

ISSN 2658-5340 (Print)



СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с 2010 г.

CONSTRUCTION
PRODUCTION

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

№4
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)



**Липидус
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»

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»

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

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

ЛЕОНИОВИЧ 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»

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

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

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

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

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

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

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

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»

ФЕДОСОВ С. В. – д-р техн. наук, профессор, 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, ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Академия строительства и архитектуры

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ И ТАКТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ОСНАЩЕННОСТЬЮ СТРОИТЕЛЬСТВА

Липидус А. А., Тускаева З. Р. 3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ГОРНЫХ РАЙОНОВ

Олейник П. П., Израелян Р. Г., Израелян М. А. 9

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛЕДОВАНИЮ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Кузьмина Т. К., Кагазежев А. Ю., Боровкова А. Е. 14

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ И НИВЕЛИРОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА ОТКЛОНЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Куренков О. Г. 18

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Кузьмина Т. К., Бабушкина Д. Д., Волков Р. В., Коблюк Д. А. 24

АПРИОРНЫЕ РИСКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Макаров А. Н. 29

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Иванов Н. А., Гневанов М. В. 33

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАЙНЫХ ОСНОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Кузьмина Т. К., Фатуллаев Р. С., Самарин П. И. 38

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПО ПОВЫШЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ МАССОВОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ

Погодин Д. А., Абрамова А. И. 44

МЕТОД СОВМЕЩЕННОГО ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПИОНЕРНОГО И ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДОВ

Олейник П. П., Олейник Н. С. 48

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ

Топчий Д. В., Ершов Р. М., Токарский А. Я. 52

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ, ПОДЛЕЖАЩИХ КАПИТАЛЬНОМУ РЕМОНТУ

Липидус А. А., Экба С. И., Кормухин С. А., Билонда Т. Е. 58

АРХИТЕКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОБЫТИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Лосев К. Ю., Крестелев Д. И. 65

ПОДГОТОВКА ФАЙЛОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ В ПРОГРАММЫ ВЫЯВЛЕНИЯ КОЛЛИЗИЙ

Макиша Е. В., Семенова К. С. 73

ПРАКТИКООРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ СТАНДАРТА ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА

Морозенко А. А., Швеиц Н. С. 80

АНАЛИЗ ТРУДОЕМКОСТИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ В РАЗНЫХ СТРАНАХ

Фатуллаев Р. С., Бидов Т. Х., Хубаев А. О., Кузьмина Т. К. 86

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ НА ОБЪЕКТАХ ГРАЖДАНСКОГО ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Топчий Д. В., Кочурина Е. О., Кочетков А. Ю., Чернигов В. С. 91

СТЕПЕНЬ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НА РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Лapidус А. А., Тускаева З. Р. 95

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ЖИЛОГО НАЗНАЧЕНИЯ В РАМКАХ ПРОГРАММЫ РЕНОВАЦИИ

Бидов Т. Х., Фатуллаев Р. С., Хубаев А. О., Шестерикова Я. В., Николенко Д. М. 100

Материалы Международной научно-практической конференции
«Технологии, организация и управление в строительстве» TOMiC-2022

ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ, АДАПТИВНЫЙ МОНТАЖ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ КОНВЕЙЕРНЫМ МЕТОДОМ

Молодин В. В., Котков Р. В. 106

ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Мищенко В. Я., Казаков Д. А., Ткаченко А. Н., Казакова Е. Д. 114

ОСОБЕННОСТИ ДЕГРАДАЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПОДВЕРГШИХСЯ ХЛОРИДНОЙ АГРЕССИИ

Молодин В. В., Новиков Д. С. 121

РАЗВИТИЕ ОСНОВНЫХ ВИДОВ СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ НА РЫНКЕ ЖИЛЬЯ

Хрусталеv Б. Б., Чудайкина Т. Н., Каргин А. А. 127

Лapidус Азарий Абрамович

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

Lapidus Azarij Abramovich

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

Тускаева Залина Руслановна

Кандидат экономических наук, доцент, декан Архитектурно-строительного факультета, ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)» (СКГМИ (ГТУ)), Россия, 362021, Республика Северная Осетия – Алания, Владикавказ, улица Николаева, 44, tuskaevazalina@yandex.ru

Tuskaeva Zalina Ruslanovna

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Architecture and Construction, North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University) (NCIMM (STU)), Russia, 362021, Republic of North Ossetia – Alania, Vladikavkaz, ulitsa Nikolaeva, 44, tuskaevazalina@yandex.ru

Аннотация.

Целью данной статьи является необходимость обоснования вопросов стратегического и тактического планирования технической оснащённости строительства. Это связано с тем, что последние три десятилетия не уделялось должного внимания отдельным направлениям производственно-хозяйственной деятельности. В итоге происходящие в отрасли процессы привели к снижению результатов деятельности и отразились на показателях эффективности использования основных фондов, касающихся их активной части, то есть машин и механизмов.

Для решения поставленных в статье задач применены методы исследования: статистический, аналогий, абстрактно-логический. Был проанализирован опыт работы десятка строительных организаций.

На основе изучения материала и анализа состояния вопроса обоснована необходимость стратегического и тактического планирования вопросов управления технической оснащённостью строительства. Рассмотрены основные алгоритмы реали-

зации поставленных целей стратегического управления. Произведен сравнительный анализ обоих методов планирования для выявления диапазона решаемых задач каждым из рассмотренных. Предложены алгоритм управленческого цикла и дерево целей стратегического управления.

Сделан вывод, что управление технической оснащённостью строительства – задача, которая должна решаться планомерно в ходе осуществления производственно-хозяйственной деятельности, ежедневно и на перспективу. Поэтому управление этим видом деятельности должно носить как стратегический характер, так и тактический. Только при таком подходе, на основании постоянного мониторинга, может быть обеспечен эффект, необходимый как отрасли в целом, так и самостоятельным организациям или интегрированным структурам, обслуживающим ее.

Ключевые слова:

стратегия развития, тактическое планирование, стратегическое планирование, дерево целей, техническая оснащённость.

Abstract.

The purpose of this article is the need to substantiate the issues of strategic and tactical planning of the technical equipment of construction. This is due to the fact that over the past three decades, due attention has not been paid to certain areas of production and economic activity. As a result, the processes taking place in the industry led to a decrease in performance and were reflected in the indicators evaluating the efficiency of the use of fixed assets relating to their active part, that is, machines and mechanisms.

To solve the problems posed in the article, research methods were applied: statistical, analogy, abstract-logical. The experience of a dozen construction organizations was analyzed.

Based on the study of the material and the analysis of the state of the issue, the necessity of strategic and tactical planning of the issues of managing the technical equipment of construction is substantiated. The main algorithms for the implementation

Введение

Приведенные ниже показатели производственно-хозяйственной и финансовой деятельности строительных организаций РФ нацеливают на выработку концептуальных положений и соответствующих шагов и действий по конкретизации вопросов управления. Основные финан-

of the goals of strategic management are considered. A comparative analysis of both planning methods was made to identify the range of tasks to be solved by each of the considered ones. An algorithm for the management cycle and a tree of strategic management goals are proposed.

It is concluded that the management of the technical equipment of construction is a task that must be addressed systematically in the course of the implementation of production and economic activities on a daily basis and in the future. Therefore, the management of this type of activity should be both strategic and tactical. Only with this approach, on the basis of constant monitoring, can the effect necessary both for the industry as a whole and for independent organizations or integrated structures serving it be achieved.

Keywords:

development strategy, tactical planning, strategic planning, goal tree, technical equipment.

совые показатели организаций, наиболее полно отражающие ситуацию в строительной отрасли, приведены в таблице 1 [1].

Из таблицы 1 следует, что наблюдается увеличение числа убыточных организаций. Согласно таблице 2 наблюдается свертывание инвестиций в условиях прогресс-

© Лapidус А. А., Тускаева З. Р., 2022
Строительное производство № 4 2022

№ п/п	Наименование показателя	2005	2010	2015	2018	2019
1	Сальдированный финансовый результат (прибыль минус убыток): млн руб. в процентах к предыдущему году	38956112,1	8701783,3	–54329	–62572	–29485
2	Удельный вес прибыльных организаций в общем числе организаций, %	66	70,8	67,2	65,3	64,8
3	Удельный вес убыточных организаций из общего числа, %	34	29,2	32,8	34,7	35,2
4	Рентабельность проданных товаров, работ и услуг, %	3,9	4,5	3,8	3,9	4,5

Табл. 1. Основные финансовые показатели организаций по направлению деятельности «Строительство»
Tab. 1. The main financial indicators of organizations in the direction of activity «Construction»

Показатель	2005	2015	2019	2020
Основные фонды, млрд руб.	264,30	1131,00	1260,80	1445,05
Структура основных фондов, % на конец года:				
– здания	26,20	26,80	11,70	11,50
– сооружения	9,90	13,80	71,40	70,70
– машины, оборудование	42,10	38,00	13,00	13,70
– транспорт	18,40	18,20	3,50	3,70
Степень износа на конец года, %	42,00	47,30	51,90	–
Удельный вес полностью изношенных основных фондов, % от общего их объема	12,20	14,00	19,30	–

Табл. 2. Основные фонды организаций, занимающихся строительной деятельностью
Tab. 2. Fixed assets of organizations engaged in construction activities

№ п/п	Наименование	2021		Удельный вес машин с истекшим сроком службы, %				
		Всего, тыс. шт.	В том числе заруб. произв., %	2005	2010	2015	2020	2021
1	Экскаваторы	11,60	79,40	46,80	37,30	31,20	37,50	36,10
2	Скреперы	0,10	44,00	71,00	64,20	74,20	80,40	63,00
3	Бульдозеры	7,00	57,00	57,80	49,90	46,70	51,60	48,80
4	Краны башенные	2,20	39,80	74,00	55,80	46,60	40,40	33,60
5	Краны автомобильные	6,60	37,10	49,40	41,40	36,30	40,90	39,60
6	Краны гусеничные	2,10	49,60	75,00	68,60	63,60	50,40	47,90

Табл. 3. Наличие и состояние основных строительных машин в строительных организациях
Tab. 3. Availability and condition of the main construction machines in construction organizations

№ п/п	Период	Средний по организации за год, полгода	В том числе строительные организации с численностью работников, чел.			
			до 50	51–100	101–250	Свыше 250
1	2014	63,50				
	1 квартал		55	60	64	67
	2 квартал		55	60	65	68
	3 квартал		57	61	65	69
	4 квартал		57	61	65	69
2	2015	64,75				
	1 квартал		59	61	64	69
	2 квартал		60	61	64	69
	3 квартал		61	62	64	69
	4 квартал		60	62	64	69
3	2019	62,00				
	1 квартал		59	61	64	69
	2 квартал		60	61	64	69
	3 квартал		61	62	64	69
	4 квартал		60	62	64	69
4	2020	62,00				
	1 квартал		59	61	64	69
	2 квартал		60	61	64	69
	3 квартал		61	62	64	69
	4 квартал		60	62	64	69

Табл. 4. Средний уровень использования мощностей
Tab. 4. Average level of capacity utilization

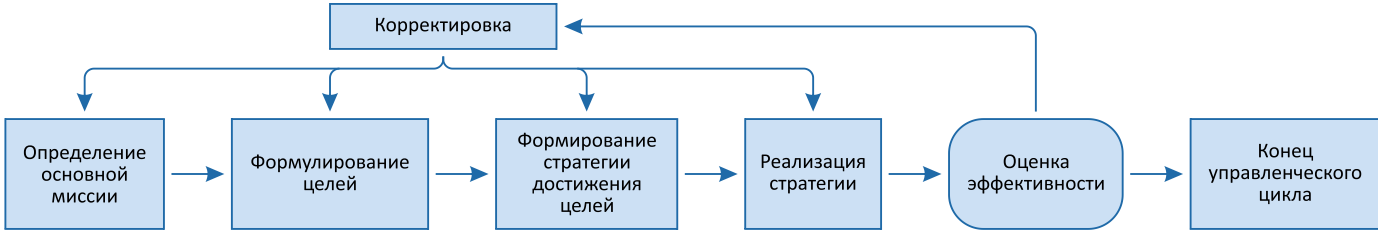


Рис. 1. Алгоритм управленческого цикла реализации стратегии управления технической оснащённостью строительства
Fig. 1. Algorithm of the management cycle for implementing the strategy for managing the technical equipment of construction

сирующего старения и износа основных фондов [2; 3; 4]. Продолжает «стареть» парк строительных машин, о чем свидетельствуют и данные в таблице 3 по конкретным единицам строительной техники. Производственные мощности используются не в достаточной степени (см. таблицу 4).

Спад в строительной отрасли затронул и механизацию строительных работ. На сегодня этот показатель в пределах 1,5 ÷ 2 % в год, при норме 10–12 %, что уже свидетельствует о старении парка строительных машин [5; 6].

Рост степени износа основных фондов в строительстве обусловлен тем, что большинство строительных организаций не в состоянии вовремя их обновлять из-за значительной стоимости при наличии финансовых затруднений.

Создавшиеся условия требуют выработки эффективных механизмов управления строительной деятельностью. Авторы статьи рассматривают вопросы управления, связанные с технической оснащённостью строительства.

Материалы и методы

Особенностями регулирования технической оснащённостью строительства занимались многие ведущие исследователи. Проблемы эти нашли свое отражение в работах Асаула А. Н., Воронкина И. И., Вошанова П. И., Двизова Д. А., Иванова В. Н., Каменецкого М. И., Костецкого М. Ф., Панкратова Е. П., Панкратова О. Е., Репина С. В., Савельева А. В., Салихова Р. Ф Скиданова Н. В.

