др.;
- уровень функциональной совместимости (*Interoperability layer*): разделяемые всеми понятия компонентов, элементов, оборудования и др.;
- основной уровень (*Core layer*): ядро классов, продукция, процессы, управление;
- уровень ресурсов (*Resource layer*): единицы измерения, понятия геометрии, топологии, материалов и других свойств.

С точки зрения передачи конкретных данных строительных объектов нас интересует более всего основной уровень, в частности классы, описывающие продукцию. Эти классы должны быть использованы в BIM-моделях и переданы программными средствами САПР. Ядро классов основного уровня определяет такие понятия, как объект, свойство и др.

Наименование класса начинается с префикса «*Ifc*», и используют так называемый «стиль языка Паскаль», при котором составляющие слова пишутся с большой буквы, но не разделяются пробелами или другими знаками. Классы образуют иерархическую структуру, причем нижележащие классы наследуют свойства вышележащих. Формальным классом самого верхнего уровня является корневой класс *IfcRoot*, содержащий такие атрибуты, как наименование, описание, глобальный идентификатор. Соответственно, все нижележащие классы будут без дополнительного упоминания иметь эти атрибуты. От корневого класса образуются такие понятия, как объект (*IfcObject*), свойство (*IfcPropertyDefinition*), отношение (*IfcRelationship*) и контекст (*IfcContext*). Они являются «абстрактными», то есть не используются непосредственно, а служат только для организации наследования. Производным от контекста является, например, проект (*IfcProject*), который уже не является абстрактным классом. Однако значительная часть классов не наследуется от *IfcRoot*, а является самостоятельными ветвями системы.

В информации по конкретному проектируемому зданию (проекту) программа САПР должна выдавать информацию по содержащимся на чертежах объемным или символическим изображениям, каждое из которых является экземпляром какого-либо класса.

Класс «объект» и его производные характерны тем, что имеют атрибут «расположение», то есть абсолютные или относительные координаты в пространстве. Объект имеет также определенный тип (*IfcTypeObject*). От класса «объект» производятся абстрактные понятия: продукция (*IfcProduct*), процесс (*IfcProcess*), ресурс (*IfcResource*), управление (*IfcControl*), а также не абстрактные: действующее лицо (*IfcActor*), группа (*IfcGroup*). Класс продукции является исходным для таких классов, как элемент (*IfcElement*), место соединения (*IfcPort*), пространствен-

ный элемент (*IfcSpacialElement*), пространственная зона (*IfcSpatialZone*) и др.

Элементы представляют собой разнообразные строительные конструкции, включая сборные, временные и мнимые (пустоты). Примерами элементов являются стены, перекрытия, окна, проемы, опалубка. Элементы содержат данные о материале и количественные показатели. Они могут также представлять комбинации других элементов (агрегаты). Примерами составных агрегатов могут быть крыши и лестницы. Однотипные элементы могут быть сблокированы в группы (арматурные стержни, бальясины).

Пространственными элементами могут бытьстройка, здание, этаж, помещение, в частности, мост или часть моста. Такие элементы могут быть вложены друг в друга и образовывать пространственную структуру стройки. Могут использоваться также внешние пространственные элементы (например, регионы). Пространственная зона, напротив, не является иерархическим элементом и может перекрывать пространственные элементы. Она используется для таких понятий, как отопливаемая зона, освещенная зона, используемая зона и т. п.

В версии IFC 4.2 описаны следующие основные виды элементов, приведенные в таблице 1.

Анализ данных показывает, что технологию BIM необходимо расширять и дополнять для управления информацией на разных стадиях жизненного цикла строительного объекта [12; 13]. Сравнительно мало внимания в IFC уделяется сложным инженерным сооружениям – таким, как туннели, метрополитены, гидротехнические объекты [14].

Для улучшения взаимодействия систем проектирования с производственными системами предложен способ обмена информацией на базе формата COBie, который может быть реализован в виде файлов IFC, XML или таблиц Excel. Этот формат предназначен в первую очередь для эксплуатационных служб и содержит данные о помещениях и оборудовании [15]. Таблицы COBie заполняются проектировщиками, заказчиками, а при необходимости, подрядчиками и поставщиками. Таким образом, формат COBie передает подмножество BIM и не рассматривает строительные конструкции, соответственно, не может быть использован для определения объемов строительно-монтажных работ.

Однако сам метод передачи данных с помощью таблиц Excel заслуживает внимания, поскольку электронные та-

¹ ISO 16739-1:2018 «Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries – Part. 1: Data schema, IDT»; ISO 12006-3:2007 «Building construction – Organization of information about construction works – Part 3: Framework for object-oriented information»; ISO 29481-1:2016 «Building information models – Information delivery manual – Part 1: Methodology and format».

² ГОСТ Р 10.0.02-2019 Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства. Часть 1. Схема данных; ГОСТ Р 10.0.06-2019 Структура информации об объектах строительства. Часть 3: Основы обмена объектно-ориентированной информацией; ГОСТ Р 10.0.03-2019 Справочник по обмену информацией. Часть 1. Методология и формат.

³ СП 331.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах; СП 333.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования модели объектов на различных стадиях жизненного цикла.

Наименование элемента	Наименование элемента в IFC 4.2	Описание
Строительный элемент	<i>IfcBuildingElement</i>	Общий класс для таких классов, как фундамент, опора, колонна, балка, стена, фасадная конструкция, перекрытие, плита, пандус, лестница, лестничный марш, перила, дымовая труба, дверь, окно, крыша, отделка, а также неопределенный элемент (в частности, пустота)
Элемент инженерных систем	<i>IfcDistributionElement</i>	Включающий элементы трубопроводов и переключений, дренажа, отопления, вентиляции, охлаждения, а также систем электроснабжения, связи, мониторинга и др.
Составной элемент	<i>IfcElementAssembly</i>	Собирается из нескольких разнородных элементов (в том числе составных), например, арматурные блоки, фермы, рамы, укрупненные конструкции и др. Каждая часть составного элемента должна быть определена отдельно
Компонент	<i>IfcElementComponent</i>	Вспомогательный элемент: слой сэндвич-панели, крепежный элемент, механическая деталь, арматурный элемент (стержень, проволока, сетка, канат, анкер), демпфер, виброизолятор
Элемент гражданского строительства	<i>IfcCivilElement</i>	Предусмотрен для дальнейшей разработки таких структур, как сети водопровода и канализации, наружное освещение, дорожные знаки и др.
Мебель	<i>IfcFurnishingElement</i>	Встроенные, монтируемые или немонтируемые элементы мебели
Географический элемент	<i>IfcGeographicElement</i>	Точечный, линейный или поверхностный элемент наружного ландшафта (малые архитектурные формы, автостоянки, деревья, лесные массивы, пруды, водостоки)
Модификатор	<i>IfcFeatureElement</i>	Дополняющий или вычитаемый из основного объема элемент (ниша, проем), а также покрытие основного элемента
Транспортный элемент	<i>IfcTransportElement</i>	Стационарный транспортный элемент: лифт, подъемник, эскалатор, траволатор и др.
Виртуальный элемент	<i>IfcVirtualElement</i>	Используется для плоского или объемного представления границы между пространствами

Табл. 1. Описание основных видов элементов
Tab. 1. Description of the main types of elements

блицы очень удобны для файловой передачи данных: они наглядны, при необходимости хорошо обрабатываются вручную, записи легко сортируются, могут включать примечания и формулы, выделения шрифтом и фоном. Так, таблицы COBie обычно «расцвечены» разными цветами, что облегчает чтение и использование.

Результаты

Несмотря на значительные успехи, формат IFC не лишен некоторых недостатков. Структура классов сложна и неочевидна для программиста. Так, в версии 4.2 содержится свыше 1700 структур, наборов и типов, которые при программировании отображаются, как правило, отдельными классами. Объемные тела моделируются теми способами, которые имеются в распоряжении различных систем САПР (вытягиванием, вращением, наборами граней, логическими операциями и т. п.), при этом структура результирующего тела получается различной. Свойства конструкций не указываются в моделях самих конструкций, а соединяются с ними с помощью отношений (Relationship) – особых структур, реализуемых также в виде классов. Дополнительные сложности вносит присутствие так называемых селекторов (Select) – структур, которые могут иметь различный тип данных в зависимости от ситуации. Встроенные классификаторы элементов и процессов обычно базируются на зарубежных классификаторах (OmniClass, UniFormat), что не позволяет применять отечественную нормативную базу и классификаторы [16]. Это приводит к тому, что программы для чтения и преобразования формата IFC, как правило, недостаточно полные, ориентированы на сравнительно узкий круг задач, прежде всего, визуализацию и обмен данными на этапе проектирования.

Несмотря на сложность формата, в перечне основных классов отсутствуют описания многих используемых в строительстве строительных конструкций: балконов, связей, ферм, перегородок, перемычек и мн. др., не говоря уже об инженерных сооружениях. Так, только в последней версии появились конструкции мостов, а конструкции подземных, транспортных и гидротехнических сооружений отсутствуют до сих пор. Частично отсутствие этих

классов восполняется применением специальных последовательностей (типов). Например, каждый экземпляр класса *IfcElementAssembly* должен иметь переменную типа *IfcElementAssemblyType*, значение которой указывает на тип данного элемента. Эти значения перечислены в последовательности *IfcElementAssemblyTypeEnum*. В частности, последовательность содержит значения: арка, балочная клетка, жесткая рама, армокаркас, жесткий каркас, ферма, каркас моста, пространственная решетка, пилон, платформа и др.

Хотя для вывода объемов строительных конструкций есть специальный механизм наборов свойств (Property set) и количественных характеристик (Quantity set), количество параметров в наборах невелико: например, для строительных конструкций, как правило, это длина, высота, толщина, боковая площадь, объем, масса. В наборах не различаются левая и правая боковая поверхности, не учитываются особенности примыкания соседних конструкций. Количественные характеристики оборудования часто ограничиваются только массой.

Эксперименты, проведенные авторами, показали, что выгрузка чертежа в формат IFC и обратная загрузка в систему САПР (даже в ту же самую) не во всех случаях обеспечивает полную передачу информации. Примерами могут служить угловое окно, стена переменной толщины и другие конструкции. Это объясняется отсутствием поддержки сложных наборов параметров в структуре формата IFC. Условно говоря, разработка конкретных систем САПР опережает возможности универсального формата.

Исследования авторов показали, что свойств, передаваемых с помощью IFC-файлов, недостаточно для распознавания вида конструкций и сопоставления им определенных видов строительных работ. Так, в результате анализа работ, осуществляемых при строительстве тоннелей, линий метро и других подземных сооружений, установлено, что для определения вида строительных работ необходимо проверить около 40 свойств строительного элемента (от категории грунта до технологических особенностей проходки), каждое из которых принимает от 2 до 30 значений. Неточное определение свойств может

вызвать ошибку в определении трудозатрат и продолжительности работ до 5–7 раз.

Авторы разработали методику чтения основных классов IFC-файла и перевода данных для объемов работ в формат таблиц Excel. Такое преобразование должно быть первым шагом процедуры автоматизированного перевода чертежей САПР в таблицы и графики производства работ. Методика реализована на языке C#. При этом учитывались только те геометрические и физические свойства конструкций, которые влияют на определение объемов работ. В частности, не учитывались изобразительные свойства модели: текстуры поверхности, освещенность, сопутствующие надписи (*Annotation*) и т. п.