Изучение накопленного материала убедило в наличии исходной базы для проведения исследований и нацелило на необходимость конкретизации общей стратегии и прикладных механизмов управления технической оснащённостью в строительстве, с учетом сложившихся особенностей функционирования.

Техническое обеспечение строительства – один из важнейших критериев его эффективности. Количество техники – один из определяющих факторов готовности к производству строительно-монтажных работ. Поэтому совершенствование методов организации и управления парком строительной техники – актуальная задача, имеющая серьезную прикладную направленность.

Исходя из вышеобозначенных проблем, ставится задача создания структур управления и соответствующих механизмов управления ими, способных значительно улучшить техническую оснащённость строительства.

В статье применены статистический, аналогий, абстрактно-логический методы исследования решения поставленной в статье задачи.

Результаты

Под технической оснащённостью строительства в статье подразумеваются ресурсы, объединяющие строительные машины и механизмы, имеющиеся в наличии у хозяйствующего субъекта. Эффективное использование технической оснащённости невозможно без соответ-

ствующих трудовых ресурсов. Реализация возможностей строительной машины определяется квалификацией и отношением машиниста. При высокой квалификации и соответствующих стимулах поощрения эти возможности могут реализоваться полностью [12; 13; 14]. Поэтому авторы под техническим потенциалом подразумевают взаимодействие технических ресурсов и трудовых, обслуживающих строительную технику. То есть понятие технического потенциала шире понятия технической оснащённости [15; 16; 17].

К примеру, производственные (паспортные) характеристики строительной техники влияют на производительность, а экономическими оценивается ее целесообразность (эффективность). От профессионального же уровня работников зависит качество и производительность труда.

Под составляющими технической оснащённости понимаются:

- состав и численность парка;
- технический уровень и работоспособность машин.

Но необходимо помнить, что эффективность реализации возможностей технической оснащённости будет обеспечена лишь при соответствующем профессиональном уровне механизаторов и их отношении к делу.

Вопросы технической оснащённости требуют не эпизодического подхода, а постоянного регулирования и анализа, соответствующего контроля, выработки решений, то есть всех функций управления. Поэтому напрашивается очевидный вывод, что вопросами технической оснащённости необходимо управлять, так как эта сторона производственной деятельности влияет на эффективность деятельности строительной организации в целом. Авторами предлагается следующая формулировка:

Стратегическое управление технической оснащённостью строительства – это деятельность, осуществляемая на системной основе, по управлению финансовой, организационной, технической составляющими в строительных организациях или интегрированных структурах с целью реализации долгосрочных перспективных планов развития.

Предлагается следующая этапность в выработке решений реализации стратегии (рисунок 1).

Согласно рисунку 1, определение основной миссии – важнейший (первый) этап разработки стратегии развития. Второй этап – формулирование основных целей. Третий – связан с формированием стратегии достижения целей. Следующий этап – реализация стратегии. Далее – оценка эффективности.

И тут возможны два сценария развития: в случае достижения запланированных показателей по технической оснащённости завершается управленческий цикл на планируемый период и планируются новые показатели на другой период или же, в случае невыполнения, вводятся



Рис. 2. Дерево целей стратегического управления техническим потенциалом строительства
Fig. 2. Tree of objectives of strategic management of the technical potential of construction

коррективы и управленческий цикл продолжается с их учетом.

Цель характеризуется состоянием количественных, качественных характеристик. Основываясь на этом определении, можно заключить, что тем выше уровень реализации управленческого решения, чем меньше разница между достигнутым и запланированным значением показателя:

$$\Delta = K_j^n - K_j^f \rightarrow 0, \tag{1}$$

где K_j^n , K_j^f – плановое (или нормативное) и фактическое значение j -го показателя.

Если, к примеру, ставится цель довести через пять лет численность башенных кранов марки КБ-405 в общем парке с 38 до 52 % и эта задача будет решена, то эффективность данной цели будет стопроцентной. Если же численность достигнет уровня 47 %, то напрашиваются два вывода: или плановое значение было некорректно из-за недостаточной информации, либо меры реализации были недостаточно эффективны. Эта информация – уже основа для более глубокого анализа и проработки вопроса.

Формирование дерева целей – важнейший этап в разработке стратегии, так как исключение или недоучет определенных целей или ветвей в целом может привести к нецелесообразности всех применяемых усилий. На рисунке 2 изображено дерево целей, касающееся проблем стратегического управления техническим потенциалом. Понятие технического потенциала шире, по мнению авторов, так как объединяет технические ресурсы (машины

и механизмы) и трудовую составляющую (машинистов). Поэтому для комплексного подхода к рассматриваемой проблеме предлагается на рисунке 2 дерево целей, объединяющее и трудовую, и техническую составляющие.

Согласно рисунку 2, за N период рекомендуется брать период долгосрочного планирования сроком на 5 лет. Очевидно, что нужно понимать и анализировать включение тех или иных целевых установок согласно рисунку 2. При разработке дерева целей необходимо учитывать, что оно должно быть актуализировано в зависимости от масштабов организации, ее возможностей и специфики деятельности.

Назначение стратегии – реализация крупномасштабных задач. Тактика же призвана решать задачи ближайшей перспективы. К примеру, поэтапное совершенствование структуры парка строительных машин в строительных организациях – стратегическая задача, приобретение же отдельно взятой машины относится к тактической задаче.

Система тактического управления должна отвечать следующим требованиям:

- гибко и оперативно реагировать на отклонения от запланированного хода производства;
- обеспечивать принцип полной преемственности разрабатываемых решений;
- планы должны быть обоснованы с учетом норм расходования производственных ресурсов.

На рисунке 3 дана характеристика основных задач тактического управления.

Согласно рисунку 3 определена группа задач тактического управления, в которую включены: планирова-

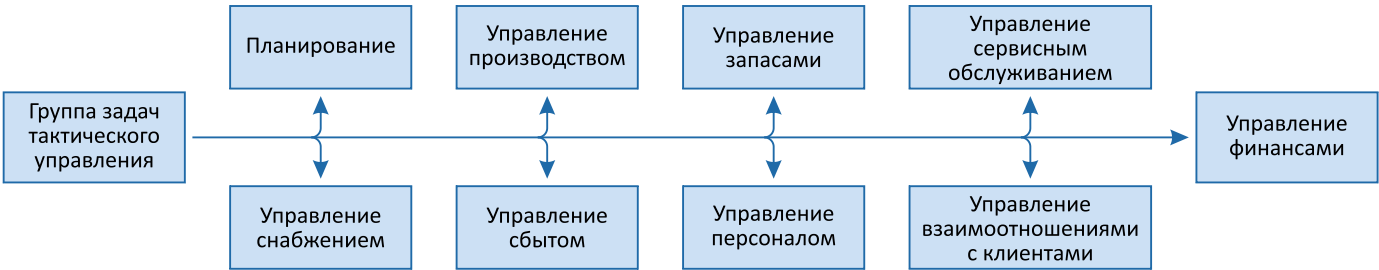


Рис. 3. Задачи тактического управления
Fig. 3. Tasks of tactical management



Рис. 4. Составляющие тактического управления
Fig. 4. Components of tactical command

ние, управление производством, запасами, сервисным обслуживанием, финансами, персоналом, сбытом, взаимоотношениями с клиентами, снабжением. Основные составляющие тактического управления представлены на рисунке 4.

Важно отметить, что демонстрирует и рисунок 4, в ходе тактического управления оперативное планирование, контроль и анализ имеют первостепенное значение.

Для того, чтобы выявить разницу в особенностях стратегического и тактического управления, необходимо провести их сравнительный анализ. Сравнительный анализ стратегического и тактического управления дан в таблице 5.

В качестве модели тактического управления следует внедрять и механизмы стимулирования эффективного использования техники. Ключевой подход при разработке концептуальной модели стимулирования эффективного использования строительной техники заключается в том, что технический потенциал требует решения вопросов и обеспеченности машинистами с соответствующим квалификационным разрядом, и стимулирования работы за качество, своевременности выполнения работ и содержания техники. Только при таком подходе может быть обеспечен необходимый уровень обслуживания строительства [18; 19; 20].

Обсуждение

Научно-методическое обеспечение управленческих решений – одно из необходимых направлений воспроизводства и использования технической оснащенности, далее – и технического потенциала строительного производства. Авторы считают, что недоучет планирования

в вопросах отразился на сегодняшнем положении дел. Поэтому вопросы стратегического и тактического планирования в вопросах технической оснащенности, технического потенциала приобретают первостепенное значение. Необходимо учесть, что все вырабатываемые управленческие решения требуют адаптации к сегодняшним реалиям с учетом:

- 1) сложного финансового положения и ограниченных собственных возможностей большинства строительных организаций;
 - 2) отсутствия должной конкуренции на рынке строительных машин и ремонтно-технических услуг.
- Стратегические и тактические решения необходимо направить на совершенствование внутренней среды, организационной структуры. Только при таком подходе можно добиться максимального эффекта, так необходимого современному строительному производству.

Заключение

Завершая рассмотрение вопроса технической оснащенности в строительстве как объекта управления, необходимо отметить, что решения по его развитию и использованию имеют в основном стратегический характер и должны быть рассчитаны на долговременную перспективу. Очевидно, что требуется достоверный прогноз развития ситуации для рассматриваемого горизонта расчета. В противном случае вероятность стратегических ошибок может стать причиной больших потерь. Однако не менее важное значение имеет и тактическое управление, позволяющее мониторить и анализировать ежедневное состояние вопроса, которое в дальнейшем влияет на разработку и реализацию стратегических решений.

Характеристика	Тактическое управление	Стратегическое управление
Учет фактора времени	Решаемые задачи в пределах краткосрочной и среднесрочной перспективы	Решаемые задачи на долгосрочную перспективу
Основы построения системы управления	Организационная структура, функции, различные процедуры, техника и технологии	Системы информационного обеспечения, люди и рынок
Подходы к управлению, связанные с персоналом	Взгляд на работника как на ресурс организации, на исполнителя отдельных работ и реализации определенных функций	Взгляд на работника как на основу организации, ее основную ценность, источник получения прибыли, благополучия

Табл. 5. Сравнительный анализ стратегического и тактического (оперативного управления)
Tab. 5. Comparative analysis of strategic and tactical (operational management)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строительство в России. 2020 : Стат. сб. / Росстат. – Москва, 2020. – 113 с.

2. Абдразаков, Ф. К. Оптимизация формирования парков машин и распределения техники по производственным объемам / Ф. К. Абдразаков, Д. Г. Горюнов // Механизация строительства. – 2002. – № 3. – С. 12–14.

3. Асаул, В. В. Анализ конкурентного рынка строительных работ и услуг / В. В. Асаул // Экономика строительства. – 2005. – № 1. – С. 14–25.

4. Каменецкий, М. И. Инвентаризация и переоценка производственных фондов на основе модернизации строительства / М. И. Каменецкий, М. Ф. Костецкий // Экономика строительства. – 2010. – № 4. – С. 17–22.
5. Панкратов, Е. П. Проблемы повышения производственного потенциала предприятий строительного комплекса / Е. П. Панкратов, О. Е. Панкратов // Экономика строительства. – 2015. – № 3 (33). – С. 4–17.
6. Репин, С. В. Механизация строительных работ и проблемы, связанные с использованием строительной техники / С. В. Репин, А. В. Савельев // Строительная техника. – 2006. – С. 31–35.
7. Вошанов, П. И. Сбалансированность планов строительного производства с мощностями строительных организаций / П. И. Вошанов. – Москва : Стройиздат, 1993. – 142 с.
8. Двизов, Д. А. Различные методы повышения эффективности использования машинного парка предприятий и организаций / Д. А. Двизов, Н. В. Скиданов // X Межвузовская научно-практическая конференция молодых ученых и студентов г. Волжского (г. Волжский, 2004 г.) : Сборник материалов конференции. – Волжский : ВГТУ, ВПИ, 2004. – С. 4–5.
9. Иванов, В. Н. Повышение эффективности производственной и технической эксплуатации парка дорожно-строительных машин / В. Н. Иванов, Р. Ф. Салихов // Омский научный вестник. – Омск : ОмГТУ, 2004. – № 1. – С. 92–94.
10. Конторер, С. Е. Строительные машины и экономика их применения (детали, конструкции и экономика применения машин) / С. Е. Конторер. – Москва : Высшая школа, 1973. – 528 с.
11. Колегаев, Р. Н. Экономическая оценка качества и оптимизации ремонта машин / Р. Н. Колегаев. – Москва : Машиностроение, 1980. – 239 с.
12. Тускаева, З. Р. Формирование центров технической осна-

щенности строительства / З. Р. Тускаева // Вестник МГСУ. – 2016. – № 9. – С. 75–85.

13. Tuskayeva, Z. R. Criteria for the building machinery units alternatives / Z. R. Tuskayeva // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – № 6. – P. 4369–4376.
14. Tuskayeva, Z. R. Software Product Development for the construction equipment selection / Z. R. Tuskayeva, G. Aslanov // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 165. – P. 1184–1191.
15. Липидус, А. А. Инструмент оперативного управления производством – интегральный потенциал эффективности организационно-технологических и управленческих решений строительного объекта / А. А. Липидус // Вестник МГСУ. – 2015. – № 1. – С. 97–100.
16. Липидус, А. А. Формирование интегрального потенциала организационно-технологических решений посредством декомпозиции основных элементов строительного проекта / А. А. Липидус // Вестник МГСУ. – 2016. – № 12. – С. 114–123.
17. Липидус, А. А. Оценка организационно-технологического потенциала строительного проекта, формируемого на основе информационных потоков / А. А. Липидус, А. О. Фельдман // Вестник МГСУ. – 2015. – № 11. – С. 193–201.
18. Мальцев, Ю. А. Оптимизация работы мобильных парков машин в дорожном строительстве с применением экономико-математических моделей / Ю. А. Мальцев, А. В. Мясников // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2008. – № 4. – С. 21–23.
19. Уварова, С. С. Экономическая устойчивость строительных предприятий и проектов / С. С. Уварова, С. В. Беляева, В. С. Канхва. – Москва : МГСУ, 2011. – 154 с.
20. Tuskayeva, Z. One of the criteria for selecting a contractor for high-rise construction / Z. Tuskayeva, T. Tagirov // High-Rise Construction 2017 : E3S Web of Conferences. – 2018. – Vol. 33. – P. 03071. – URL: <http://doi.org/10.1051/e3conf/20183303071>.

ing the plans of construction production with the capacities of construction organizations] / P. I. Voshchanov. – Moscow : Strojizdat, 1993. – 142 p.

8. Dvizov, D. A. Razlichnye metody povysheniya ehffektivnosti ispol'zovaniya mashinnogo parka predpriyatij i organizatsij [Various methods of improving the efficiency of using the machine park of enterprises and organizations] // / D. A. Dvizov, N. V. Skidanov // X Mezhvuzovskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh i studentov g. Volzhskogo (g. Volzhskij, 2004 g.) : Sbornik materialov konferentsii [X Interuniversity scientific and practical conference of young scientists and students of Volzhsky (Volzhsky, 2004) : Collection of conference materials]. – Volzhsky : VSTU, VPI, 2004. – P. 4–5.
9. Ivanov, V. N. Povyshenie ehffektivnosti proizvodstvennoj i tekhnicheskoy ehkspluatatsii parka dorozhno-stroitel'nykh mashin [Improving the efficiency of production and technical operation of the fleet of road-building machines] / V. N. Ivanov, R. F. Salikhov // Omskij nauchnyy vestnik [Omsk Scientific Bulletin]. – Omsk : OmSTU, 2004. – № 1. – P. 92–94.
10. Kontorer, S. E. Stroitel'nye mashiny i ehkonomika ikh primeneniya (detali, konstruksii i ehkonomika primeneniya mashin) [Construction machines and the economics of their use (details, structures and economics of the use of machines)]. / S. E. Kontorer. – Moscow : Vysshaya shkola, 1973. – 528 p.
11. Kolegaev, R. N. Ehkonomicheskaya otsenka kachestva i optimizatsii remonta mashin [Economic evaluation of the quality and optimization of machine repair]. / R. N. Kolegaev. – Moscow : Mashinostroenie, 1980. – 239 p.
12. Tuskayeva, Z. R. Formirovanie tsentrov tekhnicheskoy osnashennosti stroitel'stva [Formation of centers of technical equipment of construction] / Z. R. Tuskayeva // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2016. – № 9. – P. 75–85.

13. Tuskayeva, Z. R. [Criteria for the building machinery units alternatives] / Z. R. Tuskayeva // [International Journal of Applied Engineering Research]. – 2016. – № 6. – P. 4369–4376.
14. Tuskayeva, Z. R. [Software Product Development for the construction equipment selection] / Z. R. Tuskayeva, G. Aslanov // [Procedia Engineering]. – 2016. – Vol. 165. – P. 1184–1191.
15. Lapidus, A. A. Instrument operativnogo upravleniya proizvodstvom – integral'nyy potentsial ehffektivnosti organizatsionno-tekhnologicheskikh i upravlencheskikh reshenij stroitel'nogo ob'ekta [A tool for operational management of production - an integral potential for the effectiveness of organizational, technological and managerial decisions of a construction object] / A. A. Lapidus // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2015. – № 1. – P. 97–100.
16. Lapidus, A. A. Formirovanie integral'nogo potentsiala organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij posredstvom dekompozitsii osnovnykh ehlementov stroitel'nogo proekta [Formation of the integral potential of organizational and technological solutions through the decomposition of the main elements of the construction project] / A. A. Lapidus // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2016. – № 12. – P. 114–123.

УДК 69.03

Моделирование производственной мощности строительной организации в природно-климатических условиях горных районов

Modeling of the Production Capacity of a Construction Organization in the Natural and Climatic Conditions of Mountainous Areas

DOI: 10.54950/26585340_2022_4_9

Олейник Павел Павлович

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

Oleynik Pavel Pavlovich

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

Израелян Рудольф Герасимович

Доктор технических наук, профессор, Шушинский технологический университет (ШТУ), 375000, Степанакерт, улица Вагарша Вагаршяна, 7, r.israelyan@mail.ru

Israelyan Rudolf Gerasimovich

Doctor of Engineering, Professor, Shushi University of Technology (SUT), 375000, Stepanakert, Vagharsh Vagharshyan St., 7, r.israelyan@mail.ru

Израелян Марк Арменович

Магистр, Шушинский технологический университет (ШТУ), 375000, Степанакерт, улица Вагарша Вагаршяна, 7, mark.israelyan@mail.ru

Israelyan Mark Armenovich

Master, Shushi University of Technology (SUT), 375000, Stepanakert, Vagharsh Vagharshian St., 7, mark.israelyan@mail.ru

Аннотация. Под влиянием природно-климатических факторов окружающей среды горных районов строительное производство превращается в сложную, вероятностную и динамическую систему. В итоге снижается уровень использования трудовых, технических ресурсов, производственных мощностей строительных организаций. В создавшихся условиях выполнение планируемых программ строительства обеспечивается их сбалансированностью с плановыми производственными мощностями строительных организаций. Однако, в силу специфических особенностей строительного производства – сложной

17. Lapidus, A. A. Otsenka organizatsionno-tekhnologicheskogo potentsiala stroitel'nogo proekta, formiruemogo na osnove informatsionnykh potokov [Assessment of the organizational and technological potential of a construction project, formed on the basis of information flows] / A. A. Lapidus, A. O. Feldman // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2015. – № 11. – P. 193–201.
18. Maltsev, Y. A., Myasnikov A.V. Optimizatsiya raboty mobil'nykh parkov mashin v dorozhnom stroitel'stve s primeneniem ehkonomiko-matematicheskikh modelej [Optimization of the work of mobile fleets of machines in road construction using economic and mathematical models] / Y. A. Maltsev, A.V. Myasnikov // Nauka i tekhnika v dorozhnoj otrasli [Science and technology in the road industry]. – 2008. – № 4. – P. 21–23.
19. Uvarova, S. S. Ehkonomicheskaya ustojchivost' stroitel'nykh predpriyatij i proektov [Economic sustainability of construction enterprises and projects] / S. S. Uvarova, S. V. Belyaeva, V. S. Kanhwa. – Moscow : MGSU, 2011. – 154 p.
20. Tuskayeva, Z. [One of the criteria for selecting a contractor for high-rise construction] / Z. Tuskayeva, T. Tagirov // High-Rise Construction 2017 : E3S Web of Conferences. – 2018. – Vol. 33. – P. 03071. – URL: <http://doi.org/10.1051/e3conf/20183303071>.

тического прогнозирования и моделирования.

Ключевые слова: строительство, горные районы, интенсивность, технические и трудовые ресурсы, природно-климатиче-

Abstract. Under the influence of natural and climatic conditions of mountainous areas, construction production turns into a complex and probabilistic system with dynamic processes. As a result, the intensity of the use of labor and machine resources, motor vehicles decreases, the intensity of the use of production capacities of construction organizations decreases. Under the current conditions, the stability of the implementation of approved construction programs is ensured by their balance with the production capacities of construction organizations. However, due to the specific features of the construction industry-a complex hierarchical system, a large number of disturbing random factors and the lack of information content of a number of factors, the completeness of the collection of initial data and their reliability for

ские факторы, моделирование, производственная мощность, коэффициент сбалансированности.

the performance of this work is not provided. The problem is also complicated by the lack of a methodology for taking into account the impacts of natural and climatic factors of mountainous areas on construction processes. Based on generalizations published by the author of the studies, a definition of the usage level of construction productive capacities in conditions of lack of data is put forward. Particularly for the mountainous regions, the definition is implemented with the methods of mathematical forecasting and modeling.

Keywords: construction, mountainous areas, intensity, technical and labor resources, natural and climatic factors, modeling, production capacity, balance coefficient.

струкций, нерациональность принятых организационно-технологических решений и т. п.

В результате воздействий этих факторов с возрастанием высоты строящихся объектов над уровнем моря увеличивается продолжительность строительства, снижается интенсивность использования строительных машин и механизмов, трудовых ресурсов. В условиях значительной удаленности объектов друг от друга и производственных баз повышаются требования к надежности планирования производственной мощности и адекватности фактического использования ресурсов строительной организации. В этой связи необходимо создать эффективный аппарат управления, позволяющий заранее прогнозировать возможные изменения производственной мощности от влияния различных комбинаций природно-климатических и других факторов.

Для этого были разработаны анкеты, в которых ставился вопрос о степени влияния геоморфологических, природно-климатических и организационно-технологических факторов на формируемые параметры мощности строительных организаций. В результате были получены заполненные анкеты, в которых отражалась информация о 160 возведенных в горных районах объектах. Обработка этой статистической информации позволила выявить закономерности развития факторов горных районов, определить коэффициенты их весомости и разработать модель изменения уровня использования производственной мощности в горных условиях.

Результат

Установлено, что основные объемы строительно-монтажных работ в горных районах выполняются на высотах до 2000 метров над уровнем моря. Для этих условий определены закономерности развития факторов горных районов, приведенные в таблице 1 [12].

Следует отметить, что в процессе исследования были исключены менее значимые факторы, к которым отнесены:

- адаптационные режимы. По разным источникам, на абсолютной высоте 2000 метров над уровнем моря этот режим продолжается от 2 до 10 дней. Величина не столь значительна для влияния на параметры строительного производства;
- шквалистые ветры. По справочным данным и результатам наших исследований, скорость ветра на высоте 2000 метров над уровнем моря составляет всего лишь 2,5 м/сек. (что не сопоставимо со скоростью 8–11 м/сек.);

Показатель	Высота над уровнем моря, <i>h</i> , м						
	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Атмосферные осадки	$X_{2,1} = 33,56 + 472,56 \times 10^{-3}h - 80 \times 10^{-6}h^2$, мм						
Величина $X_{2,1}$	360,3	425,9	485,1	537,2	584,3	624,7	657,3
Динамика относительно высоты 800 м, $Z_{2,1}$	1	1,18	1,35	1,49	1,62	1,73	1,82
Температура воздуха	$X_{2,2} = 18,557 - 7,091 \times 10^{-3}h$, С°						
Величина $X_{2,2}$	12,9	11,5	10,1	8,6	7,2	5,8	4,4
Динамика относительно высоты 800 м, $Z_{2,2}$	1	0,89	0,78	0,67	0,56	0,45	0,34
Ветры	$X_{2,3} = 0,8236 + 0,836 \times 10^{-3}h$, м/с						
Величина $X_{2,3}$	1,49	1,66	1,82	1,99	2,16	2,38	2,5
Динамика относительно высоты 800 м, $Z_{2,3}$	1	1,11	1,22	1,34	1,45	1,6	1,67
Барометрическое давление	$X_{2,4} = 1000 - 0,11h + 0,41 \times 10^{-3}h^2$, гПа						
Величина $X_{2,4}$	929	909	889	869	849	83	2811
Динамика относительно высоты 800 м, $Z_{2,4}$	1	0,98	0,96	0,94	0,91	0,89	0,87
Число дней со снежным покровом	$X_{2,5} = 81,689 - 118,631 \times 10^{-3}h + 75,128 \times 10^{-6}h^2$, дн.						
Величина $X_{2,5}$	34,9	38,2	47,6	62,9	84,2	111,6	144,9
Динамика относительно высоты 800 м, $Z_{2,5}$	1	1,09	1,36	1,8	2,41	3,19	4,15
Влажность воздуха	$X_{2,6} = 60,68 + 4,645 \times 10^{-3}h$, %						
Величина $X_{2,6}$	64	65	66	67	68	68	70
Динамика относительно высоты 800 м, $Z_{2,6}$	1	1,02	1,03	1,05	1,06	1,06	1,09

Табл. 1. Закономерности развития факторов окружающей среды горных районов на высоте от 800–2000 метров над уровнем моря

Tab. 1. Average annual values and patterns of development of environmental factors in mountainous regions at altitude from 800 to 2,000 meters

- снежные лавины. Они характерны для высокогорных районов (выше 2500 м над уровнем моря). В пределах высот 2000–2500 метров имеются лесные массивы, препятствующие сходу снежных лавин на более низкие высоты;
- оползневые процессы. Прогнозирование развития этих процессов выполняется на основе инженерно-геологических изысканий. Наибольшая

частота этих процессов наблюдается на высотах 800–1000 метров над уровнем моря (34 %). Этот показатель на высотах 1000–1600 метров составляет, соответственно, 9–13 %. Развитие оползневых процессов имеет дискретный характер и для каждого случая уточняется при отводе участков под строительство;