Программа основана на четырехпроходном чтении файла IFC. Во время первого прохода файл считывается как текстовый. При этом создается перечень элементов модели, и связываются те элементы, которые указаны в уже прочтенной части файла (ссылки «назад»). Поскольку структура файла не гарантирует последовательного отображения элементов модели (т. е. могут встречаться ссылки «вперед»), то на втором проходе модель дополняется связыванием всех остальных элементов. На третьем проходе реализуются обратные ссылки, указанные в классах отношений – это делается для направленного поиска свойств конструкций. Наконец, на четвертом шаге вычисляются численные характеристики конструкций и записываются в таблицу Excel. При необходимости автоматически вводятся дополнительные строки, описывающие слои конструкций, покрытия и др. Таким образом, алгоритм расчета объемов строительно-монтажных работ заключается в следующем. На основании проектных материалов, а также базы данных, в составе которой имеют место строительные классификаторы свойств, объектов, конструкций, процессов и др., а также словари, содержащие информацию об измерителях работ и о задействованных ресурсах при выполнении работ, включая ранжирование машин по приоритетности в зависимости от принципа организации работы (параллельный, последовательный, совместный), осуществляется выбор:

- типа стройки, например, гражданское здание;
- типа здания, например, театр, каменное здание;
- типа конструкции, например, стена монолитная с железобетонным каркасом с заданными геометрическими размерами и набором свойств процесса (тип опалубки (скользящая, переставная и др.), технология укладки бетона (кран-бадья, бетононасос и др.), критерии совпадения с показателями расхода ресурсов в составе сметной нормы (масса элемента, высота этажа и др.);
- сметной нормы в соответствии с установленными свойствами процесса и критериями совпадения.

По результатам выбора, а также исходя из данных, полученных на основе сметной нормы, определяются объем работ, нормы времени работы рабочих, а также время и последовательность использования строительных машин и механизмов.

Важное место при распознавании объектов и конструкций занимает вопрос их расположения. Как показано авторами ранее [19], в целях составления графиков производства работ 1–2 уровней достаточно определить расположение конструкций в рамках пяти основных геометрических пространств: стройка – строение – секция

(пролет) – этаж (отметка) – помещение. Такое размещение достаточно легко определяется на рабочем месте архитектора или конструктора при работе в автоматизированной системе проектирования. Однако при переносе информации в универсальный формат далеко не всегда гарантируется передача соответствующих параметров.

В частности, в заголовочной части IFC-файла предусматривается только одна запись об объекте, причем неясно, речь идет о стройке или о строении. В этом нет ничего удивительного, если учесть, что даже в Градостроительном кодексе России нет понятия «стройка» и, соответственно, не видна разница между стройкой и строением. В стандарте ГОСТ Р 10.0.05–2019⁴ различаются строительный комплекс, строительный объект и строительный элемент, а также пространство, но нет места пролету и этажу. При этом в русском тексте стандарта и «entity», и «element» переведены одинаково как «элемент», что вносит, на наш взгляд, дополнительную путаницу.

Аналогично в отдельных позициях IFC-файла не указываются пролет, этаж или помещение, хотя по отметке может быть определен этаж, в пределах которого размещена конструкция. Следует учитывать также возможность того, что разработчики не всегда будут корректно и согласованно формировать пространственное членение объекта.

В связи с этим предлагается в процессе преобразования позиций IFC-файла применить интерактивный ввод соответствующей информации в диалоге с пользователем, которым обычно будет являться разработчик чертежа, хорошо понимающий особенности проекта. Например, наименование стройки и объекта вводится пользователем один раз, поскольку чертеж конструкций относится, как правило, к одному объекту одной стройки. Для секции (пролета) здания программа должна запрашивать, применять ли наименование (номер) секции ко всем последующим позициям или нет. Для этажа и помещения, в котором размещена конструкция, запрашиваются их номера (для подвальных этажей допускаются отрицательные номера) или, в отдельных случаях, наименования. Если вводятся строковые наименования, то номера присваиваются программой автоматически. В любом случае после формирования табличного файла пользователь имеет возможность легко уточнить или заменить наименование и номера геометрических пространств – это впоследствии понадобится для формирования графика производства работ.

Другие этапы создания модели уже частично описаны авторами [17–19]. Ключевым вопросом теперь является сопоставление строительных конструктивных элементов и технологических операций по их возведению, на основе которых становится возможным создать перечень и график строительно-монтажных работ, а также поставок материальных и технических ресурсов.

Заключение

Таким образом, в версии IFC4.2 для распознавания типа объектов можно использовать переменные, получаемые из файла IFC: класс и тип. Однако это не гарантирует уверенного распознавания элемента и сопоставления технологического процесса, тем более, что для очень

многих конструкций ни класс, ни тип не установлены. В результате исследований выявились некоторые недостатки формата IFC, в частности, недостаточность структуры данных для описания строительно-монтажных работ,

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. From sketch BIM to design BIM: An element identification approach using Industry Foundation Classes and object recognition / Q. Qiu, X. Zhou, J. Zhao, Y. Yang, S. Tian, J. Wang, J. Liu, H. Liu. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107423> // Building and Environment. – 2021. – Vol. 188. – P. 107423.
2. Benghi, C. Automated verification for collaborative workflows in a digital plan of work / C. Benghi. – DOI [10.1016/j.autcon.2019.102926](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102926) // Automation in Construction. – 2019. – Vol. 107. – P. 102926.
3. Combining IFC and 3D tiles to create 2D visualization for building information modeling / Z. Xu, L. Zhang, H. Li, Y.-H. Lin, S. Yin. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102995> // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 109. – P. 102995.
4. Grzyl, B. Building Information Modelling as an Opportunity and Risk for Stakeholders Involved in Construction Investment Process / B. Grzyl, E. Miszewska-Urbańska, M. Apollo. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.045> // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 196. – P. 1026–1033.
5. BIM Implementation Throughout the UK Construction Project Lifecycle: An Analysis / R. Eadie, M. Browne, H. Odeyinka, C. McKeown, S. McNiff. – DOI [10.1016/j.autcon.2013.09.001](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.001) // Automation in Construction. – 2013. – Vol. 36. – P. 145–151.
6. Гусакова, Е. А. Информационное моделирование жизненного цикла проектов высотного строительства / Е. А. Гусакова. – DOI [10.22227/1997-0935.2018.1.14-22](https://doi.org/10.22227/1997-0935.2018.1.14-22) // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13, № 1 (112). – С. 14–22.
7. Kacprzyk, Z. Building Information Modelling – 4D Modelling Technology on the Example of the Reconstruction Stairwell / Z. Kacprzyk, T. Kępa. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.051> // Procedia Engineering. – 2014. – № 91. – P. 226–231.
8. Sacks, R. Building Information Modelling, Artificial Intelligence and Construction Tech / R. Sacks, M. Girolami, I. Brilakis. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100011> // Developments in the Built Environment. – 2020. – Vol. 4. – P. 100011.
9. Belsky, M. A Semantic Enrichment for Building Information Modeling / M. Belsky, R. Sacks, I. Brilakis. – DOI [10.1111/mice.12128](https://doi.org/10.1111/mice.12128) // Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. – 2016. – Vol. 31, iss. 4. – P. 261–274.
10. Scan-to-graph: Semantic enrichment of existing building geometry / J. Werbrout, P. Pauwels, M. Bonduel, J. Beetz, W. Bekers // Automation in Construction. – 2020. –

REFERENCES

1. From sketch BIM to design BIM: An element identification approach using Industry Foundation Classes and object recognition / Q. Qiu, X. Zhou, J. Zhao, Y. Yang, S. Tian, J. Wang, J. Liu, H. Liu. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107423> // Building and Environment. – 2021. – Vol. 188. – P. 107423.
2. Benghi, C. Automated verification for collaborative workflows in a digital plan of work / C. Benghi. – DOI [10.1016/j.autcon.2019.102926](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102926) // Automation in Construction. – 2019. – Vol. 107. – P. 102926.
3. Combining IFC and 3D tiles to create 2D visualization for building information modeling / Z. Xu, L. Zhang, H. Li, Y.-H. Lin, S. Yin. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102995> // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 109. – P. 102995.
4. Grzyl, B. Building Information Modelling as an Opportunity and Risk for Stakeholders Involved in Construction Investment Process / B. Grzyl, E. Miszewska-Urbańska, M. Apollo. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.045> // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 196. – P. 1026–1033.
5. BIM Implementation Throughout the UK Construction Project Lifecycle: An Analysis / R. Eadie, M. Browne, H. Odeyinka, C. McKeown, S. McNiff. – DOI [10.1016/j.autcon.2013.09.001](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.001) // Automation in Construction. – 2013. – Vol. 36. – P. 145–151.
6. Gusakova, E. A. Informatsionnoe modelirovanie zhiznennogo

соответствующих конструктивному решению здания и принятой в проекте технологии производства работ. Для восполнения этого недостатка необходимо вести целенаправленный диалог с пользователем для выяснения.

- Vol. 119. – P. 103286. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103286>.
11. Chen, Ch. BIM-based Integrated Management Workflow Design for Schedule and Cost Planning of Building Fabric Maintenance / Ch. Chen, L. Tang. – DOI [10.1016/j.autcon.2019.102944](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102944) // Automation in Construction. – 2019. – Vol. 107. – P. 102944.
12. Vanlande, R. IFC and building lifecycle management / R. Vanlande, C. Nicolle, C. Cruz. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.05.001> // Automation in Construction. – 2008. – Vol. 18, iss. 1. – P. 70–78.
13. Ma, Z. Semi-automatic and specification compliant cost estimation for tendering of building projects based on IFC data of design model / Z. Ma, Z. Wei, X. Zhang. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.020> // Automation in Construction. – 2013. – Vol. 30. – P. 126–135.
14. Zhou, Y. Utilizing IFC for shield segment assembly in underground tunneling / Y. Zhou, Y. Wang, L. Ding, P. E. D. Love. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.016> // Automation in Construction. – 2018. – Vol. 93. – P. 178–191.
15. Pärn, E. A. Conceptualising the FinDD API plug-in: A study of BIM-FM integration / E. A. Pärn, D. J. Edwards. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.03.015> // Automation in Construction. – 2017. – Vol. 80. – P. 11–21.
16. Волкодав, В. А. Разработка структуры и состава классификаторов строительной информации для применения BIM-технологий / В. А. Волкодав, И. А. Волкодав. – DOI [10.22227/1997-0935.2020.6.867-906](https://doi.org/10.22227/1997-0935.2020.6.867-906) // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15, вып. 6. – С. 867–906.
17. Организационное сопровождение BIM-технологий / И. В. Каракозова, Г. Г. Малыха, Е. Н. Куликова, А. С. Павлов, А. С. Панин. – DOI: [10.22227/1997-0935.2019.12.1628-1637](https://doi.org/10.22227/1997-0935.2019.12.1628-1637) // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14, вып. 12. – С. 1628–1637.
18. Исследование подготовительных работ для использования BIM-технологий на примере проектирования медицинских организаций / И. В. Каракозова, Г. Г. Малыха, А. С. Павлов, А. С. Панин, Н. Д. Теслер. – DOI: [10.22227/1997-0935.2020.1.100-111](https://doi.org/10.22227/1997-0935.2020.1.100-111) // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15, вып. 1. – С. 100–111.
19. Каракозова, И. В. Создание сетевой модели на основе универсальной последовательности строительных работ / И. В. Каракозова, А. С. Павлов. – DOI [10.22227/2305-5502.2020.3.1](https://doi.org/10.22227/2305-5502.2020.3.1) // Строительство: наука и образование. – 2020. – Т. 10, вып. 3. – Стр. 1.