- сели. Прогнозирование развития селей в горных районах осуществляется посредством карт селе-носных районов, которые учитываются при отводе участков под строительство;
- обвалы и осыпи. Область наибольшего распространения этих процессов охватывает абсолютные высоты от 1000 до 3000 метров. Горные местности, как правило, имеют постоянные очаги возникновения и возможные направления движения, которые также учитываются при отводе участков под строительство;
- сейсмичность. С ростом высоты над уровнем моря наблюдается определенная тенденция к увеличению горизонтальных ускорений грунтов. Однако выраженного характера их развития по вертикали не имеется, т. к. этот показатель зависит от геологических условий строительства, которые в горных условиях отличаются большой разнохарактерностью;
- глубина промерзания грунтов. В пределах высот от 800 до 2000 метров глубина промерзания грунтов составляет 60–70 см;
- число дней с туманом. Образование туманов в горных районах зависит от времени года, высоты над уровнем моря, особенностей атмосферной циркуляции, физико-географических условий и т. п. В этих условиях образование туманов носит сложный характер без закономерного развития. В ряде случаев в высокогорных районах число дней с туманом

№	Факторы	A	B	C	D
1	Использование технических ресурсов	91	36	1296	0,165
2	Использование трудовых ресурсов	93	38	1444	0,169
3	Удельный вес механизированных работ	79	24	576	0,144
4	Организационная структура строительных организаций	59	4	16	0,107
5	Организация снабжения ресурсами	38	17	289	0,069
6	Технический уровень строительных организаций	51	4	16	0,093
7	Атмосферные осадки	56	1	1	0,102
8	Температура воздуха	21	34	1156	0,038
9	Скорость ветра	13	42	1764	0,024
10	Число дней со снежным покровом	49	6	36	0,089
Итого		550		6594	1,0
Примечание: А – сумма рангов; В – отклонение от среднестатистического; С – среднеквадратичное отклонение; D – коэффициенты весомостей $W = \frac{12 \times 6594}{10^2 (10^1 - 1)} = 0,8$					

Табл. 2. Коэффициенты весомостей факторов, влияющие на уровень использования производственных мощностей строительных организаций в горных районах

Tab. 2. Weight coefficients of factors impacting the intensity of construction organization productive capacity use in mountainous regions

№	Наименование	Шифр	Высота над уровнем моря, м						
			800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
1	Снижение уровня использования технических ресурсов	$Z_{0,1}$	1,0	1,03	1,09	1,19	1,33	1,49	1,72
2	То же, трудовых ресурсов	$Z_{0,2}$	1,0	1,07	1,11	1,18	1,26	1,43	1,74
3	То же, автотранспортных средств	$Z_{0,3}$	1,0	1,13	1,26	1,37	1,49	1,60	1,70
4	Средние значения	–	1,0	1,08	1,15	1,25	1,36	1,51	1,72
5	Снижение уровня использования производственных мощностей	Z	–	1,05	1,15	1,20	1,32	1,46	1,75
6	Отклонение средних значений, %	–	0	0	0	–4	–3	–3,3	+1,7

Табл. 3. Данные для анализа адекватности полученных результатов

Tab. 3. Data for the analysis of the adequacy of the results obtained

может составлять 35 % в год и более. Этому способствуют снижение по высоте барометрического давления и температуры воздуха, а также увеличение скорости ветра и относительной влажности воздуха; – относительная влажность воздуха. В зависимости от времени года распределение относительной влажности меняется как по величине, так и характеру распределения. Влажность воздуха в горных условиях увеличивается с высотой и достигает в летнее время наибольшего значения, порядка 70–75 %, на абсолютной высоте 2000 метров над уровнем моря.

Прогнозирование влияния окружающей среды горных районов и других случайных факторов на уровень использования производственных мощностей строительных организаций выполнены методом «Дельфи» [12–17]. В таблице 2 приводится пример расчета коэффициентов весомостей факторов, характеризующих уровень использования производственных мощностей строительных организаций в горных районах.

Обобщение результатов прогнозирования осуществлено путем индивидуального письменного опроса экспертов, в несколько этапов, до достижения значений коэффициента сходимости опроса экспертов (W) величин 0,5–1,0. В нашем случае величина $W = 0,8$, что подтверждает высокую степень достоверности прогнозов.

Теперь можно перейти к построению математической модели снижения уровня использования производственных мощностей строительных организаций в горных районах, которая будет иметь следующий вид:

$$Z = 0,344 + 0,165Z_{0,1} + 0,169Z_{0,2} + 0,069Z_{0,3} + 0,102Z_{2,1} + 0,038Z_{2,2} + 0,024Z_{2,3} + 0,89Z_{2,5}, \quad (1)$$

где $Z_{0,1}$, $Z_{0,2}$, $Z_{0,3}$ – снижение уровня использования машинных и трудовых ресурсов, а также автотранспортных средств на разных высотах горного рельефа; $Z_{2,1}$, $Z_{2,2}$, $Z_{2,3}$, $Z_{2,5}$ – динамика изменения факторов: атмосферные осад-

ки, температура воздуха, скорость ветра, число дней со снежным покровом относительно высоты 800 метров над уровнем моря.

Данные для анализа адекватности полученных результатов приводятся в таблице 3.

Достоверность результатов исследования подтверждается:

1. Результатами многофакторного регрессионного анализа, выполненного с помощью модуля Multiple Regressions. Оценки адекватности и достоверности результатов приняты по критериям Стьюдента, Фишера и Дарбина–Уотсона (таблица 1);
2. Высокой сходимостью результатов опроса экспертов, $W = 0,8$ (таблица 2);
3. Адекватностью результатов исследований (таблица 3), т. к. величины отклонений находятся в пределах 0–4 %. Отклонения находятся в пределах нормируемого 15 % резерва мощностей для покрытия пиковых нагрузок (таблица 3).

Заключение

1. Установлено, что в природно-климатических условиях горных районов строительное производство превращается в сложную, вероятностную и динамическую систему, которая приводит к срывам планируемых программ строительно-монтажных работ и снижению планируемого уровня использования производственных мощностей строительных организаций.

2. Разработана математическая модель управления параметрами использования производственных мощностей строительных организаций в горных районах.

3. Выполненные исследования позволяют принимать рациональные решения по повышению уровня использования производственной мощности строительной организации и повысить стабильность выполнения строительных программ в горных районах.

деятельности строительных организаций : учебное пособие / В. М. Серов. – Москва : ИНФРА-М, 2022. – 338 с.

5. Кривякин, К. С. Организация эффективного использования производственной мощности в условиях рыночной экономики / К. С. Кривякин, В. Н. Попов // Организатор производства. – 2010. – № 1 (44). – С. 46–52.
6. Болгова, Ю. А. Производственная мощность. Проблемы планирования производственных мощностей / Ю. А. Болгова // Сборник трудов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова, Белгород, 1–20 мая 2017 года. – Белгород, 2017. – С. 5337–5341.
7. Понкратова, Т. А. Оценка резервов производственных мощностей предприятий / Т. А. Понкратова, О. В. Селезнева // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – Т. 9, № 10. – С. 520–527.
8. Дубинкина, И. Д. Современные тенденции к организации строительства логистической инфраструктуры / И. Д. Дубинкина // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 5

(130). – С. 1069–1071.

9. Цапко, К. А. К вопросу о принципах определения производственной мощности строительных организаций в современных условиях / К. А. Цапко, Х. А. А. Алфатлави // Вестник Евразийской науки. – 2019. – Том 11, № 6. – С. 82.
10. Мелехин, В. Б. Оценка и управление использованием мощности производственного потенциала строительного предприятия / В. Б. Мелехин, А. Я. Гамзатов // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 10–2 (63). – С. 745–750.
11. Oleinik, P. Optimization of the annual construction program solutions. – DOI 10.2051/mateconf/ 201711700130 / P. Oleinik, A. Yurgaytis // MATEC Web of Conferences : RSP 2017 – XXVI R-S-P Seminar 2017 Theoretical Foundation of Civil Engineering. – 2017. –Vol. 117. – Vol. 117, № 00130. – P. 8.
12. Шикин, Е. В. Математические методы и модели в управлении / Е. В. Шикин, А. Г. Чхартшвили ; 2-е издание. – Москва : Издательство «Дело», 2002. – 440 с.
13. Кулбанов, М. С. Проверка адекватностей математических

REFERENCES

1. Israelyan, R. Modelirovanie otklonenij prodolzhitel'nosti stroitel'stva v gornyx usloviyakh [Modeling of deviations in construction duration in mountainous regions] / R. G. Israelyan // Audit i finansovyy analiz [Audit and Financial Analysis. – 2015. – № 2. – P. 120–123.
2. Israelyan, R. G. Otsenka ehkologicheskikh riskov priplotivnykh gidroehlekrostantsij v prirodno-klimaticheskikh uslovij v gornyx rajonakh [Risk assessment for dam water-power plants in natural and climatic conditions of mountainous regions] // R. G. Israelyan, V. G. Hayrapetyan, G. E. Zakharyan // Materialy mezhdunarodnoj konferentsii «Ehkologicheskie bezopasnye tekhnologii prirodobustrojstva i vodopol'zovaniya: teoriya i praktika», posvyashhennoj 25-letiyu programmy UNITVIN / kafedry YUNESKO, Novosibirsk, 19–20 iyunya 2017 g. [Materials of the international conference «Ecological safe technologies of environmental management and water use: theory and practice» dedicated to the 25th anniversary of the UNITVIN program/ UNESCO Chair, Novosibirsk, June 19–20, 2017]. – Novosibirsk : Partnery Sibiri, 2017. – P. 189–193.
3. Serov, V. M. Ob opredelenii proizvodstvennoj moshhnosti stroitel'nykh organizatsij v sovremennykh usloviyakh khozyajstvovaniya [Determining productive capacity of construction companies in terms of modern management] / V. M. Serov // Stroitel'stvo, ehkonomika i upravlenie [Construction, economics and management] – 2020. – № 4. – P. 16–25.
4. Serov, V. M. Planirovanie proizvodstvenno-khozyastvennoj deyatel'nosti stroitel'nykh organizatsij : uchebnoe posobie [Planning for industrial and economic activities of construction companies] / V. M. Serov. – Moscow : INFRA-M, 2022. – 338 p.
5. Krivyakin, K. S. Organizatsiya ehffektivnogo ispol'zovaniya proizvodstvennoj moshhnosti v usloviyakh rynochnoj ehkonomiki [Organization of effective usage of productive capacity in market economy] / K. S. Krivyakin, V. N. Popov // Organizator proizvodstva [Manufacture Organizer]. – 2010. – № 1 (44). – P. 46–52.
6. Bolgova, Y. A. Proizvodstvennaya moshhnost'. Problemy planirovaniya proizvodstvennykh moshhnostej [Production capacity. Problems of production capacity planning] / Y. A. Bolgova // Sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii molodykh uchenykh BGТУ im. V. G. Shukhova, Belgorod, 1–20 maya 2017 goda [Proceedings of the International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of V. G. Shukhov BSTU, Belgorod, May 1–20, 2017]. – Belgorod, 2017. – P. 5337–5341.
7. Ponkratova, T. A. Otsenka rezervov proizvodstvennykh moshhnostej predpriyatij [Assessment of reserves of production capacities of enterprises] / T. A. Ponkratova, O. V. Seleznova // Ehkonomika: vchera, segodnya, zavtra [Economics: yesterday, today, tomorrow]. – 2019. – Vol. 9, № 10. – P. 520–527.
8. Dubinkina, I. D. Sovremennye tendentsii k organizatsii

моделей / М. С. Кулбанов // Научный вестник МГТУ ГА. – 2015. – № 211. – С. 29–36.

14. Михайлова, Р. М. Применение метода «Дельфи» как инструмента прогнозирования рынка / Р. М. Михайлова, О. А. Кузнецова, А. В. Петров // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 3 (81). – С. 106–110.
15. Смирнова, Ю. А. Метод «Дельфи» как инструмент эффективного стратегического планирования и управления / Ю. А. Смирнова // Электронный вестник Ростовского социально-экономического института. – 2015. – № 3–4. – С. 954–969.
16. Кукушкина, С. Н. Метод «Дельфи» в форсайт-проектах / С. Н. Кукушкина // Форсайт. – 2007. – Т. 1, № 1 (1). – С. 68–73.
17. Олейник, П. П. Особенности эколого-инженерных решений повышения эффективности строительства в горных районах / П. П. Олейник, Р. Г. Исраелян, М. А. Исраелян // Промышленное и гражданское строительство. – 2021. – № 12. – С. 47–54.

stroitel'stva logisticheskoy infrastruktury [Modern tendencies in construction organization of logistic infrastructure] / I. D. Dubinkina // Ehkonomika i predprinimatel'stvo [Economics and entrepreneurship]. – 2021. – № 5 (130). – P. 1069–1071.

9. Tsapko, K. K voprosu o printsipakh opredeleniya proizvodstvennoj moshhnosti stroitel'nykh organizatsij v sovremennykh usloviyakh [Inquiring the principles of determining productive capacity of construction organizations in modern time] / K. A. Tsapko, Kh. A. A. Alfatlavi // Vestnik Evrazijskoj nauki [Bulletin of Eurasian Science]. – 2019. – Vol. 11, № 6. – P. 82.
10. Melekhin, V. Otsenka i upravlenie ispol'zovaniem moshhnosti proizvodstvennogo potentsiala stroitel'nogo predpriyatiya [Estimation and management of the usage of productive potential of construction enterprises] / V. B. Melekhin, A. Y. Gamzатов // Ehkonomika i predprinimatel'stvo [Economics and entrepreneurship]. – 2015. – № 10–2 (63). – P. 745–750.
11. Oleinik, P. Optimization of the annual construction program solutions. – DOI 10.2051/mateconf/ 201711700130 / P. Oleinik, A. Yurgaytis // MATEC Web of Conferences : RSP 2017 – XXVI R-S-P Seminar 2017 Theoretical Foundation of Civil Engineering. – 2017. –Vol. 117. – Vol. 117, № 00130. – P. 8.
12. Shikin, E. V. Matematicheskie metody i modeli v upravlenii [Mathematical methods and models in management] / E. V. Shikin, A. G. Chkhartshvili ; 2nd edition. – Moscow : Izdatel'stvo «Delo», 2002. – 440 p.
13. Kulbanov, M. S. Proverka adekvatnostej matematicheskikh modelej [Checking the adequacy of mathematical models] / M. S. Kulbanov // Nauchnyy vestnik MGТУ GA [Scientific Bulletin of MSTU GA]. – 2015. – № 211. – P. 29–36.
14. Mikhajlova, R. M. Primenenie metoda «Del'fi» kak instrumenta prognozirovaniya rynka [Application of the «Delphi» method as a market forecasting tool] / R. M. Mikhajlova, O. A. Kuznetsova, A. V. Petrov // Mezhdunarodnyy nauchno issledovatel'skij zhurnal [International Scientific Research Journal]. – 2019. – № 3 (81). – P. 106–110.
15. Smirnova, Y. A. Metod «Del'fi» kak instrument ehffektivnogo strategicheskogo planirovaniya i upravleniya [The Delphi method as a tool for effective strategic planning and management] / Y. A. Smirnova // Ehlektronnyy vestnik Rostovskogo sotsial'no-ehkonomicheskogo institute [Electronic bulletin of the Rostov Socio-Economic Institute]. – 2015. – № 3–4. – P. 954–969.
16. Kukushkina, S. N. Metod «Del'fi» v forsajt-proektakh [The Delphi method in foresight projects] / S. N. Kukushkina // Forsajt [Foresight]. – 2007. – Vol. 1, № 1 (1). – P. 68–73.
17. Oleynik, P. P. Osobennosti ehkologo-inzhenernykh reshenij povysheniya ehffektivnosti stroitel'stva v gornyx rajonakh [Features of ecological-engineering solutions for improving the efficiency of construction in mountainous areas] / P. P. Oleynik, R. G. Israelyan, M. A. Israelyan // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2021. – № 12. – P. 47–54.

Кузьмина Татьяна Константиновна
Кандидат технических наук, доцент, 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 Tatyana Konstantinovna
Ph.D. in Technical Sciences, Docent, Docent 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

Кагазежев Андар Юрьевич
Аспирант кафедры «Технологии и организация строительного производства», младший научный сотрудник Научно-образовательного центра «Конструкции, технологии и организация строительства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, Andar92@gmail.ru

Kagazezhev Andar Yurievich
Postgraduate of the Department «Technologies and Organization of Construction Production», Junior Research Fellow of the Scientific and Educational Center «Constructions, Technologies and Organization of Construction», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, Andar92@gmail.ru

Боровкова Анастасия Евгеньевна
Магистр кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, anastasik24@mail.ru

Borovkova Anastasia Evgenievna
Master student 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, anastasik24@mail.ru

Аннотация. Целью работы являлись проведение анализа нормативно-технической, проектной, рабочей документации, освидетельствование объема и качества выполненных работ на примере нежилых помещений. В работе выделены и описаны основные этапы проведения обследования объекта: краткая характеристика и рассмотрение технической документации, подготовка к проведению и предварительное (визуальное) обследование объекта, проведение детального обследования, обработка результатов и подготовка технического заключения. В обработку результатов обследования входят анализ проведенного визуального осмотра с объемами выполненных работ, фактических и требуемых по объекту, а также составление актов освидетельствования выполненных работ. Обследование зданий проводилось с помощью визуально-инструментального контроля. В статье представлены основные характеристики основного используемого оборудования. В результате визуально-инструментального контроля была проведена техническая

Abstract. The purpose of the work was to analyze the normative-technical, design, working documentation, survey the volume and quality of work performed on the example of non-residential premises. The paper highlights and describes the main stages of the survey of the object: a brief description and review of technical documentation, preparation for conducting and preliminary visual inspection of the object, conducting a detailed survey, processing the results and preparing a technical opinion. The processing of the survey results includes an analysis of the visual inspection performed with the volumes of work performed, actual and required for the facility, as well as drawing up certificates of examination of the work performed. Inspection

фотосъемка выявленных дефектов с представлением фотографий, была составлена ведомость дефектов и повреждений. Были выявлены наиболее часто встречающиеся дефекты и повреждения строительных конструкций: дефекты устройства перегородок из гипсокартонных листов, дефекты нарушения геометрии стен, дефекты при выполнении малярных работ, а также наличие царапин, раковин, следов от инструмента более 3 мм и т.д. Все дефекты сведены в итоговую ведомость, указаны тип и характеристика дефекта, даны общие рекомендации по устранению дефекта или повреждения, а также ссылки на нормативно-техническую документацию, в соответствии с которой проводилось обследование объекта.

Ключевые слова: обследование зданий, строительные конструкции, оценка технического состояния, дефекты, повреждение, ведомость дефектов и повреждений, визуально-инструментальный контроль (ВИК).

of buildings was carried out with the help of visual-instrumental control. The article presents the main characteristics of the main equipment used. As a result of visual-instrumental control, technical photography was carried out, identified defects with the presentation of photographs, a list of defects and damages was compiled. The most common defects and damages of building structures were identified: defects in the installation of partitions made of plasterboard sheets, defects, violation of the geometry of the walls, defects in the performance of painting work, as well as the presence of scratches, shells, tool marks more than 3 mm, etc. All defects are summarized in the final list, the type and characteristics of the defect are indicated, general recommendations

are given for eliminating the defect or damage, as well as links to the regulatory and technical documentation in accordance with which the object was inspected.

Введение
В настоящее время актуальными темами исследований в области проведения технического обследования зданий и сооружений являются:

- применение комплексного подхода к обследованию зданий на примере памятников архитектуры [1–3];
- разработка организационно-технологической модели осуществления строительного контроля, в том числе для методов неразрушающего контроля [4–6; 12];
- проведение поверочных расчетов строительных конструкций [6–7].

Целью технического обследования зданий является установление соответствия всех строительных элементов зданий соответствующим нормативным требованиям. В ГОСТ 31937-2011, СП 13-102-2003 определены общие правила проведения обследования и мониторинга технического состояния зданий и сооружений, а также требования к обследованию технического состояния оснований и фундаментов, конструкций зданий, инженерного оборудования, электрических сетей и средств связи, звукоизоляции, шума и вибрации. Однако практика показывает, что обследование конструктивных элементов не всегда позволяет объективно оценить состояние зданий [8; 11]. Это связано с тем, что качество зданий зависит не только от качества материалов, конструкций, но и от качества строительно-монтажных работ на этапах жизненного цикла объекта [9; 10; 13].

В настоящее время термин обследования зданий и порядок осуществления обследования отсутствуют в нормативно-технической документации, вместе с тем проведение технического обследования зданий позволяет выявить наиболее критические дефекты и разработать проектную документацию наиболее качественно, с учетом всех необходимых изменений. Причинами появления выявленных дефектов и повреждений являются некачественное выполнение ремонтно-восстановительных работ. Поэтому установление методического подхода к осуществлению технического обследования строительных объектов является наиболее актуальной задачей в настоящее время.

Материалы и методы
Областью исследования является повышение качества технического обследования строительных объектов на примере обследования зданий нежилого назначения.

Предмет исследования – методика оценки качества строительно-монтажных работ при обследовании зданий нежилого назначения.

Целью работы являлись проведение анализа нормативно-технической, проектной, рабочей документации, освидетельствование объема и качества выполненных работ на примере нежилых помещений.

В соответствии с целью были поставлены и решены следующие задачи:

- анализ проектной, рабочей документации, кадастрового паспорта помещений (планы и экспликация БТИ);
- освидетельствование объема и качество выполненных работ;

СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО № 4 (44) 2022

Keywords: building inspection, building structures, assessment of the technical condition, defects, damage, list of defects and damages, visual-instrumental control (VIC).

– определение качества выполненных работ в соответствии с нормативно-технической документацией;

– выполнение фиксации дефектов и повреждений на объекте.

Обследование объекта состоит из следующих этапов (рисунок 1):

- подготовка к проведению обследования и предварительное (визуальное) обследование объекта;
- ознакомление с краткой характеристикой и рассмотрение технической документации объекта;
- проведение обследования объекта с помощью органолептических и инструментальных методов исследования (испытаний) [4–6];
- обработка результатов обследования и подготовка технического заключения (отчета).

Предварительное (визуальное) обследование проводят в целях предварительной оценки технического состояния строительных конструкций по внешним признакам. При этом проводят сплошное визуальное обследование конструкций здания с выявлением дефектов и повреждений по внешним признакам.

К краткой характеристике объекта обследования относится объект обследования: жилое/нежилое помещение, адрес, общая площадь, номера этажа и помещения. Технической документацией по объекту являлся кадастровый паспорт помещений (планы и экспликации БТИ).

Проведение обследования объекта проводилось с помощью визуально-инструментального контроля (ВИК). ВИК входит в комплекс работ по оценке технического состояния объекта. Основной задачей визуального обследования является освидетельствование объема и качества выполненных строительно-монтажных работ [4].

На стадии визуального обследования была определена конструктивная схема здания, выявлены несущие конструкции по этажам и их расположение, проанализированы объемно-планировочные решения в сочетании с конструктивной схемой здания.

Для достоверности полученных данных и фиксации выявленных дефектов в ходе визуального обследования проводится техническая фотосъемка. Для проведения обследования объекта использовалось оборудование, представленное в таблице 1.

В обработку результатов обследования входили анализ проведенного визуального осмотра с объемами выполненных работ, фактических и требуемых по объекту, а

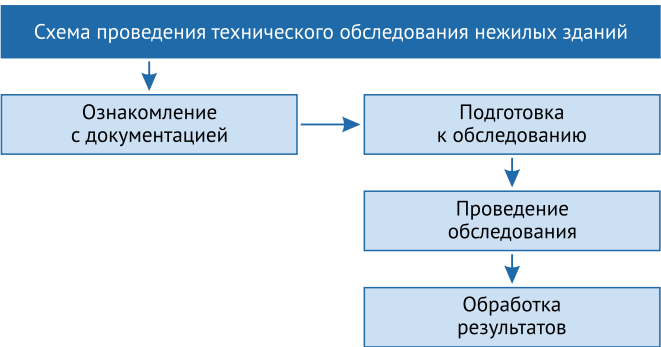


Рис. 1. Схема проведения технического обследования
Fig. 1. Scheme of the technical survey

№ п/п	Наименование	Модель и серийный номер	Метрологические характеристики (погрешность, класс точности), нормативно-технический документ	Назначение
1	Уровень строительный	УС-1 № 316315	Группа уровня точности 11, цена деления ампулы 15 мин., 4,4 мм/м, ГОСТ 9416	Измерение геометрических параметров конструкций
2	Рулетка-дальномер	Condrol Smart 30	Погрешность ± 3 мм, Руководство пользователя лазерный дальномер Condrol Smart 30	Измерение геометрических параметров конструкций
3	Фотоаппарат	Nikon D40X	–	Фотофиксация выявленных дефектов

Табл. 1. Характеристика оборудования, применяемого для обследования объекта
Tab. 1. Characteristics of the equipment used to survey the object



Рис. 2. Дефекты устройства перегородок из ГКЛ
Fig. 2. Defects in the device of partitions from drywall sheets



Рис. 3. Дефекты геометрии стен
Fig. 3. Defects in wall geometry



Рис. 4. Дефекты при малярных работах
Fig. 4. Painting defects

также составление актов освидетельствования выполненных работ. Для технического заключения (отчета) необходимо было представить ведомости дефектов и их иллюстративное отображение.

Результаты и обсуждения

В результате предварительного (визуального) обследования объекта были получены:

- схема расположения обследуемого здания с помощью приложений «Яндекс.Карты» и «Яндекс.Навигатор»;
- фотографии с разных ракурсов общего вида помещения.

В результате визуально-инструментального контроля была проведена техническая фотосъемка выявленных дефектов. На рисунке 2 изображено устройство перегородок из гипсокартоновых листов (ГКЛ). Из рисунка видно, что

узел соединения стен и каркаса выполнен не в соответствии с СП 71.13330.2017, СП 163.1325800.2014, расстояние между профилями разные, плоскость отсутствует, значительная часть ГКЛ склеена монтажной пеной. На рисунке 3 представлен дефект отсутствия геометрии стен, примыкание пола к стене не соответствует требованиям СП 71.13330.2017. Малярные работы выполнены не в соответствии с СП 71.13330.2017. Разводы, подтеки, непрокрасы, отсутствие плоскости и геометрии поверхностей, нарушение выполнения технологии работ (рисунок 4).

Составляется ведомость дефектов и повреждений. Пример ведомости дефектов и повреждений для рисунка 2 представлен в таблице 2.