- tsikla proektov vysotnogo stroitel'stva [Information modeling of the life cycle of high-rise construction projects] / E. A. Gusakova. – DOI [10.22227/1997-0935.2018.1.14-22](https://doi.org/10.22227/1997-0935.2018.1.14-22) // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2018. – Vol. 13, № 1 (112). – P. 14–22.
7. Kacprzyk, Z. Building Information Modelling – 4D Modelling Technology on the Example of the Reconstruction Stairwell / Z. Kacprzyk, T. Kępa. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.051> // Procedia Engineering. – 2014. – № 91. – P. 226–231.
8. Sacks, R. Building Information Modelling, Artificial Intelligence and Construction Tech / R. Sacks, M. Girolami, I. Brilakis. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100011> // Developments in the Built Environment. – 2020. – Vol. 4. – P. 100011.
9. Belsky, M. A Semantic Enrichment for Building Information Modeling / M. Belsky, R. Sacks, I. Brilakis. – DOI [10.1111/mice.12128](https://doi.org/10.1111/mice.12128) // Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. – 2016. – Vol. 31, iss. 4. – P. 261–274.
10. Scan-to-graph: Semantic enrichment of existing building geometry / J. Werbrout, P. Pauwels, M. Bonduel, J. Beetz, W. Bekers // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 119. – P. 103286. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103286>.
11. Chen, Ch. BIM-based Integrated Management Workflow Design for Schedule and Cost Planning of Building Fabric Maintenance / Ch. Chen, L. Tang. – DOI [10.1016/j.autcon.2019.102944](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102944)

⁴ ГОСТ Р 10.0.05–2019/ ИСО 12006-2:2015 Строительство зданий. Структура информации об объектах строительства. Часть 2. Основные принципы классификации.

- autcon.2019.102944 // Automation in Construction. – 2019. – Vol. 107. – P. 102944.
12. Vanlande, R. IFC and building lifecycle management / R. Vanlande, C. Nicolle, C. Cruz. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.05.001> // Automation in Construction. – 2008. – Vol. 18, iss. 1. – P. 70–78.
 13. Ma, Z. Semi-automatic and specification compliant cost estimation for tendering of building projects based on IFC data of design model / Z. Ma, Z. Wei, X. Zhang. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.020> // Automation in Construction. – 2013. – Vol. 30. – P. 126–135.
 14. Zhou, Y. Utilizing IFC for shield segment assembly in underground tunneling / Y. Zhou, Y. Wang, L. Ding, P. E. D. Love. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.016> // Automation in Construction. – 2018. – Vol. 93. – P. 178–191.
 15. Pärn, E. A. Conceptualising the FinDD API plug-in: A study of BIM-FM integration / E. A. Pärn, D. J. Edwards. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.03.015> // Automation in Construction. – 2017. – Vol. 80. – P. 11–21.
 16. Volkodav, V. A. Razrabotka struktury i sostava klassifikatorov stroitel'noj informatsii dlya primeneniya BIM-tekhnologij [Development of the structure and composition of classifiers of construction information for the use of BIM technologies] / V. A. Volkodav, I. A. Volkodav. – DOI 10.22227/1997-0935.2020.6.867-906 // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2020. – Vol. 15, iss. 6. – P. 867–906.
 17. Organizatsionnoe soprovozhdenie BIM-tekhnologij [Organizational support of BIM technologies] / I. V. Karakozova, G. G. Malykha, E. N. Kulikova, A. S. Pavlov, A. S. Panin. – DOI: 10.22227/1997-0935.2019.12.1628-1637 // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2019. – Vol. 14, iss. 12. – P. 1628–1637.
 18. Issledovanie podgotovitel'nykh rabot dlya ispol'zovaniya BIM-tekhnologij na primere proektirovaniya meditsinskikh organizatsij [Research of preparatory works for the use of BIM technologies on the example of designing medical organizations] / I. V. Karakozova, G. G. Malykha, A. S. Pavlov, A. S. Panin, N. D. Tesler. – DOI: 10.22227/1997-0935.2020.1.100-111 // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2020. – Vol. 15, iss. 1. – P. 100–111.
 19. Karakozova, I. V. Sozдание setевой modeli na osnove universal'noj posledovatel'nosti stroitel'nykh rabot [Creation of a network model based on a universal sequence of construction works] / I. V. Karakozova, A. S. Pavlov. – DOI 10.22227/2305-5502.2020.3.1 // Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie [Construction: science and education]. – 2020. – Vol. 10, iss. 3. – St. 1.

УДК 691.72; 691.714

DOI: 10.54950/26585340_2022_2_72

Расчет и проектирование фрикционных соединений алюминиевых конструкций. Проблемы и пути решения

Calculation and Design of Friction Joints of Aluminum Structures. Problems and Solutions

Кунин Юрий Саулович

Доцент, кандидат технических наук, заведующий кафедрой Испытания сооружений, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, yskunin@rambler.ru

Kunin Yuri Saulovich

Associate Professor, Ph. D., Head of the Department of Testing of Structures, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, yskunin@rambler.ru

Синеев Антон Алексеевич

Аспирант Научно-исследовательской лаборатории «Обследование и реконструкция зданий и сооружений» (НОЦ ИС), заведующий лабораторией автоматизации экспериментальных исследований Научно-исследовательского института экспериментальной механики (ЛАЭИ НИИ ЭМ), ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, sineevanton@mail.ru

Sineev Anton Alekseevich

Postgraduate student of the Research Laboratory «Inspection and Reconstruction of Buildings and Structures» (REC IS), Head of the Laboratory of Automation of Experimental Research of the Research Institute of Experimental Mechanics (LAEI Research Institute of EM), National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, sineevanton@mail.ru

Аннотация. Введение. Алюминий все больше применяется в строительной сфере, как для ограждающих, так и для несущих конструкций. Применяемые способы соединения аналогичны соединениям стальных конструкций, имеют похожие преимущества и недостатки. На данный момент проведены десятки исследований для сварных соединений алюминиевых конструкций, но очень мало внимания уделено болтовым, в частности фрикционным, соединениям. При этом использование действующей нормативной документации не позволяет провести расчет фрикционных соединений по ряду причин.

Материалы и методы. Проанализированы опубликованные материалы научных исследований и нормативная документация. Проведен анализ факторов, влияющих на несущую способность болтовых, в частности – фрикционных, соединений элементов металлических конструкций.

Результаты. В результате анализа определены наиболее перспективные и практически значимые направления экспериментальных исследований фрикционных соединений, такие как исследования многоболтовых фрикционных соединений, влияние отношения диаметров отверстия и болта, и толщин

соединяемых элементов, работа соединений при повышенных и пониженных температурах и влияние повторно-статических, циклических и динамических нагрузок.

Выводы. В настоящее время Минстроем России проводится большой объем работ по актуализации нормативных документов по строительству объектов различного назначения, в том числе с учетом увеличения количества металлоконструкций. В этих документах отражены результаты многочисленных научных исследований и разработок, направленных на совершенствование конструктивной формы металлоконструкций, на уточнение методик расчета, на применение новых сталей и увеличение применения алюминиевых сплавов в строительных конструкциях. Экспериментальные исследования в заявленных направлениях послужат для развития нормативной базы и повышения экономичности и долговечности строительных конструкций из алюминиевых сплавов.

Ключевые слова: несущая способность, фрикционные соединения, алюминиевые конструкции, экспериментальные исследования.

Abstract. Introduction. Aluminum is increasingly used in the construction industry, both for enclosing and load-bearing structures. The connection methods used are similar to those of steel structures, have similar advantages and disadvantages. At the moment, dozens of studies have been conducted for welded joints of aluminum structures, but very little attention is paid to bolted, in particular friction, connections. At the same time, the use of current regulatory documentation does not allow for calculation. friction joints for a number of reasons.

Materials and methods. Published materials of scientific research and normative documentation are analyzed. The analysis of factors affecting the bearing capacity of bolted, in particular - frictional, connections of elements of metal structures is carried out.

Results. As a result of the analysis, the most promising and practically significant directions of experimental studies of friction compounds have been identified, such as and the following of multibolt friction joints, in the pouring of the ratio of the diam-

Введение

Для успешного применения в несущих строительных, крановых и мостовых конструкциях алюминиевых сплавов, поставляемых отечественной промышленностью, необходима предварительная подготовка в виде изучения ряда вопросов, связанных с физико-механическими свойствами сплавов, рациональным изготовлением конструкций из них и работой последних под нагрузкой.

Выбор вида соединений конструкций из алюминиевых сплавов, на заклепках или сварке, в значительной степени продиктован физико-механическими свойствами сплава, идущего на изготовление самой конструкции.

В настоящее время значительная часть монтажных соединений стальных строительных конструкций по-прежнему выполняется сваркой. Нехватка квалифицированных сварщиков, значительная продолжительность их обучения, изменение структуры свариваемого металла и ряд других факторов – все это вызывает значительные трудности при возведении каркасов промышленных зданий и сооружений.

Проблемной является и автоматизация сварочных процессов при монтаже. Сборочную сварку трудно использовать в зимнее время, когда используются конструкции из алюминиевых сплавов и с защитными металлическими покрытиями. После сварки, как правило, наблюдаются перекосы и неплотность прилегания элементов в узлах, наличие концентраторов напряжений в сварных швах.

За последние годы произошли существенные изменения в области проектирования и монтажа металлоконструкций. В результате внедрения новых прокатных профилей, высокопрочных сталей и усовершенствованных методов расчета болтовых соединений наметилась тенденция увеличения количества металлоконструкций с монтажными соединениями на болтах разных диаметров и классов прочности. Болтовые монтажные соединения могут использоваться в конструкциях с трудносвариваемыми высокопрочными сталями, в том числе зимой и на высоте, для одновременной работы многих рабочих низкой квалификации. Эффективность использования болтовых монтажных соединений была подтверждена уже на этапах проектирования и изготовления монтажных узлов.

По подсчетам еще Госстроя СССР, объем возможного применения металлоконструкций с болтовыми монтажными соединениями может составить более 60 % от общего объема металлоконструкций, выпускаемых промышленностью. Однако из-за низкого качества проектирования со стороны неспециализированных организаций,

eters of the hole and bolt, and the thicknesses of the connected elements, the amount of compounds at high and low temperatures and in the pouring of repeated-static, cyclic and dynamic loads.

Conclusions. Currently, the Ministry of Construction of Russia is carrying out a large amount of work to update regulatory documents for the construction of facilities for various purposes, including taking into account the increase in the number of metal structures. These documents reflect the results of numerous scientific research and developments aimed at improving the structural form of metal structures, clarifying calculation methods, using new steels and increasing the use of aluminum alloys in construction industries. Experimental studies in the declared areas will serve to develop the regulatory framework and increase the efficiency and durability of building structures made of aluminum alloys.

Keywords: bearing capacity, friction joints, aluminum structures, experimental studies.

плохой технической оснащенности некоторых заводов металлоконструкций и монтажных организаций, а также по другим причинам только 15–20 % конструкций советской эпохи были изготовлены с болтовыми полевыми соединениями.