По результатам проведенного анализа технической документации и освидетельствования объема и качества выполненных работ установлено следующее: наиболее

№ п/п	Тип и характеристика дефекта или повреждения	№ фотографии с изображением дефекта или повреждения	Рекомендации по устранению дефекта или повреждения	Примечание
1	Штукатурка стен (высота до 7 м)	Рис. 2	Рекомендуется выполнить демонтаж в связи с нарушением технологии работ	СП 71.13330.2017 п. 7.2. Отсутствует геометрия. Отсутствует адгезия, были оштукатурены листы ГКЛ, что недопустимо, отклонение по вертикали более 3 мм на 1 м и более 10 мм на всю высоту помещения. Неровности поверхности плавного очертания более 4 мм на 1 м. Отклонения оконных и дверных откосов, пилястр, столбов более 4 мм на 1 м
	Устройство ГКЛВ по металлокаркасу (зашивка всех существующих стен)		Рекомендуется выполнить демонтаж в связи с нарушением технологии работ (см. технологию Knauf)	СП 163.1325800.2014. Нарушены все пункты технологии, геометрия стен не соблюдена

Табл. 2. Ведомость дефектов и повреждений
Tab. 2. List of defects and damages

распространенными дефектами и повреждениями строительных конструкций являются:

- наличие царапин, раковин, следов от инструмента более 3 мм, тени от бокового света по отделочному слою стен и перегородок;
- устройство ГКЛВ по металлокаркасу выполнена с нарушением технологии работ, не соблюдена геометрия стен;
- по оштукатуриванию стен на высоту до 7 м не соблюдена геометрия, отсутствует адгезия, были оштукатурены листы ГКЛ, что недопустимо, наличие отклонений по вертикали более 3 мм на 1 м и более 10 мм на всю высоту помещения, неровности по-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кунин, Ю. С. Комплексное обследование памятников архитектуры для разработки проекта реставрации / Ю. С. Кунин, В. И. Котов // Вестник МГСУ. – 2011. – № 1–2. – С. 209–215.
2. Усиление и расчет стальных конструкций из тонкостенных холодногнутых профилей с учетом податливости узловых соединений / Ю. С. Кунин, А. И. Колесов, И. А. Ямбаев, Д. А. Морозов // Вестник МГСУ. – 2012. – № 11. – С. 74–81.
3. Перунов, А. С. Реставрация памятника архитектуры – здания кругового паровозного депо / А. С. Перунов, Ю. С. Кунин, В. И. Котов // Вестник МГСУ. – 2013. – № 5. – С. 21–28.
4. Бидов, Т. Х. Организационно-технологические и управленческие решения использования методов неразрушающего контроля при возведении монолитных конструкций / Т. Х. Бидов // Научное обозрение. – 2017. – № 5. – С. 54–57.
5. Боровкова, А. Е., Особенности проведения лабораторного контроля при возведении жилых зданий / А. Е. Боровкова, Т. К. Кузьмина // Сборник трудов конференции «Дни студенческой науки», Москва, 28 февраля – 4 марта 2022 г. – Москва : НИУ МГСУ, 2022. – С. 857–859.
6. Курбанов, З. А. Поверочные расчеты несущих строительных конструкций здания учебного корпуса / З. А. Курбанов, К. Е. Грушевский // Сборник трудов конференции «Современные технологии: Актуальные вопросы, достижения и инновации», Пенза, 25 июня 2019 г. – Пенза : Наука и Просвещение, 2019. – С. 37–39.
7. Руднев, И. В. Автоматизация поверочных расчетов строительных конструкций при выполнении обследовательских работ / И. В. Руднев, Д. А. Украиненко, Н. К. Кондуров // Сборник трудов конференции «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры»,

REFERENCES

1. Kunin, Y. S. Kompleksnoe obsledovanie pamyatnikov arkhitektury dlya razrabotki proekta restavratsii [A comprehensive survey of architectural monuments for the development of a restoration project] / Y. S. Kunin, V. I. Kotov // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2011. – № 1–2. – P. 209–215.
2. Usilenie i raschet stal'nykh konstruksiy iz tonkostennykh kholodnognutnykh profilej s uchetom podatlivosti uzlovnykh soedinenij [Strengthening and calculation of steel structures from thin-walled cold-formed profiles, taking into account the compliance of nodal joints] / Y. S. Kunin, A. I. Kolesov, I. A. Yambayev, D. A. Morozov // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2012. – № 11. – P. 74–81.
3. Perunov, A. S. Restavratsiya pamyatnika arkhitektury – zdaniya krugovogo parovoznogo depo [Restoration of an architectural monument – the building of a circular locomotive depot] / A. S. Perunov, Y. S. Kunin, V. I. Kotov // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2013. – № 5. – P. 21–28.

верхности плавного очертания более 4 мм на 1 м;
– по окраске потолка обнаружены непрокрасы и подтеки, отсутствует антигрибковая обработка.

Заключение

Представленный методический подход оценки качества строительно-монтажных работ при обследовании зданий нежилого назначения позволяет установить качество и количество выполненных работ и их несоответствие с проектной документацией.

Все работы по устранению дефектов должны проводиться по специально разработанному проекту специализированной организацией, имеющей допуски на данные виды работ.

Оренбург, 3–6 февраля 2016 г. – Оренбург : ОГУ, 2016. – С. 653–657.
8. Lapidus, A. Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov // E3S WEB OF CONFERENCES «22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019», Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. – Tashkent, 2019. – Т. 97. – С. 6–37.
9. Николенко, Д. М. Повышение эффективности организации работ по комплексному обследованию зданий и сооружений с применением современных технологий робототехники / Д. М. Николенко, Т. Х. Бидов // Сборник трудов конференции «Дни студенческой науки», Москва, 28 февраля – 4 марта 2022 г. – Москва : НИУ МГСУ, 2022. – С. 815–817.
10. Фатуллаев, Р. С. Потребительское качество многоквартирного жилого дома как параметр, влияющий на состав организационно-технологических решений при проведении капитального ремонта / Р. С. Фатуллаев // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 2 (92). – С. 149–155.
11. Лapidus, A. A. Организационно-технологическая платформа строительства / А. А. Лapidus // Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17, № 4. – С. 516–524.
12. Топчий, Д. В. Разработка организационно-технологической модели осуществления строительного контроля при возведении многоэтажных жилых зданий / Д. В. Топчий, В. А. Скакалов // Научное обозрение. – 2017. – № 11. – С. 97–100.
13. Жеребчиков, Л. В. Возможности изменения функционального назначения при реконструкции / Л. В. Жеребчиков, Т. К. Кузьмина // Технология и организация строительного производства. – 2018. – № 1. – С. 24–27.

4. Bidov, T. K. Organizatsionno-tekhnologicheskie i upravlencheskie resheniya ispol'zovaniya metodov nerazrushayushhego kontrolya pri vozvedenii monolitnykh konstruksiy [Organizational, technological and managerial solutions for the use of non-destructive testing methods in the construction of monolithic structures] / T. K. Bidov // Nauchnoe obozrenie [Scientific Review]. – 2017. – № 5. – P. 54–57.
5. Borovkova, A. E., Osobennosti provedeniya laboratornogo kontrolya pri vozvedenii zhilykh zdaniy [Features of laboratory control during the construction of residential buildings] / A. E. Borovkova, T. K. Kuzmina // Sbornik trudov konferentsii «Dni studencheskoj nauki», Moskva, 28 fevralya – 4 marta 2022 g. [Proceedings of the conference «Days of Student Science», Moscow, February 28 – March 4, 2022]. – Moscow : NRU MGSU, 2022. – P. 857–859.
6. Kurbanov, Z. A. Poverochnye raschety nesushhihkh stroitel'nykh konstruksiy zdaniya uchebnogo korpusa [Verification calculations of the load-bearing building structures of the building

ные конструкции, технология и организация строительства, методика нивелирования влияния факторов.

currence of non-normative deviations.

Findings. 49 factors were identified that affect the occurrence of deviations in the production of works on the construction of monolithic reinforced concrete structures. Of these, the factors that have the greatest influence were identified, according to the mathematical processing of expert assessment data. The degree of influence of each factor is determined, on the basis of this, a methodology has been developed that allows minimizing non-normative deviations that occur in structures.

Conclusions. The methodology that has been develop allows you to control the parameters that minimize the occurrence of large deviations by applying specific measures considered within the framework of the methodology for each factor with a large influence. Because of the research, a multifactorial model has been determined.

Keywords: quality control of construction, deviations of building structures, monolithic reinforced concrete structures, technology and organization of construction, deviation reduction technique.

такими факторами могут быть следующие обобщенные: недостаток мотивации; недостаток финансирования; работа с организациями-посредниками; низкая квалификация персонала; ошибки при проектировании и разработке организационно-технологической документации и пр. [3–7].

В результате проведения мероприятий по более подробному анализу научно-литературных источников, нормативно-технической, а также организационно-технологической документации были определены 49 факторов, влияющих на возникновение отклонений при возведении монолитных железобетонных конструкций, которые приведены в таблице 1.

В ходе анализа и определения факторов были рассмотрены следующие научно-технические, нормативно-правовые, производственные источники и документы: 1) отечественные научно-технические статьи и диссертации; 2) зарубежные статьи; 3) требования актуальных нормативно-технических документов (СП, ГОСТ); 4) требования актуальных руководящих документов (РД); 5) требования регламентов по приемке выполненных работ, формируемых генеральными подрядчиками или заказчиками на объектах строительства и реконструкции; 6) требования нормативно-правовых актов (Градостроительного кодекса, приказов); 7) требования проектной и рабочей документации по объектам строительства и реконструкции; 8) требования организационно-технологической документации (ПОС, ППР, технологические карты и пр.); 9) отображаемые в исполнительной документации параметры качества выполненных конструкций; 10) аналитическая составляющая практического опыта автора при осуществлении профессиональной деятельности в рамках строительного контроля, а также в процессе оказания услуг технического заказчика.

Применив метод экспертных оценок, в результате процесса анкетирования были определены удельные значения каждого рассмотренного выше фактора. Согласно результатам обработки анкет, в ходе присвоения каждому фактору ранга от 0 до 10, где 10 – наибольшая величина ранга прямого влияния на отдельный фактор, была сформирована гистограмма значений суммы рангов рассматриваемых факторов (рисунок 1).

Ключевые слова: контроль качества строительства, отклонения строительных конструкций, монолитные железобетон-

Abstract. Objective. After analyzing the data and the law of the heterogeneous theoretical distribution of the magnitude of deviations made by monolithic reinforced concrete structures, it can be concluded that deviations can go beyond the allowable standard values, while, according to mathematical processing, the data are not random variables [1]. Given that these deviations can directly affect the further safe operation of buildings and structures, it is necessary to keep a record of them, as well as develop a methodology to prevent and prevent the occurrence of deviations with unacceptable values at subsequent stages of work.

Methods. Using the method of analyzing statistical data, as well as analyzing scientific and technical sources and organizational and technological documentation, a list of factors that influence the occurrence of deviations in the production of works on the construction of monolithic reinforced concrete structures was identified. The degree of influence of each considered factor is determined by the method of expert assessments. With the help of multivariate analysis, the most influencing factors were determined, and a methodology was developed to prevent the oc-

Введение

Изучая проблемные вопросы тематики, посвященной строительному контролю при производстве и приемке работ по устройству монолитных железобетонных конструкций, в научно-технических источниках, можно сделать вывод, что на качество работ влияет множество факторов различного характера и степени влияния. По результатам теоретического анализа выявлены основные аспекты, влияющие на процесс производства строительного-монтажных работ и качество выполненных строительных конструкций.

Анализ научно-технических трудов показал, что существует множество методов контроля качества – как в процессе производства работ, так и при приемке выполненных строительных конструкций. При этом подробно не рассмотрены аспекты, включающие в себя интенсивность, влияние и изменчивость возникающих в строительных конструкциях отклонений вследствие производственно-технических и организационных факторов [1; 2]. Из всех возможных факторов в данной статье выделены те, которые непосредственно оказывают прямое влияние на возникновение отклонений в монолитных железобетонных конструкциях. Данные отклонения впоследствии влияют на конструктивную схему здания, распределение нагрузок на несущие конструкции, качество строительства и, в целом, на безопасную эксплуатацию объекта строительства и реконструкции.

Материалы и методы

Основным документом, отражающим качество выполненных работ, в т. ч. выявленные отклонения, является исполнительная документация. Согласно статистическим данным, полученным в ходе научно-исследовательской деятельности по выявлению закона распределения значений отклонений, определено, что величина отклонений, выполненных монолитных железобетонных конструкций варьируется как в рамках предельно допустимых нормативных значений, так и за их пределами [1; 2].

Для уменьшения вероятности возникновения, превышающей предельно допустимые значения величины отклонений, необходимо рассмотреть факторы, непосредственно влияющие на возникающие отклонения в монолитных железобетонных конструкциях. Например,

sii «Dni studencheskoj nauki», Moskva, 28 fevralya – 4 marta 2022 g. [Proceedings of the conference «Days of Student Science», Moscow, February 28 – March 4, 2022]. – Moscow : NIU MGSU, 2022. – P. 815–817.

10. Fatullaev, R. S. Potrebiteľ'skoe kachestvo mnogokvartirnogo zhilogo doma kak parametr, vliyayushhij na sostav organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij pri provedenii kapital'nogo remonta [Consumer quality of an apartment building as a parameter influencing the composition of organizational and technological solutions during a major overhaul] / R. S. Fatullaev // Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and business: ways of development]. – 2019. – № 2 (92). – P. 149–155.
11. Lapidus, A. A. Organizatsionno-tekhnologicheskaya platforma stroitel'stva [Organizational and technological platform of construction] / A. A. Lapidus // Vestnik MGSU [Bulletin of the MGSU]. – 2022. – Vol. 17, № 4. – P. 516–524.
12. Topchiy, D. V. Razrabotka organizatsionno-tekhnologicheskoy modeli osushchestvleniya stroitel'nogo kontrolya pri vozvedenii mnogoehtaznykh zhilykh zdaniy [Development of an organizational and technological model for the implementation of construction control in the construction of multi-storey residential buildings] / D. V. Topchiy, V. A. Skakalov // Nauchnoe obozrenie [Scientific Review]. – 2017. – № 11. – P. 97–100.
13. Zherebchikov, L. V. Vozmozhnosti izmeneniya funktsional'nogo naznacheniya pri rekonstruktsii [Possibilities of changing the functional purpose during reconstruction] / L. V. Zherebchikov, T. K. Kuzmina // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – 2018. – № 1. – P. 24–27.

of the educational building] / Z. A. Kurbanov, K. E. Grushevskij // Sbornik trudov konferentsii «Sovremennye tekhnologii: Aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii», Penza, 25 iyunya 2019 g. [Proceedings of the conference «Modern technologies: Current issues, achievements and innovations», Penza, June 25, 2019]. – Penza : Nauka i Prosveshchenie, 2019. – P. 37–39.

7. Rudnev, I. V. Avtomatizatsiya poverochnykh raschetov stroitel'nykh konstruksij pri vypolnenii obsledovatel'skikh rabot [Automation of verification calculations of building structures when performing survey work] / I. V. Rudnev, D. A. Ukrainenko, N. K. Kondurov // Sbornik trudov konferentsii «Universitetskij kompleks kak regional'nyj tsentr obrazovaniya, nauki i kul'tury», Orenburg, 3–6 fevralya 2016 g. [Proceedings of the conference «University complex as a regional center of education, science and culture», Orenburg, 3–6 February 2016]. – Orenburg : OGU, 2016. – P. 653–657.
8. Lapidus, A. Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov // E3S WEB OF CONFERENCES «22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019», Tashkent, April 18–21, 2019. – Tashkent, 2019. – Vol. 97. – P. 6–37.
9. Nikolenko, D. M. Povyshenie ehffektivnosti organizatsii rabot po kompleksnomu obsledovaniyu zdaniy i sooruzhenij s primeneniem sovremennykh tekhnologij robototekhniki [Improving the efficiency of organizing work on a comprehensive survey of buildings and structures using modern robotics technologies] / D. M. Nikolenko, T. K. Bidov // Sbornik trudov konferent-

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340_2022_4_18

Методика оценки и нивелирования влияния факторов на отклонения монолитных железобетонных конструкций

Method for Assessing and Leveling the Influence of Factors on the Deviations of Monolithic Reinforced Concrete Structures

Куренков Олег Геннадьевич

Инженер 1-й категории, ООО «Научно-исследовательский институт проектирования, технологии и экспертизы строительства» (ООО «НИИ ПТЭС»), Россия, 119017, Москва, ВН.ТЕР.Г Муниципальный округ Якиманка, переулок Пыжевский, дом 5, строение 1, офис 314, o.kyrenkov@niexp.com

Kurenkov Oleg Gennadievich

1st category engineer, Research Institute of Design, Technjlogy and Construction Expertise, Russia, 119017, Moscow, XT.TER.G Yakimanka Municipal'nyj okrug, pereulok Pyzhevsky, 5, stroenie 1, ofis 314, o.kyrenkov@niexp.com

Аннотация. Цель. Проанализировав данные и закон неоднородного теоретического распределения величины отклонений выполненных монолитных железобетонных конструкций, можно сделать вывод, что отклонения могут выходить за пределы допустимых нормативных значений, при этом, согласно математической обработке, данные являются неслучайными величинами [1]. Учитывая, что данные отклонения напрямую могут влиять на дальнейшую безопасную эксплуатацию зданий и сооружений, необходимо вести их учет, а также разработать методику по нивелированию факторов и предупреждению возникновения отклонений с недопустимыми величинами на последующих этапах производства работ.

Методы. Используя метод анализа статистических данных, а также анализ научно-технических источников и организационно-технологической документации, выявлен перечень факторов, которые влияют на возникновение отклонений при производстве работ по возведению монолитных железобетонных конструкций. Методом экспертных оценок определена степень влияния каждого рассматриваемого фактора. При помощи

многофакторного анализа определены наиболее влияющие факторы, а также разработана методика оценки и нивелирования влияния факторов на отклонения монолитных железобетонных конструкций.

Результаты. Определены 49 факторов, которые влияют на возникновение отклонений при производстве работ по возведению монолитных железобетонных конструкций. Из них выявлены факторы, имеющие наибольшее влияние, согласно математической обработке данных экспертных оценок. Определена степень влияния каждого фактора, на основе этого разработана методика, которая позволяет минимизировать возникающие в конструкциях ненормативные значения отклонений.

Выводы. Разработанная методика позволяет управлять параметрами, которые минимизируют возникновение больших значений отклонений за счет применения конкретных мероприятий, рассматриваемых в рамках методики, для каждого фактора, имеющего большую величину влияния. В результате проведенных исследований определена многофакторная модель.

№ п/п	Наименование группы	Наименование факторов	Шифр фактора
1	Техническо-исполнительские факторы	Несоответствие поставляемых материалов проектным характеристикам	X_{11}
2		Погрешности измерительных приборов, контролирующих отклонения конструкций	X_{12}
3		Ошибки в привязке к осям или существующим конструктивным элементам	X_{13}
4		Наличие отклонений, выходящих за пределы нормативных значений основания и нижележащих конструкций	X_{14}
5		Недостаток квалификации строительного персонала	X_{15}
6		Нарушение технологии установки опалубочных щитов	X_{16}
7		Отсутствие требуемого затягивания замков опалубки	X_{17}
8		Неправильное крепление деталей опалубки	X_{18}
9		Несоответствие установки закладных деталей, их закрепления значениям проектно-технической документации	X_{19}
10		Несоответствие размеров установленных арматурных стержней проектным значениям	$X_{1,10}$
11		Несоблюдение проектных размеров, установки опалубочных щитов	$X_{1,11}$
12		Несоблюдение вертикальности опалубочных щитов	$X_{1,12}$
13		Превышение предельно допустимых нормативных значений отклонений внутренней поверхности опалубки	$X_{1,13}$
14		Установка конструкции на нежесткое, деформируемое основание	$X_{1,14}$
15		Сооружение недостаточно жесткой, деформирующейся во время укладки бетона и недостаточно плотной опалубки	$X_{1,15}$
16	Процедурно-технологические факторы	Нарушение правильности хранения опалубочных элементов	X_{21}
17		Нарушение требований складирования и хранения арматурных элементов	X_{22}
18		Использование дефектной опалубочной системы	X_{23}
19		Отсутствие учета влияния имеющихся отклонений нижележащих конструкций	X_{24}
20		Отсутствие обработки поверхности рабочих швов	X_{25}
21		При бетонировании массивной конструкции не рассчитана толщина слоя укладываемого бетона	X_{26}
22		Нарушение технологии процесса бетонирования	X_{27}
23		Нарушение технологии ухода за бетоном	X_{28}
24		Непрофессиональный демонтаж опалубки (вследствие чего возникают сколы)	X_{29}
25		Время перерыва между укладкой смежных слоев бетонной смеси без сооружения рабочего шва, превышающее установленное проектом и нормами	$X_{2,10}$
26		Несвоевременное удаление элементов расчески из конструкций	$X_{2,11}$
27		Наличие дополнительной неучтенной нагрузки в период выдерживания бетона до приобретения прочности не менее 1,5 МПа	$X_{2,12}$
28	Организационно-управленческие факторы	Нарушение схемы операционного контроля со стороны ИТР	$X_{2,13}$
29		Неприбытие представителей служб надзора	$X_{2,14}$
30		Несогласованные конструктивные решения и комбинации по выставлению опалубки (самовольные решения)	$X_{2,15}$
31		Несоблюдение очередности выполнения работ	$X_{2,16}$
32		Недостаток финансирования	X_{31}
33		Отсутствие мотивации	X_{32}
34		Сжатые сроки	X_{33}
35		Халатность строительного персонала	X_{34}
36		Нерациональное использование трудовых ресурсов	X_{35}
37		Нерациональное использование технических ресурсов	X_{36}
38		Нерациональное использование материальных ресурсов	X_{37}
39	Проектно-конструкторские и технологические факторы	Отсутствие у застройщика проектных решений для конкретных участков конструкций с детальной проработкой узлов	X_{41}
40		Низкое качество технологических решений	X_{42}
41		Низкое качество объемно-планировочных решений	X_{43}
42		Низкое качество конструктивных решений	X_{44}
43		Неверные конструктивные схемы (выбор нагрузок, не соответствующих фактическим условиям работы конструкции)	X_{45}
44		Недостаток информации в проектно-технологической документации	X_{46}
45		Низкое качество разработки ППР	X_{47}
46		Неполное отображение информации в ПСД	X_{48}
47	Факторы информационно-технологического блока	Некорректное оформление исполнительной документации – погрешности отображения значений отклонений	X_{51}
48		Отсутствие всех необходимых линейных размеров выполненных конструкций, в том числе привязки их к осям или иным конструктивным элементам	X_{52}
49		Отсутствие всех необходимых высотных отклонений выполненных ранее конструкций	X_{53}

Табл. 1. Перечень факторов, влияющих на возникновение отклонений
Tab. 1. List of factors influencing the occurrence of deviations

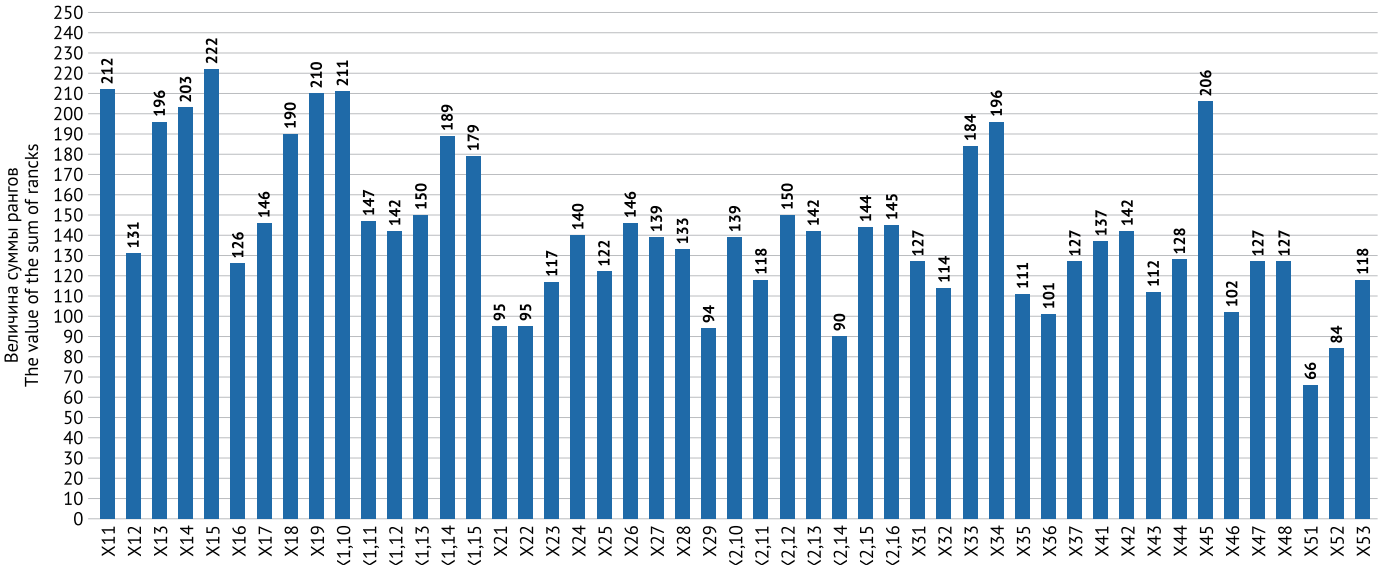


Рис. 1. Гистограмма значений суммы рангов факторов X_{ij}
Fig. 1. Histogram of the values of the sum of the ranks of factors X_{ij}

В ходе проверки полученных данных ранжирования, а также оценки удельных величин факторов были определены основные проверочные параметры – коэффициент конкордации Кендалла и критерий согласия Пирсона, которые позволили сделать вывод, что полученные данные являются случайными величинами, следовательно, результаты могут быть использованы для определения величин влияния факторов [8].

Результаты

Стоит обратить внимание, что, согласно рисунку 1, имеются отдельные факторы, которые явно выделяются большими значениями сумм рангов. Значения сумм рангов остальных факторов варьируются в пределах от 66 до 150, в связи с этим для учета данных факторов необходимо рассмотреть слишком большое число влияющих составляющих, которые весьма трудоемко систематизировать в единую методику. Учитывая данное условие, в статье рассматриваются только факторы, имеющие ярко выраженное влияние из множества рассматриваемых. Вследствие этого «уровень шума» принимается в интервале до 68 % – влиянием данных факторов пренебрегаем. Исходя из условия, что за максимальную сумму рангов принято наибольшее значение 222, согласно рисунку 1, данное

значение сумм будет соответствовать 100 %. В пропорциональном соотношении наиболее выраженные факторы со значениями сумм рангов более 150 составляют более 68 %. Значение сумм рангов от 145 до 150 является пограничной зоной, при которой значения сразу нескольких факторов входят в эту область, при этом данные факторы не являются ярко выраженными.