В последние годы большое внимание уделяется использованию алюминия в металлоконструкциях, в том числе несущих. И, несмотря на реализацию ряда строительных проектов, в частности – изготовление и ввод в эксплуатацию некоторых алюминиевых мостов, действующая нормативная документация и, по сравнению со стальными, недостаточная научно-исследовательская база оставляют некоторые вопросы, что создает проблемы при расчете и проектировании элементов алюминиевых конструкций.

Материалы и методы

Проанализированы опубликованные материалы научных исследований и нормативная документация. Проведен анализ факторов, влияющих на несущую способность болтовых, в частности фрикционных, соединений элементов металлических конструкций. Используя сравнение в качестве метода научного познания, определены перспективные направления исследований несущей способности фрикционных соединений алюминиевых конструкций.

Результаты

Среди основных исследований в области рассматриваемых соединений для стальных конструкций можно выделить следующие.

Разработка рекомендаций по проектированию соединений, работающих на сдвиг. Основанием послужило экспериментально-теоретическое исследование срезных и фрикционно-срезных одно- и многоболтовых соединений. Данные рекомендации позволяют значительно снизить количество болтов без потери несущей способности соединения [1]. Рекомендованы наиболее рациональные способы подготовки контактных поверхностей, требования к болтам, видам соединений и области их применения. Следование этим рекомендациям значительно снижает трудозатраты при переходе от сварного соединения к болтовому. Данные рекомендации отражены в действующей отечественной нормативной документации и использованы в исследовании фрикционных соединений элементов алюминиевых конструкций, описанных в настоящей работе [2].

Для одноболтовых соединений стальных конструкций на высокопрочных болтах проводились исследова-

ния циклической долговечности. Результаты исследований позволяют установить циклическую долговечность болтовых соединений, работающих на сдвиг, при значениях коэффициентов асимметрии цикла нагружения p от 0 до 0,8 [3].

Метод математического моделирования поведения многоболтовых фрикционно-срезных соединений. Приведены описание компьютерной программы математического моделирования и пример расчета соединения. Показано, что разработанный метод позволяет проводить практически полный анализ поведения соединения [4].

Разработки предложений по расчету фрикционных соединений с учетом стадии упругопластической работы, в том числе при переменных нагрузках. Приведены результаты исследований вязкой и хрупкой прочности высокопрочных болтов, натяжение которых осуществляется до стадии упругопластического деформирования [5].

На основании результатов экспериментальных исследований несущей способности статически и циклически нагруженных сдвигоустойчивых соединений с увеличенными отверстиями (круглыми и овальными) под высокопрочные болты М24 установлены понижающие коэффициенты γ_p , учитывающие зависимость несущей способности соединений от толщины применяемых накладок, формы и размеров увеличенных и овальных отверстий, а также соответствующие значения расчетных сопротивлений усталости [6].

Экспериментальные исследования односрезных и двухсрезных фрикционных соединений, контактные поверхности которых защищены цинковым покрытием. Уточнены значения коэффициентов трения, предложена оптимальная толщина металлизационного цинкового покрытия, обеспечивающая надежную защиту металла при требуемом высоком значении коэффициента трения [7].

На основании проведенных исследований разработаны рекомендации по защите фрикционных соединений высотных сооружений. Многолетние наблюдения за их состоянием показали высокую надежность соединений.

Исследованы фрикционные соединения стальных конструкций из проката большой толщины, применяемого при строительстве высотных зданий [8].

Разработаны технические условия на применение во фрикционных соединениях высокопрочных болтов с контролем натяжения по срезу торцевого элемента.

Фактор	Исследовано для стальных конструкций	Исследовано для алюминиевых конструкций
Деформационные критерии предельных состояний	Да	Нет
Способы подготовки контактных поверхностей	Да	Да
Классы прочности, длины и диаметры болтов	Да	Нет
Циклическая долговечность срезных соединений на высокопрочных болтах	Да	Нет
Зависимость несущей способности соединений от толщины применяемых накладок, формы и размеров увеличенных и овальных отверстий	Да	Нет
Антикоррозионная защита	Да	Нет
Длительное воздействие статических и циклических нагрузок	Да	Нет

Табл. 1. Факторы, влияющие на несущую способность фрикционных соединений металлических конструкций
Tab. 1. Factors affecting the bearing capacity of friction joints of metal structures

Фрикционные свойства резьбовой пары «болт – гайка» обеспечивают равенство моментов от натяжения гайки и среза торцевого элемента, обеспечивая натяжение каждого болта на усилие, равное 70 % от его прочности [9].

Исследования прочностных характеристик фрикционных соединений на болтах М12 класса прочности 10.9 для применения в конструкциях реконструируемого дебаркадера Киевского вокзала [10].

Представленные выше работы лишь часть из широкого спектра исследований в этой области, направленных на установление характеристик болтовых соединений стальных конструкций и описания их действительной работы [11].

В конструкциях из алюминия применяются почти такие же способы соединения, как и в стальных конструкциях. Выбор вида соединения зависит от условий эксплуатации соединения, типа конструкции и характеристик материала. Так как во фрикционных соединениях алюминиевых конструкций применяются стальные высокопрочные болты – они должны быть кадмированы или оцинкованы, чтобы избежать электрохимическую коррозию. Не допускается одновременное применение сварки и болтов в одном соединении.

Как и для стальных конструкций, у алюминиевых – при тепловом воздействии сварки происходят структурные изменения материала и изменения механических свойств, которые приводят к снижению прочности соединения, зачастую более высокому в процентном соотношении, чем у сталей. Такая проблема отсутствует у болтовых соединений, однако в этом случае необходимо учитывать ослабление сечения отверстиями.

В монтажных соединениях алюминиевых конструкций используют как алюминиевые, так и стальные болты. При этом использование высокопрочных алюминиевых болтов невозможно ввиду их отсутствия: в настоящее время алюминиевый сплав с максимальным полученным временным сопротивлением (сплав 7075-T6, временное сопротивление примерно 520 МПа) недостаточен для изготовления из него высокопрочных болтов. Кроме того, как отмечалось выше, необходимы меры защиты от коррозии металлической пары «сталь – алюминий».

Коэффициенты трения при расчете соединений на высокопрочных болтах вне зависимости от марки алюминия в настоящее время принимаются по действующей нормативной документации [12 (Таблица 40) – 13 (Таблица 42)].

Исследования в области соединений алюминиевых конструкций связаны в основном со сваркой и в большинстве своем проводились после 2010 года. Практически отсутствуют в отечественной и зарубежной практике исследования, посвященные болтовым, в частности фрикционным, соединениям элементов алюминиевых строительных конструкций, а действующая нормативная документация оставляет ряд вопросов к проектированию и расчету таких соединений.

Так, были исследованы факторы, определяющие качество сварных стыковых алюминиевых соединений, полученных сваркой трением с перемешиванием [11].

Проведено исследование свойств сварных соединений, полученных сваркой плавлением и трением с перемешиванием. Проведен анализ дефектов в сварных швах алюминиевых сплавов [14].

В целом проводимые исследования посвящены способам и видам сварных соединений алюминиевых конструкций, их обработки и контроля. Исследования же

болтовых и, в частности, фрикционных соединений алюминиевых конструкций проводились Синеевым А. А. и Куниным Ю. С. [15–18].

Таким образом, по результатам анализа исследований факторов, влияющих на несущую способность фрикционных соединений стальных конструкций, и сравнения их с аналогичными исследованиями для алюминиевых конструкций, можно выделить следующие результаты, представленные в таблице 1.

Заключение и обсуждение

В настоящее время Минстроем России проводится большой объем работ по актуализации нормативных документов по строительству объектов различного назначения, в том числе с учетом увеличения количества металлоконструкций. В этих документах отражены результаты многочисленных научных исследований и разработок, направленных на совершенствование конструктивной фор-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлов, А. Б. Несущая способность и деформативность срезных и фрикционно-срезных соединений / А. Б. Павлов, В. В. Кармалин // Болтовые и специальные монтажные соединения в ССК : Международный коллоквиум. – Москва, 1989. – Т. 1.
2. Бабушкин, В. М. Повышение эффективности применения болтовых соединений в металлостроительстве / В. М. Бабушкин, В. П. Велихов, Н. Н. Стрелецкий // Болтовые и специальные монтажные соединения в ССК : Международный коллоквиум. – Москва, 1989. – Т. 1.
3. Кармалин, В. В. Циклическая долговечность срезных соединений на высокопрочных болтах / В. В. Кармалин // Болтовые и специальные монтажные соединения в ССК : Международный коллоквиум. – Москва, 1989. – Т. 1.
4. Применение методов математического моделирования для исследования работы многоболтовых фрикционных соединений / В. В. Каленов, А. Б. Павлов, Ю. И. Зубкин, В. М. Фридкин // Болтовые и специальные монтажные соединения в ССК : Международный коллоквиум. – Москва, 1989. – Т. 1.
5. Упругопластическая работа высокопрочных болтов и соединений / Б. М. Вейнблат, И. И. Вишневский, Л. М. Рабер, В. А. Шевченко // Болтовые и специальные монтажные соединения в ССК : Международный коллоквиум. – Москва, 1989. – Т. 1.
6. Евдокимов, В. В. Несущая способность сдвигоустойчивых соединений с увеличенными отверстиями под высокопрочные болты / В. В. Евдокимов, В. М. Бабушкин // Болтовые и специальные монтажные соединения в ССК : Международный коллоквиум. – Москва, 1989. – Т. 1.
7. Волкова, Т. С. Монтажные фрикционные соединения с цинковым покрытием контактных поверхностей / Т. С. Волкова, Б. В. Остроумов, А. Ф. Княжев // Болтовые и специальные монтажные соединения в ССК : Международный коллоквиум. – Москва, 1989. – Т. 1.
8. Павлов, А. Б. Фрикционные соединения стальных конструкций из проката большой толщины / А. Б. Павлов, Ю. Л. Бормот, В. М. Бабушкин // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – № 5. – С. 25–27.
9. Болты высокопрочные с гарантированным моментом затяжки резьбовых соединений для строительных конструкций : ТУ 1282-162-02494680-2007 : Технические условия / ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова». – Москва, 2007.
10. Бабушкин, В. М. Определение несущей способности фрикционно-срезных соединений на болтах М12 и М16 класса прочности 10.9 конструкций дебаркадера Киевского вокзала : Отчет по х/д №11-1711 / В. М. Бабушкин, В. Ф. Беляев. – Москва, 2005.
11. Контроль качества сварных соединений, получаемых свар-

кой трением с перемешиванием / Д. С. Ашихин, К. А. Степанова, И. В. Беркутов, А. В. Федоров // Сварка и диагностика : тезисы докладов форума (Екатеринбург, 14–16 ноября 2017 г.) – Екатеринбург : УрФУ, 2017. – С. 23–24.

Путями решения выявленных проблем, последующим развитием нормативной базы и повышением экономической и долговечности конструкций является выполнение и развитие научных исследований в следующих направлениях:

- 1) Исследования многоболтовых фрикционных соединений;
- 2) Влияние отношения диаметров отверстия и болта, и толщин соединяемых элементов;
- 3) Работа соединений при повышенных и пониженных температурах;
- 4) Влияние повторно-статических, циклических и динамических нагрузок.

12. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81 : СП 16.13330 : Свод правил : утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. № 126/пр : введ. в дейст. с 28 августа 2017 г. // Росстандарт. – Москва, 2017. – 162 с.
13. Алюминиевые конструкции. Актуализированная редакция СНиП 2.03.06-85 : СП 128.13330 : Свод правил : утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 г. № 948/пр : введ. в дейст. с 17 июня 2017 г. // Росстандарт. – Москва, 2017. – 81 с.
14. Андреева, Л. П. Свойства сварных соединений литейного алюминиевого сплава ВAl10, полученных сваркой плавлением и трением с перемешиванием / Л. П. Андреева, В. В. Овчинников, А. В. Кабанцев // Современные материалы, техника и технологии. – Москва : МПУ, 2019. – № 1 (22). – С. 76–85.
15. Синеев, А. А. Несущая способность винтовых (болтовых) соединений элементов алюминиевых конструкций / А. А. Синеев // Функция, конструкция, среда в архитектуре зданий : Сборник тезисов докладов Всероссийской научно-практической конференции : в 2 томах, Москва, 25–26 апреля 2019 года / Институт строительства и архитектуры НИУ МГСУ. – Москва : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2019. – С. 83–84.
16. Кунин, Ю. С. Особенности расчета и конструирования фрикционных соединений алюминиевых конструкций / Ю. С. Кунин, А. А. Синеев // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования : Сборник докладов Первой Национальной конференции, Москва, 30 сентября 2020 года. – Москва : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2020. – С. 95–102.
17. Кунин, Ю. С. Несущая способность фрикционных соединений алюминиевых конструкций / Ю. С. Кунин, А. А. Синеев. – DOI 10.33622/0869-7019.2020.12.82-85 // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – № 12. – С. 82–85.
18. Синеев, А. А. Об учете состояния металлических конструкций при поверочных расчетах / А. А. Синеев. – DOI 10.12737/article_5bd95a755cd1e3.14923279 // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2018. – № 10. – С. 74–79.

REFERENCES

1. Pavlov, A. B. Nesushchaya sposobnost' i deformativnost' sreznyh i frikcionno-sreznyh soedinenij [Bearing capacity and deformability of shear and friction-shear joints] / A. B. Pavlov, V. V. Karmalin // Boltovye i special'nye montazhnye soedineniya v SSK : Mezhdunarodnyj kollokvium [Bolted and special mounting joints in SSK : International Colloquium]. – Moscow, 1989. – Vol. 1.

2. Babushkin. V. M., Povyshenie effektivnosti primeneniya boltovyh soedinenij v metallostroitel'stve [Improving the efficiency of bolted joints in metal construction] / V. M. Babushkin, V. P. Velikhov, N. N. Streletsky // Boltovye i special'nye montazhnye soedineniya v SSK : Mezhdunarodnyj kollokvium [Bolted and special mounting joints in SSK : International Colloquium]. – Moscow, 1989. – Vol. 1.

3. Karmalin, V. V. Ciklicheskaya dolgovechnost' sreznyh soedinenij na vysokoprochnyh boltah [Cyclic durability of shear joints on high-strength bolts] / V. V. Karmalin // Boltovye i special'nye montazhnye soedineniya v SSK : Mezhdunarodnyj kollokvium [Bolted and special mounting joints in SSK : International Colloquium]. – Moscow, 1989. – Vol. 1.

4. Primenenie metodov matematicheskogo modelirovaniya dlya issledovaniya raboty mnogoboltovyh frikcionnyh soedinenij [Application of mathematical modeling methods to study the operation of multibolt friction joints] / V. V. Kalenov, A. B. Pavlov, Yu. I. Zubkin, V. M. Fridkin // Boltovye i special'nye montazhnye soedineniya v SSK : Mezhdunarodnyj kollokvium [Bolted and special mounting joints in SSK : International Colloquium]. – Moscow, 1989. – Vol. 1.

5. Uprugoplasticheskaya rabota vysokoprochnyh boltov i soedinenij [Elastic-plastic work of high-strength bolts and joints] / B. M. Weinblat, I. I. Vishnevsky, L. M. Raber, V. A. Shevchenko // Boltovye i special'nye montazhnye soedineniya v SSK : Mezhdunarodnyj kollokvium [Bolted and special mounting joints in SSK : International Colloquium]. – Moscow, 1989. – Vol. 1.

6. Evdokimov, V. V. Nesushchaya sposobnost' sdvigoustojchivyyh soedinenij s uvelichennymi otverstiyami pod vysokoprochnye bolty [Bearing capacity of shear-resistant joints with enlarged holes for high-strength bolts] / V. V. Evdokimov, V. M. Babushkin // Boltovye i special'nye montazhnye soedineniya v SSK : Mezhdunarodnyj kollokvium [Bolted and special mounting joints in SSK : International Colloquium]. – Moscow, 1989. – Vol. 1.

7. Volkova, T. S. Montazhnye frikcionnye soedineniya s cinkovym pokrytiem kontaktnyh poverhnostej [Mounting friction joints with zinc coating of contact surfaces] / T. S. Volkova, B. V. Ostroumov, A. F. Knyazhev // Boltovye i special'nye montazhnye soedineniya v SSK : Mezhdunarodnyj kollokvium [Bolted and special mounting joints in SSK : International Colloquium]. – Moscow, 1989. – Vol. 1.

8. Pavlov, A. B. Frikcionnye soedineniya stal'nyh konstrukcij iz prokata bol'shoj tolshchiny [Friction joints of steel structures from rolled products of large thickness] / A. B. Pavlov, Yu. L. Bormot, V. M. Babushkin // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2008. – № 5. – P. 25–27.

9. Bolty vysokoprochnye s tarirovannym momentom zatyazhki rez'bovyh soedinenij dlya stroitel'nyh konstrukcij : TU 1282-162-02494680-2007 : Tekhnicheskie usloviya [High-strength bolts with guaranteed tightening torque of threaded connections for building structures : TU 1282-162-02494680-2007 : Technical specifications] / ZAO «TSNIIPSK im. Mel'nikova» [CJSC «TSNIIPSK named after Melnikov»]. – Moscow, 2007.

10. Babushkin, V. M. Opreделение nesushchej sposobnosti frikcionno-sreznyh soedinenij na boltah M12 i M16 klassa prochnosti 10.9 konstrukcij debarkadera Kievskogo vokzala :

Otchet po h/d №11-1711 [Determination of the bearing capacity of friction-shear joints on bolts M12 and M16 strength class 10.9 structures of the Kiev railway station landing stage : Report on agricultural No. 11-1711] / V. M. Babushkin, V. F. Belyaev. – Moscow, 2005.

11. Kontrol' kachestva svarnyh soedinenij, poluchaemyh svarkoj treniem s peremeshivaniem [Quality control of welded joints obtained by friction welding with mixing] / D. S. Ashikhin, K. A. Stepanova, I. V. Berkutov, A. V. Fedorov / Svarka i diagnostika : tezisy dokladov foruma (Ekaterinburg, 14–16 noyabrya 2017 g.) [Welding and diagnostics : abstracts of forum reports (Yekaterinburg, November 14-16, 2017)]. – Ekaterinburg : UrFU, 2017. – P. 23–24.

12. Stal'nye konstrukcii. Aktualizirovannaya redakciya SNiP II-23-81 : SP 16.13330 : Svod pravil [Steel structures. Updated version of SNiP II-23-81 : SP 16.13330 : Code of Rules] : utv. Prikazom Ministerstva stroitel'stva i zhilishhno-kommunal'nogo khozayajstva Rossijskoj Federatsii ot 27 fevralya 2017 g. № 126/pr [approved by Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation dated February 27, 2017 No. 126/pr] : vved. v dejst. s 28 avgusta 2017 g. [introduction from August 28, 2017] // Rosstandart. – Moscow, 2017. – 162 p.

13. Alyuminievye konstrukcii. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.03.06-85 : SP 128.13330 : Svod pravil [Aluminum structures. Updated version of SNiP 2.03.06-85 : SP 128.13330 : Code of Rules] : utv. Prikazom Ministerstva stroitel'stva i zhilishhno-kommunal'nogo khozayajstva Rossijskoj Federatsii ot 16 dekabrya 2016 g. № 948/pr [approved by Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation dated December 16, 2016 No. 948/pr] : vved. v dejst. s 17 iyunya 2017 g. [introduction from June 17, 2017] // Rosstandart. – Moscow, 2017. – 81 p.

14. Andreeva, L. P. Svoystva svarnyh soedinenij litejnogo alyuminievogo splava VAL10, poluchennyh svarkoj plavleniem i treniem s peremeshivaniem [Properties of welded joints of cast aluminum alloy VAL10 obtained by melting and friction welding with mixing] / L. P. Andreeva, V. V. Ovchinnikov, A. V. Kabantsev // Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii [Modern materials, equipment and technologies]. – Moscow : MPU, 2019. – № 1 (22). – P. 76–85.

15. Sineev, A. A. Nesushchaya sposobnost' vintovyh (boltovyh) soedinenij elementov alyuminievyh konstrukcij [Bearing capacity of screw (bolted) joints of elements of aluminum structures] / A. A. Sineev // Funkciya, konstrukciya, sreda v arhitekture zdaniy : Sbornik tezisev dokladov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii : v 2 tomah, Moskva, 25–26 aprelya 2019 goda [Function, design, environment in the architecture of buildings : Collection of abstracts of the All-Russian Scientific and Practical Conference : in 2 volumes, Moscow, April 25–26, 2019] / Institut stroitel'stva i arhitektury NIU MGSU [Institute of Construction and Architecture of NRU MGSU]. – Moscow : Nacional'nyj issledovatel'skij Moskovskij gosudarstvennyj stroitel'nyj universitet [National Research Moscow State University of Civil Engineering, 2019], 2019. – P. 83–84.

16. Kunin, Yu. S. Osobennosti rascheta i konstruirovaniya frikcionnyh soedinenij alyuminievyh konstrukcij [Features of calculation and design of friction joints of aluminum structures] / Yu. S. Kunin, A. A. Sineev // Aktual'nye problemy stroitel'noj otrasli i obrazovaniya : Sbornik dokladov Pervoj Nacional'noj konferencii, Moskva, 30 sentyabrya 2020 goda [Actual problems of the construction industry and education: Collection of reports of the First National Conference, Moscow, September 30, 2020]. – Moscow : Nacional'nyj issledovatel'skij Moskovskij gosudarstvennyj stroitel'nyj universitet [National Research Moscow State University of Civil Engineering], 2020. – P. 95–102.

17. Kunin, Yu. S. Nesushchaya sposobnost' frikcionnyh soedinenij alyuminievyh konstrukcij [Bearing capacity of friction joints of aluminum structures] / Yu. S. Kunin, A. A. Sineev. – DOI 10.33622/0869-7019.2020.12.82-85 // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2020. – № 12. – P. 82–85.

18. Sineev, A. A. Ob uchete sostoyaniya metallicheskih konstrukcij

УДК 692.82

DOI: 10.54950/26585340_2022_2_77

Влияние климатических температурных воздействий на оконные блоки из ПВХ-профиля

Influence of Climatic Temperature Effects on Window Blocks Made of PVC Profiles

Кунин Юрий Саулович

Доцент, кандидат технических наук, заведующий кафедрой Испытания сооружений, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, yskunin@rambler.ru

Kunin Yury Saulovich

Associate Professor, Ph. D., Head of the Department of Testing of Structures, National Research Moscow State University (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, yskunin@rambler.ru

Алекперов Рафик Гасанович

Заведующий испытательной лабораторией «Светопрозрачные конструкции и фасадные системы», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, 5187132@mail.ru

Alekperov Rafik Gasanovich

Head of the Testing Laboratory «Translucent Structures and Facade Systems», National Research Moscow State Civil Engineering University (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, 5187132@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – определение причин ухудшения основных характеристик оконных конструкций в процессе эксплуатации. Исследован один из ряда факторов, влияющих на эксплуатационную пригодность оконных конструкций. Исследовано свойство необратимой деформативности профилей ПВХ для оконных конструкций. Использованы результаты натурного обследования оконных конструкций жилого комплекса. Проанализировано состояние вопроса и обоснована актуальность проблемы: влияние температурных климатических воздействий на оконные конструкции из ПВХ-профиля. Выполнены лабораторные исследования с использованием существующих методов испытаний, предназначенных для ПВХ-профилей. Образцы для испытаний были предоставлены застройщиком жилого комплекса. Количественно определено влияние положительной температуры на деформацию профилей до начала эксплуатации и в процессе эксплуатации. Полученные результаты позволяют рассчитать деформатив-

Abstract. The purpose of the study is to determine the reasons for the deterioration of the main characteristics of window structures during operation. One of a number of factors affecting the operational suitability of window structures has been studied. The property of irreversible deformability of PVC profiles for window structures has been studied. The results of a full-scale survey of window structures of a residential complex were used. The state of the issue is analyzed and the urgency of the problem is substantiated: the influence of temperature climatic influences on window structures made of PVC profiles. Laboratory studies were carried out using existing test methods intended for PVC profiles. Samples for testing were provided by the developer of the residential complex. The effect of positive temperature on the deformation of profiles before the start of operation and during operation was quantified. The results obtained make it possible to

Введение

На сегодняшний день наиболее распространенными являются оконные блоки из поливинилхлорида (в даль-

pri poverochnyh raschetah [On accounting for the state of metal structures during verification calculations] / A. A. Sineev. – DOI 10.12737/article_5bd95a755cd1e3.14923279 // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shuhova [Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov]. – 2018. – № 10. – P. 74–79.

ность и разработать дополнительные требования проектирования оконных конструкций.

Доказана необходимость введения нового критерия оценки состояния конструкций. Для этого нужно по истечении контрольного периода (не менее 1 года) выполнить повторные лабораторные испытания контрольных образцов – оконных блоков из ПВХ-профиля.

Предполагаются дальнейшие исследования необратимой термической деформации ПВХ-профилей с целью накопления статистических данных для создания методики расчета компенсации деформативности ПВХ-профилей в оконных блоках в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: климатические температурные воздействия, светопрозрачные конструкции, окна, деформация профилей, термоусадка ПВХ-профиля, методика расчета температурной деформации.

calculate the deformability and develop additional requirements for the design of window structures.

The necessity of introducing a new criterion for assessing the state of structures is proved. To do this, after the control period (at least 1 year), it is necessary to perform repeated laboratory tests of control samples – PVC profile window blocks.

Further studies of the irreversible thermal deformation of the PVC profile are planned in order to accumulate statistical data in order to create a methodology for calculating the compensation for the PVC profile deformability in window blocks during operation.

Keywords: climatic temperature effects, translucent structures, windows, profile deformation, PVC profile heat shrinkage, temperature deformation calculation method.

нейшем – ПВХ-профили), они занимают более 75 % рынка оконных конструкций. Широкое распространение ПВХ-профилей позволило систематизировать основные

отказы. Наиболее частым встречаемым отказом является отклонение от прямолинейности кромок профилей [6] (не более 1 мм на длину 1 м) оконной конструкции в процессе эксплуатации. Данный недостаток существенно снижает основные характеристики оконного блока, такие как воздухопроницаемость, водонепроницаемость, звукоизоляция, сопротивление теплопередаче. Как следствие, приводит к дополнительным затратам на отопление, ухудшает звукоизоляцию и микроклимат в помещениях [8; 10; 12].

Нормативные документы обязывают обеспечить качество конструкции только новых оконных блоков в момент испытания и никак не нормируют контроль качества и методики контроля в период эксплуатации. Необходимо дальнейшее исследование действительного состояния оконных конструкций в процессе эксплуатации.

Исследованиями в области эксплуатационной пригодности [4; 5; 9] оконных конструкций установлено, что степень сохранности материала определяется теми воздействиями, которым он подвергается при эксплуатации. Если при этом конструкции испытывают неравномерные деформации, то возникают дополнительные напряжения, в результате которых возможны частичное разрушение материала и снижение несущей способности элементов конструкций.

В настоящее время проектировщики рассматривают оконные конструкции как статичные конструкции, характеристики которых не меняются в течение временного периода (периода эксплуатационной пригодности). Недостаточно исследованы зависимости внутренних изменений в материалах конструкций от климатических воздействий, что существенно искажает их действительные характеристики [7; 10]. Это не позволяет корректно учитывать и прогнозировать срок эксплуатации оконных конструкций из ПВХ-профилей в зависимости от климатических воздействий.

При выполнении натурных обследований оконных блоков из ПВХ-профилей в эксплуатируемом более одного года жилом комплексе (далее ЖК) обнаружено, что при воздействии отрицательных температур профильные элементы оконного блока (импост) получили стрелу прогиба (изгиб из плоскости окна) с внешней стороны (рисунок 1) значительно больше расчетного значения [4; 10]. Существенно изменяется воздухопроницаемость [11] оконного блока. Аналогичные изгибы были обнаружены у 22 оконных блоков. С целью определения – является ли воздействие отрицательных температур на изгибы про-

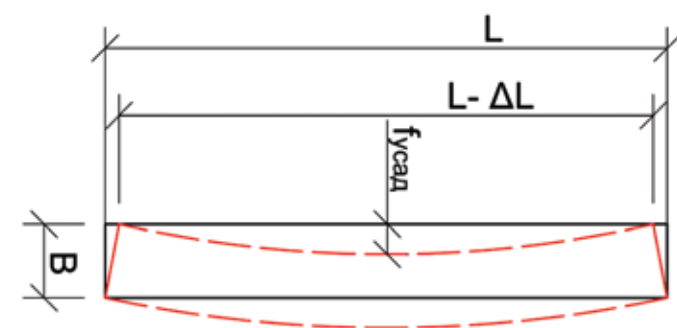


Рис. 1. Замер стрелы изгиба ПВХ-профилей оконного блока с внешней стороны

Fig. 1. Measurement of the bending arrow of the PVC profiles of the window block from the outside

филей единственной причиной – было принято решение о демонтаже оконных блоков и выполнении исследования в лабораторных условиях.

Оконные блоки кондиционированы в лабораторных условиях в течение 48 часов при температуре +22 °С (рисунок 2). Установлено, что стрела изгиба уменьшилась, но не исчезла полностью, то есть имела место остаточная необратимая деформация профилей ПВХ оконного блока.

На основании полученных результатов можно сделать предположение, что воздействие отрицательных температур не является единственной причиной деформации профилей ПВХ.

Была поставлена задача: определить причины возникновения остаточной деформации профилей ПВХ.

Материалы и методы

Образцы для испытаний предоставлены застройщиком жилого комплекса, в котором ранее выполнено натурное обследование. Была предоставлена уникальная возможность исследования оконных ПВХ-профилей, которые были в эксплуатации более 1 года, и ПВХ-профилей непосредственно с производства. Конструкция профиля, цвет совпадали. В лабораторию для испытаний переданы оконные блоки из 3-камерного ПВХ-профиля системы «IVAPER 62», системной глубиной 62 мм. Конструкции изделий имеют два контура уплотняющих прокладок в притворах. Цвет светопрозрачных конструкций:

- белый (изнутри);
- RAL 7015 (снаружи).

Исследовались только ламинированные или окрашенные профили.

Методы испытаний определяет нормативный документ [2]. Изменение линейных размеров после теплового воздействия определяют методом «по рискам» на трех образцах длиной (220 ± 5) мм в продольном направлении со

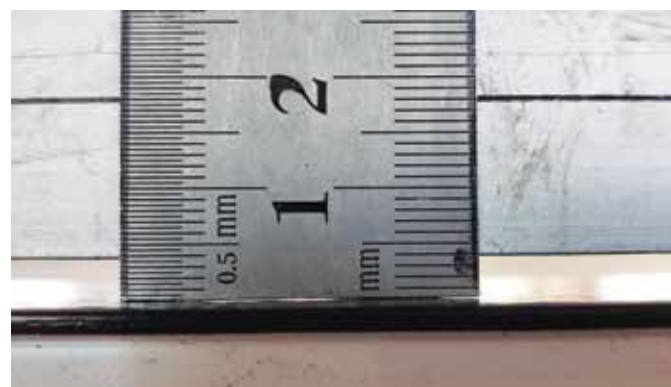


Рис. 2. Замер стрелы прогиба ПВХ-профиля в лабораторных условиях

Fig. 2. Measurement of the deflection of the PVC profile in the laboratory



Рис. 3. Замер температуры профилей оконного блока
Fig. 3. Temperature measurement of window block profiles



Рис. 4. Испытания образцов в термошкафу
Fig. 4. Testing samples in a heating cabinet

следующими дополнениями:

- линейка измерительная;
- расстояние между иглами разметочного шаблона – $(200 \pm 0,1)$ мм;
- риски наносят на лицевые поверхности образца;
- образец укладывают на пластинку, покрытую тальком;
- температура теплового воздействия – (100 ± 2) °С;
- время теплового воздействия – (60 ± 2) мин.

Гипотеза

Была сформулирована гипотеза, что причиной остаточной деформации профиля ПВХ является изменение структуры ПВХ-профиля под воздействием нагрева в летний период эксплуатации. Нормативный документ [2] ограничивает изменение линейных размеров после теплового воздействия 100 °С в течение 1 часа на величину не более 2 %. Предполагается, что температурное воздействие 70–75 °С в течение 24 часов приводит к изменению линейных размеров в пределах ~0,5–1 %, в зависимости от рецептуры профиля и реологии экструзии профиля ПВХ. В работах [1], [3] исследованы деформационная теплостойкость и коэффициент линейного термического расширения полимеров. В интервале температур от 20 до 65 °С деформация практически не изменяется, после 70 °С является существенной и имеет отрицательный характер. Это явление приводит к уменьшению длины внешней поверхности ПВХ-профиля (рисунок 1) при неизменной длине внутренней поверхности, вследствие чего образуется стела прогиба $f_{\text{изг}}$ (мм).

Результаты

Для решения поставленной задачи требовалось разде-

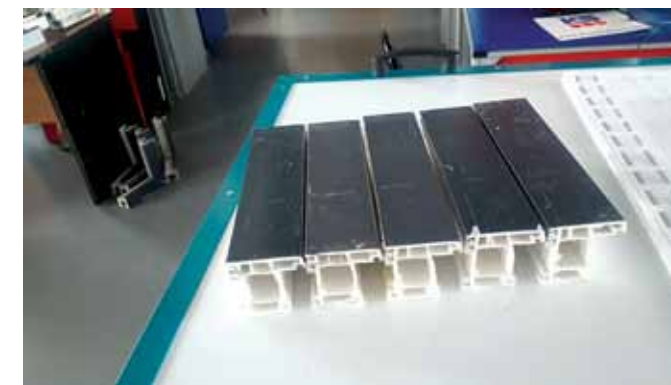


Рис. 5. Определение изменения линейных размеров после нагрева
Fig. 5. Determining the change in linear dimensions after heating

лить испытуемые образцы на две группы, которые ранее:

- 1) не эксплуатировались,
- 2) эксплуатировались более 1 года.

Возможность проведения исследования появилась благодаря поставщику оконных блоков, осуществлявшего остекление вышеупомянутого ЖК.

Для определения величины температурного воздействия на ПВХ-профили было учтено, что в летнее время на территории Москвы и Московской области ПВХ-профили окрашенные или ламинированные нагреваются до температуры 70–75 °С градусов. Эти данные получены в результате нескольких натурных обследований оконных конструкций в летний период времени (рисунок 3).

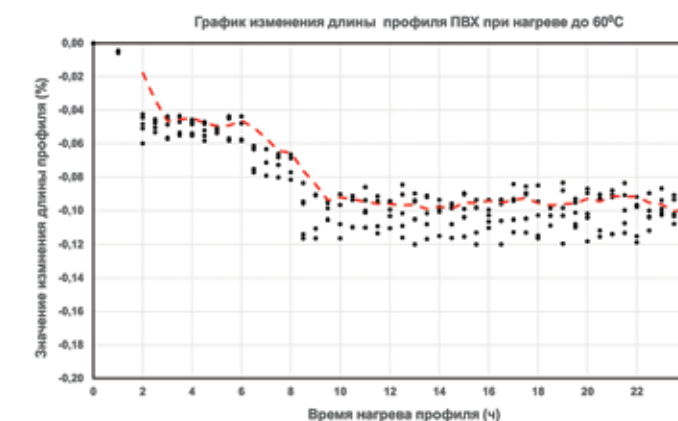


Рис. 6. График изменения длины профиля ПВХ при нагреве до 60 °С (профиль не эксплуатировался)

Fig. 6. Graph of change in the length of the PVC profile when heated to 60 °C (the profile has not been used)

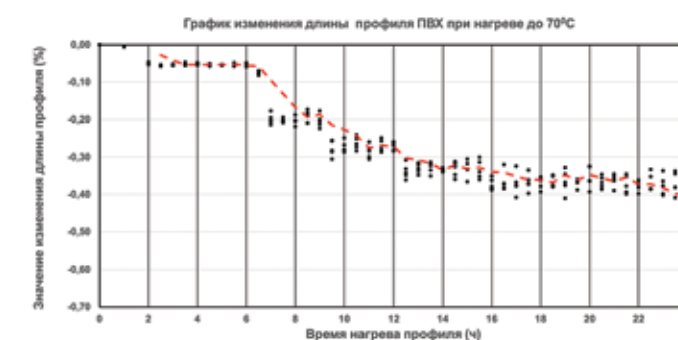


Рис. 7. График изменения длины профиля ПВХ при нагреве до 70 °С (профиль не эксплуатировался)

Fig. 7. Graph of change in the length of the PVC profile when heated to 70 °C (the profile has not been used)

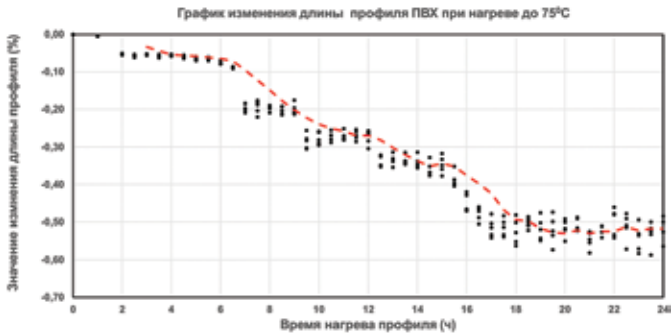


Рис. 8. График изменения длины профиля ПВХ при нагреве до 75 °С (профиль не эксплуатировался)

Fig. 8. Graph of change in the length of the PVC profile when heated to 75 °C (the profile has not been used)

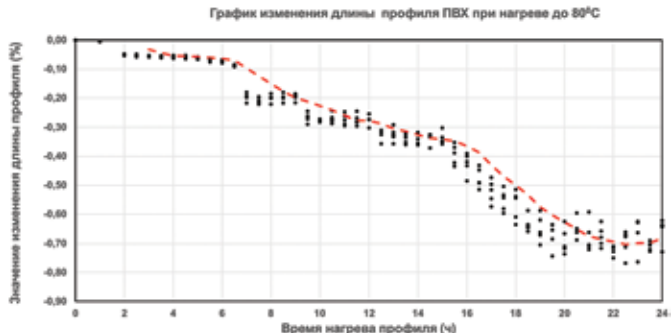


Рис. 9. График изменения длины профиля ПВХ при нагреве до 80 °С (профиль не эксплуатировался)

Fig. 9. Graph of change in the length of the PVC profile when heated to 80 °C (the profile has not been used)

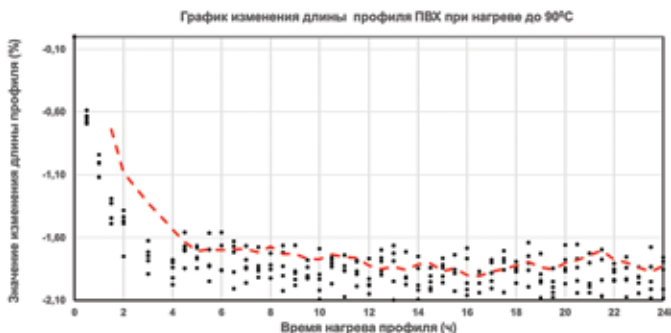


Рис. 10. График изменения длины профиля ПВХ при нагреве до 90 °С (профиль не эксплуатировался)

Fig. 10. Graph of change in the length of the PVC profile when heated to 90 °C (the profile has not been used)



Рис. 11. График изменения длины профиля ПВХ при нагреве до 100 °С (профиль не эксплуатировался)

Fig. 11. Graph of change in the length of the PVC profile when heated to 100 °C (the profile has not been used)

Испытание 1. Оконный блок не эксплуатировался

Методику испытаний по определению термоусадки

Температура (°C)	Изменение длины профиля ПВХ (%)
20	0,00
50	0,00
60	-0,10
70	-0,35
75	-0,50
80	-0,65
90	-1,60
100	-1,80

Табл. 1. Результаты испытаний температурных воздействий на ПВХ-профиль (профиль не эксплуатировался)

Tab. 1. The results of testing the temperature effects on the PVC profile (the profile was not used)

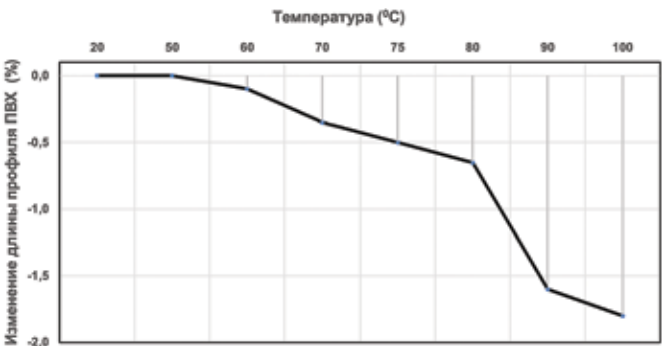


Рис. 12. График изменения длины профиля ПВХ при нагреве от 20 до 100 °С (профиль не эксплуатировался)

Fig. 12. Graph of the change in the length of the PVC profile when heated from 20 to 100 °C (the profile was not used)

ПВХ-профиля определяет нормативный документ [2]. Подготовлены образцы длиной (220±5) мм из испытуемых оконных блоков (рисунки 4, 5). На лицевую поверхность образцов в продольном направлении нанесены риски длиной (200±0,2) мм. Образцы помещены в термощаф на 24 часа (рисунок 4). После термического воздействия выполнен повторный замер между нанесенными рисками (рисунок 5). Температура теплового воздействия была дискретной, с шагом для каждого образца 60, 70, 75, 80, 90, 100 °С, время воздействия 24 часа. Необходимо пояснить, что для каждого испытания формировалась группа из пяти образцов, ранее не подвергнутых нагреву в термощафу. Результаты испытаний приведены на графиках (рисунки 6, 7, 8, 9, 10, 11).

Испытание 2. Профиль эксплуатировался

В испытании использованы профили ПВХ оконных блоков, которые эксплуатировались более 1 года.

Предельная возможная термоусадка для профилей ПВХ, которые не были в эксплуатации, составила 1,8 % при 100 °С. Если при эксплуатации более 1 года произошла частичная термоусадка, то это можно будет выявить, испытав ПВХ-профили (бывшие в эксплуатации) на температурное воздействие 100 °С в течение 24 часов. Результаты испытаний приведены на рисунке 13. Среднее значение термоусадки ПВХ-профиля, который эксплуатировался более 1 года, составило 1,3 %. Величина прогиба превышает нормативное требование [2]. Учитывая результаты ранее выполненных испытаний (таблица 1), можно сделать вывод, что в ходе эксплуатации в результате климатических температурных воздействий значение термоусадки профиля составило ~0,5 % от длины испытуемого образца по внешней лицевой поверхности. Таким образом, прогиб внешней лицевой поверхности является необратимым процессом и связан с изменением в струк-

туре ПВХ-профиля. Для компенсации выявленного недостатка необходимо разработать новые требования для проектирования с учетом [5] климатической зоны.

Гипотеза была подтверждена – оконные конструкции из экшированных (ламинированных, окрашенных) ПВХ-профилей меняют свои геометрические характеристики в процессе эксплуатации в течение небольшого периода времени (не более 1 года). Следовательно, результаты испытаний новых оконных блоков не отражают действительного состояния на протяжении всего срока эксплуатации. Требуется введение нового критерия оценки состояния оконных конструкций. Для этого необходимо по истечении контрольного периода (не менее 1 года) выполнить повторные лабораторные испытания контрольных образцов оконных конструкций.

Заключение

1. Анализ результатов изменений линейных размеров ПВХ-профилей после теплового воздействия показал, что экшированные (ламинация, окраска) с внешней стороны ПВХ-профили оконных блоков, которые установлены и эксплуатировались, имеют значительно меньшее значение термоусадки (среднее 1,3 %), чем профили оконных конструкций, которые не установлены и не были подвержены внешним естественным температурным воздействиям окружающей среды (среднее 1,8 %). Можно сделать вывод, что в профилях установленных оконных конструкций произошла **частичная термоусадка внешней лицевой поверхности** (уменьшение длины профиля) на величину равной ~0,50 %.

Необходимо отметить, что возникшая деформация профилей **является необратимой** и кривизна профиля (вогнутость со стороны улицы) **сохраняется в даль-**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крыжановский, В. К. Физические и технологические аспекты использования термомеханических кривых полимеров / В. К. Крыжановский // Известия Санкт-Петербургского государственного технического института (Технического университета). – 2015. – № 31 (57). – С. 59–63.
2. Профили поливинилхлоридные для оконных и дверных блоков. Технические условия : ГОСТ 30673-2013 : Межгосударственный стандарт : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2013 г. № 44) : введ. в дейст. в качестве национального стандарта Российской Федерации Приказом Фед. агентства по тех. регулированию и метрологии от 22 октября 2014 г. № 1372ст с 1 мая 2015 г. // Стандартинформ. – Москва, 2015. – Издание официальное.
3. Аскадский, А. А. Оценка деформационной теплоустойчивости и коэффициента линейного термического расширения представленных образцов / А. А. Аскадский // Российская академия наук, Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова. – URL: <https://www.savewood.ru/wp-content/uploads/2017/04/SW-Zakluchenie-potermomehanike.pdf>.
4. Калабин, В. А. Оценка величины тепловой деформации ПВХ-профиля. Ч. 1. Зимние поперечные деформации / В. А. Калабин // Светопрозрачные конструкции. – 2013. – № 1–2. – С. 6–9.
5. Александровский, С. В. Долговечность наружных ограждающих конструкций / С. В. Александровский; Науч.-исслед., проект-конструктор. и технол. ин-т бетона и железобетона (ГУП НИИЖБ ГНЦ «Строительство»). – Москва : НИИСФ РА-АСН, 2004. – 332 с.

REFERENCES

1. Kryzhanovsky, V. K. Fizicheskie i tekhnologicheskie aspekty ispol'zovaniya termomekhanicheskikh krivykh

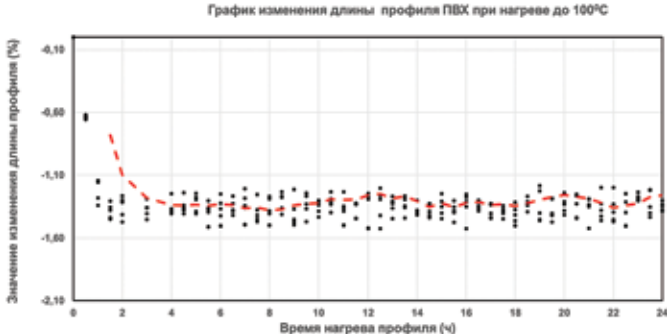


Рис. 13. График изменения длины профиля ПВХ при нагреве до 100 °С (профиль эксплуатировался)

Fig. 13. Graph of change in the length of the PVC profile when heated to 100 °C (the profile was in operation)

нейшем в процессе эксплуатации. Прогиб внешней лицевой поверхности является необратимым дефектом и связан с изменением структуры ПВХ-профиля. Величина прогиба превышает нормативное требование [2]. Для компенсации выявленного недостатка необходимо разработать новые требования для проектирования с учетом [5] климатической зоны эксплуатации оконных блоков.

2. Результаты исследования основных характеристик новых оконных блоков экшированных (ламинация, окраска оконных блоков с внешней стороны) не отражают действительного состояния оконных конструкций на протяжении срока эксплуатации. Требуется введение нового критерия оценки состояния конструкций. Для этого необходимо по истечении контрольного периода (не менее 1 года) выполнить повторные лабораторные испытания контрольных образцов оконных блоков из ПВХ-профиля.

6. Блоки оконные. Общие технические условия : ГОСТ 23166-99 : Межгосударственный стандарт : принят Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве 2 декабря 1999 г. // Госстрой России, ГУП ЦПП. – Москва, 2000. – Издание официальное.
7. Елдашов, Ю. А. Экспериментальное исследование типовых оконных блоков на геометрическую стабильность и приведенное сопротивление теплопередаче от действия тепловых нагрузок / Ю. А. Елдашов, С. Г. Сесюнин, В. Н. Ковров // Вестник МГСУ. – 2009. – № 3. – С. 146–149.
8. Кунин, Ю. С. Зависимость воздухопроницаемости светопрозрачных конструкций от температурных воздействий / Ю. С. Кунин, Р. Г. Алекперов, Т. В. Потапова // Промышленное и гражданское строительство. – 2018. – № 10. – С. 114–120.
9. Алекперов, Р. Г. К вопросу о долговечности светопрозрачных конструкций / Р. Г. Алекперов, Т. В. Потапова // Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – № 9. – С. 30–34.
10. Константинов, А. П. Влияние отрицательных температур на теплотехнические характеристики оконных блоков из ПВХ профилей / А. П. Константинов, А. А. Верховский // Строительство и реконструкция. – 2019. – № 3 (83). – С. 72–82.
11. Шеховцов, А. В. Воздухопроницаемость оконного блока из ПВХ профилей при действии отрицательных температур / А. В. Шеховцов // Вестник МГСУ. – 2011. – № 3–1. – С. 263–269.
12. Дацюк, Т. А. Влияние воздухопроницаемости ограждающих конструкций на энергопотребление жилых зданий / Т. А. Дацюк, А. М. Гримитлин // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 6 (65). – С. 182–187.

polimerov [Physical and technological aspects of the use of thermomechanical curves of polymers] / V. K. Kryzhanovskij // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo

- tekhnicheskogo instituta (Tekhnicheskogo universiteta) [Proceedings of the St. Petersburg State Technical Institute (Technical University)]. – 2015. – № 31 (57). – P. 59–63.
2. Profili polivinilkloridnye dlya okonnykh i dvernykh blokov. Tekhnicheskie usloviya : GOST 30673-2013 : Mezhdgosudarstvennyy standart [Polyvinyl chloride profiles for window and door blocks. Technical specifications : GOST 30673-2013 : Interstate standard] : prinyat Mezhdgosudarstvennym sovetom po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii (protokol ot 14 noyabrya 2013 g. № 44) [adopted by the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (Protocol No. 44 of November 14, 2013)] : vved. v dejst. v kachestve natsional'nogo standarta Rossijskoj Federatsii Prikazom Fed. agentstva po tekhn. regulirovaniyu i metrologii ot 22 oktyabrya 2014 g. № 1372st s 1 maya 2015 g. [introduction in fact. as a national standard of the Russian Federation by Order of the Federal Agency for Technical regulation and metrology dated October 22, 2014 No. 1372st from May 1, 2015] // Standartinform. – Moscow, 2015. – Official publication.
 3. Askadsky, A. A. Otsenka deformatsionnoj teplostojkosti i koefitsienta linejnogo termicheskogo rasshireniya predstavlennykh obraztsov [Evaluation of deformation heat resistance and coefficient of linear thermal expansion of the presented samples] / A. A. Askadsky // Rossijskaya akademiya nauk, Institut ehlementoorganicheskikh soedinenij im. A. N. Nesmeyanova [Russian Academy of Sciences, Institute of Organoelement Compounds named after A. N. Nesmeyanov]. – URL: <https://www.savewood.ru/wp-content/uploads/2017/04/SW-Zakluchenie-po-termomehanike.pdf>.
 4. Kalabin, V. A. Otsenka velichiny teplovoj deformatsii PVKH-profilya. Ch. 1. Zimnie poperechnye deformatsii [Estimation of the thermal deformation of the PVC profile. Part 1. Winter transverse deformations] / V. A. Kalabin // Svetoprozrachnye konstruksii [Translucent constructions]. – 2013. – № 1–2. – P. 6–9.
 5. Alexandrovsky, S. V. Dolgovechnost' naruzhnykh ograzhdayushhih konstruksij [Durability of external enclosing structures]. / S. V. Aleksandrovskij; Nauch.-issled., projekt.-konstruktor. i tekhnol. in-t betona i zhelezobetona (GUP NII ZHB GNTS «Stroitel'stvo») [Scientific research, project-constructor. and technol. in-t of concrete and reinforced concrete (GUP NII ZHB SSC «Construction»)]. – Moscow : NIISF RAASN, 2004. – 332 p.
 6. Bloki okonnye. Obshhie tekhnicheskie usloviya : GOST 23166-99 : Mezhdgosudarstvennyy standart [Window blocks. General technical conditions : GOST 23166-99 : Interstate standard] : prinyat Mezhdgosudarstvennoj nauchno-tekhnicheskoy komissiej po standartizatsii, tekhnicheskomu normirovaniyu i sertifikatsii v stroitel'stve 2 dekabrya 1999 g. [adopted by the Interstate Scientific and Technical Commission for Standardization, Technical Standardization and Certification in Construction on December 2, 1999] // Gosstroj Rossii, GUP TSPP [Gosstroy of Russia, SUE CPP]. – Moscow, 2000. – Official publication.
 7. Yeldashov, Yu. A. Ekhspierimental'noe issledovanie tipovykh okonnykh blokov na geometricheskuyu stabil'nost' i privedennoe soprotivlenie teploperedache ot dejstviya teplovykh nagruzok [Experimental study of typical window blocks for geometric stability and reduced resistance to heat transfer from the action of thermal loads] / Yu. A. Eldashov, S. G. Sesyunin, V. N. Kovrov // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2009. – № 3. – P. 146–149.
 8. Kunin, Yu. S. Zavisimost' vozdukhopronitsaemosti svetoprozrachnykh konstruksij ot temperaturnykh vozdeystvij [Dependence of the air permeability of translucent structures on temperature effects] / Yu. S. Kunin, R. G. Alekperov, T. V. Potapova // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2018. – № 10. – P. 114–120.
 9. Alekperov, R. G., K voprosu o dolgovechnosti svetoprozrachnykh konstruksij [On the issue of the durability of translucent structures] / R. G. Alekperov, T. V. Potapova // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2017. – № 9. – P. 30–34.
 10. Konstantinov, A. P. Vliyanie otritsatel'nykh temperatur na teplotekhnicheskie kharakteristiki okonnykh blokov iz PVKH profilej [Influence of negative temperatures on the thermal performance of window blocks made of PVC profiles] / A. P. Konstantinov, A. A. Verkhovskij // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya [Construction and Reconstruction]. – 2019. – № 3 (83). – P. 72–82.
 11. Shekhovtsov, A. V. Vozdukhopronitsaemost' okonnogo bloka iz PVKH profilej pri dejstvii otritsatel'nykh temperatur [Air permeability of a window block made of PVC profiles under the action of negative temperatures] / A. V. Shekhovtsov // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2011. – № 3–1. – P. 263–269.
 12. Datsyuk, T. A. Vliyanie vozdukhopronitsaemosti ograzhdayushhih konstruksij na ehnergopotreblenie zhilykh zdaniy [Influence of air permeability of building envelopes on the energy consumption of residential buildings] / T. A. Datsyuk, A. M. Grititlin // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers]. – 2017. – № 6 (65). – P. 182–187.

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 подрисовочными подписями, номерами рисунков и необходимыми пояснениями к ним; шрифт – Times New Roman, 12 пт., межстрочный интервал – полуторный.
9. Рисунки с подрисовочными 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.

Страна: Россия Город: Москва
ПЕРИОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ (4 ВЫПУСКА В ГОД)

ISSN 2658-5340 (Print)

**Научно-технический журнал
«Строительное производство» издается 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 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР»

Учредитель Ефимов В. В.

Главный редактор Лapidус А. А.

Выпускающий редактор Зуева 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 2 (42) 2022
Дата публикации: 17 мая 2022 года

Отпечатано в типографии ООО «PROMZONA»
105066, Москва, ул. Ольховская, д. 14, стр. 4
Тираж 550 экз. Свободная цена



Телефон: +7 (495) 162 61 02
e-mail: info@build-pro.press
сайт журнала: www.build-pro.press

127018, РФ, Москва, Сущевский вал,
д. 16, стр. 5, этаж 4, кабинет 405
сайт издательства: www.mosnec.com

© Редакция научно-технического журнала «Строительное производство», 2022