По итогу исключения «уровня шума» (значения сумм рангов 68 % и ниже) получаем факторы, которые имеют наибольшее влияние на возникновение отклонений, а именно факторы со следующими шифрами, согласно таблице 1: $X_{11}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{18}, X_{19}, X_{1,10}, X_{1,14}, X_{1,15}, X_{33}, X_{34}, X_{45}$ – значения сумм рангов данных факторов варьируются от 80 до 100 %. Данные факторы легли в основу методики по оценке и нивелированию влияния факторов на возникновение отклонений.

В результате проведения многофакторного корреляционного анализа в рамках диссертационного исследования автором статьи определена следующая основная модель:

$$y = a_0 + \sum \alpha_i X_{ij}, \tag{1}$$

$$y = a_0 + \sum \alpha_i X_{ij}, \tag{2}$$



Рис. 2. Схема предлагаемой методики по нивелированию влияния факторов на возникновение отклонений
Fig. 2. Scheme of the proposed methodology for leveling the influence of factors on the occurrence of deviations

где: α_0 – коэффициент, характеризующий отношение интегральной площади значений отклонений, выходящих за пределы нормативных предельно допустимых значений и значений в пределах допусков; α_i – коэффициент влияния группы факторов (корректирующий коэффициент); X_{ij} – величина влияния ij -го фактора; X_{ij} – величина влияния ij -го фактора; y – отклонение конструкций в зависимости от факторов X .

После рассмотрения каждого отдельного фактора разработана методика, которая включает в себя многофакторную модель с точечными мероприятиями в зависимости от влияния каждого фактора. Схема методики и ее составляющие приведены на рисунке 2.

Мероприятия M_{ij} к каждому фактору X_{ij} и X_{ij} основаны на требованиях по приемке выполненных работ и позволяют уменьшить степень влияния конкретного фактора на возникновение отклонений. Каждый этап разработанной методики имеет свои особенности в зависимости от сферы влияния и ответственности участников строительства или реконструкции, в зависимости от заключаемых между ними договоров. В рамках методики предлагается внедрение в процесс СМР по возведению последующих монолитных железобетонных конструкций следующих мероприятий, в зависимости от рассматриваемого фактора (X_{ij} и X_{ij}):

X_{11} : $M_{11(1)}$ – включение в договоры обязательного требования о ведении журнала входного контроля и интенсивности его проверки; $M_{11(2)}$ – исключить использование несертифицированной продукции без паспортов качества, в том числе б/у материалы с других объектов; $M_{11(6)}$ – использовать систему взыскания с лица, осуществляющего строительство, денежных средств за использование материалов и изделий без документального подтверждения качества;

X_{13} : $M_{13(1)}$ – осуществлять проверочную (дублирующую) геодезическую съемку со стороны заказчика, технического заказчика, лица, выполняющего строительный контроль; $M_{13(2)}$ – привлечение сторонней организации, имеющей соответствующую аккредитацию на геодезические виды работ, для выполнения геодезического мониторинга;

Участники строительства	Факторы, на которые воздействуют напрямую	Усиление промежуточного и операционного контроля	Ужесточение входного контроля	Учет отклонений нижележащих конструкций	Мониторинг и повышение квалификации строительного персонала	Повышение взаимодействия с проектировщиками	Организация строительства (мотивация, сроки)
Заказчик / Застройщик	$X_{33} X_{34}$	–	–	–	–	+	+
Проектная организация / Авторский надзор	$X_{14} X_{15} X_{1,10} X_{45}$	–	–	+	–	+	–
Технический заказчик	$X_{11} X_{14} X_{15} X_{18} X_{1,14}$	+	+	+	+	+	+
Строительный контроль на основании договора с Заказчиком	$X_{11} X_{14} X_{15} X_{18} X_{1,14} X_{1,15} X_{1,15}$	+	–	+	–	–	–
Генподрядчик	$X_{11} X_{15} X_{14} X_{15} X_{1,10} X_{1,14} X_{1,15} X_{33} X_{34}$	+	+	+	+	+	+
Подрядчик	$X_{11} X_{15} X_{14} X_{15} X_{1,10} X_{1,14} X_{1,15} X_{34}$	+	+	+	+	–	–
Поставщик	X_{11}	–	+	–	–	–	–

Рис. 3. Матрица ответственности участников строительства, реконструкции
Fig. 3. Responsibility matrix for participants in construction, reconstruction

X_{14} : $M_{14(1)}$ – введение реестра или журнала значеный отклонений для их оперативного мониторинга; $M_{14(2)}$ – оперативное взаимодействие с проектной организацией (представителями авторского надзора) по выявленным отклонениям; $M_{14(3)}$ – не осуществлять приемку конструкций с отклонениями, выходящими за пределы нормативных значений, в случае отсутствия согласования с представителем лица, осуществляющего подготовку проектной документации;

X_{15} : $M_{15(1)}$ – формирование резерва рабочих кадров; $M_{15(2)}$ – осуществление переподготовки и повышение квалификации соответствующих групп работников и ИТР [9]; $M_{15(3)}$ – применение аутстаффинга;

X_{18} : $M_{18(1)}$ – выполнение геодезической съемки смонтированных щитов и элементов опалубки до начала бетонирования; $M_{18(2)}$ – контроль сопроводительных документов опалубочной системы и анализ соответствия требованиям проектной документации и ППР [10]; $M_{18(3)}$ – исключение из зоны опирания опалубочной системы деформируемого основания [11–12]; $M_{18(4)}$ – мониторинг деформаций после укладки бетонной смеси посредством геодезической съемки;

X_{19} : $M_{19(1)}$ – работа с «чек-листами», в которых отображены основные процессы устройства закладных деталей, требования к материалам и приемочному контролю; $M_{19(3)}$ – оперативная проверка сопроводительных документов, подтверждающих качество применяемых материалов;

$X_{1,14}$ – $X_{1,15}$: $M_{1,14(1)}$ – не осуществлять опирание опалубочной системы на деформируемое основание; $M_{1,15(1)}$ – мониторинг деформаций после укладки бетонной смеси посредством геодезической съемки [13];

X_{33} , X_{34} : $M_{34(1)}$ – оптимизация численности персонала; $M_{34(3)}$ – повышение уровня квалификации, обеспечение опережающего роста производительности труда по сравнению со средней заработной платой; $M_{34(4)}$ – применение прогрессивных систем и форм оплаты труда, улучшение условий труда, механизации и автоматизации производственных процессов; $M_{34(5)}$ – обеспечение мотивации высокопроизводительного труда за счет использования бенефитов;

X_{45} : $M_{45(1)}$ – оперативное и систематическое взаимодействие с проектной организацией по выявленным отклонениям; $M_{45(2)}$ – обмерные работы выполненных или существующих конструкций при реконструкции и капитальном ремонте [13].

Стоит обратить внимание, что в рамках данной статьи рассмотрены не все возможные мероприятия для каждого фактора, а приведены лишь самые основные, которые имеют наибольшее воздействие на факторы. Также разработана матрица ответственности, представленная на рисунке 3.

Заключение

Разработана поэтапная методика, состоящая из 7 эта-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олейник, П. П. Оценка выявленных фактических отклонений несущих монолитных железобетонных конструкций и определение закона их распределения для оптимизации контроля качества производства строительных работ / П. П. Олейник, О. Г. Куренков // Строительное производство. – 2020. – № 2. – С. 125–139.

2. Олейник, П. П. Оценка влияния факторов прямого воздействия на качество построенного объекта при изучении показателей, отражаемых в исполнительной документации / П. П. Олейник, О. Г. Куренков // Перспективы науки. – 2019. – № 7 (118). – С. 143–147.

3. Pettee, S. R. As-built – Problems & Proposed Solutions / S. R. Pettee // Construction Management Association of America. – 2005. – P. 1–19.

4. Летчфорд, А.Н. Исполнительная документация в строительстве : Справочное пособие / А.Н. Летчфорд, В.А. Шинкевич. – Санкт-Петербург : Центр качества строительства, 2011. – 258 с.

5. Румянцева, А.А. Факторы влияния на качество строительства в работах научных деятелей / А. А. Румянцева, С. А. Сinenko, С. И. Румянцев // Вестник Евразийской науки. – 2020. – № 3 (12). – С. 12.

6. Ключев, К. А. Влияние дефектов конструкций и ошибок проектирования на этапах возведения монолитного каркасного здания / К. А. Ключев, А. А. Кузнецов // Строймного. – 2017. – № 1 (6). – С. 4.

7. Махрова, О. В. Факторы, влияющие на эксплуатационную надежность конструкции из монолитного железобетона / О. В. Махрова, Ю. М. Гераскин // Universum: технические науки. – 2018. – № 3 (48). – С. 8–12.

REFERENCES

1. Oleynik, P. P. Otsenka vyvavlennykh fakticheskikh otkloneniy nesushchikh monolitnykh zhelezobetonnykh konstruktсий i opredeleniye zakona ikh raspredeleniya dlya optimizatsii kontrolya kachestva proizvodstva stroitel'nykh rabot [Assessment of the revealed actual deviations of load bearing monolithic reinforced concrete structures and determination of the law of their distribution to optimize quality control of construction work] / P. P. Oleynik, O. G. Kurenkov // Stroitel'noye proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 2. – P. 125–139

2. Oleynik, P. P. Otsenka vliyaniya faktorov pryamogo vozdeystviya na kachestvo postroyennogo ob'yekta pri izuchenii pokazateley, otrazhayemykh v ispolnitel'noy dokumentatsii [Evaluation of the influence of direct impact factors on the quality of the construction project in the study of indicators in the as-built documentation] / P. P. Oleynik, O. G. Kurenkov // Perspektivy nauki [Prospects of Science]. – 2019. – № 7 (118). – P. 143–147.

3. Pettee, S. R. As-built – Problems & Proposed Solutions /

пов с соответствующими особенностями воздействия на 12 наиболее влияющих факторов X_{ij} и X_{ij} в зависимости от этапа и ответственного участника строительства. Предлагаемая методика позволяет за счет мероприятий оптимизировать, а также осуществлять управление параметрами, влияющими на отклонения строительных конструкций на последующих этапах производства работ. Кроме того, внедрение данной методики в процессе производства работ непосредственно на объекте позволяет минимизировать значения отклонений при устройстве монолитных железобетонных конструкций, что приведет к уменьшению степени возникновения ненормативных отклонений.

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

9. Байбурин, А. Х. Комплексная оценка качества возведения гражданских зданий с учетом факторов, влияющих на их безопасность : дис. ... докт. тех. Наук : 05.23.08 / Байбурин Альберт Халитович ; ФГБОУ ВПО «Южно-уральский государственный университет. – Санкт-Петербург, 2012. – 407 с. – Текст непосредственный.

10. Байбурин, А. Х. Система контроля и оценки качества строительного-монтажных работ / А.Х. Байбурин, С.В. Никоноров // Сборник докладов научно-практической конференции «Проблемы повышения надежности и качества строительства». – Челябинск, 2003. – С. 79–81.

11. Волков, А. С. Влияние дефектов строительства на несущую способность железобетонных конструкций монолитного каркасного здания / А. С. Волков, Е. А. Дмитренко, А. В. Корсун // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 2 (29). – С. 45–56.

12. Воловик, М. В. Круглый стол. Современные опалубочные системы как фактор обеспечения качества и надежности строительных объектов / М. В. Воловик, М. Н. Ершов, А. В. Ишин, О. П. Лянг, Д. К. Туманов, А. А. Лapidус, О. А. Фельдман, М. Е. Лейбман, В. И. Теличенко // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 1. – С. 14–18.

13. Шаленный, В. Т. Техничко-экономическое обоснование выбора технологических схем и приборов контроля отклонении от вертикали при возведении железобетонных конструкций / В. Т. Шаленный, С. Н. Малышев // Экономика строительства и природопользования. – 2016. – № 1. – С. 98–104.

S. R. Pettee // Construction Management Association of America. – 2005. – P. 1–19.

4. Letchford, A. N. Ispolnitel'naya dokumentatsiya v stroitel'stve. Spravochnoye posobiye [Executive documentation in construction. Reference manual] / A. N. Letchford, V. A. Shinkevich. – Saint Petersburg : Tsentr kachestva stroitel'stva, 2011. – 258 p.

5. Rumyantseva, A. A. Faktory vliyaniya na kachestvo stroitel'stva v rabotakh nauchnykh deyateley [Factors of influence on the quality of construction in the work of scientists] / A. A. Rumyantseva, S. A. Sinenko, S. I. Rumyantsev // Vestnik Yevraziyskoy nauki [Bulletin of Eurasian Science]. – 2020. – № 3 (12). – P.12.

6. Klyuev, K. A. Vliyaniye defektov konstruktсий i oshibok proyektirovaniya na etapakh vozvedeniya monolitnogo karkasnogo zdaniya [Influence of structural defects and design errors at the stages of erection of a monolithic frame building] / K. A. Klyuev, A. A. Kuznetsov // StroyMnogo. – 2017. – № 1 (6). – P. 4.

7. Makhrova, O. V. Faktory, vliyayushchiye na ekspluatatsionnyuyu

nadezhnost' konstruksii iz monolitnogo zhelezobetona [Factors affecting the operating reliability of constructions from monolithic reinforced concrete] / O. V. Makhrova, Y. M. Geraskin // Universum: tekhnicheskiye nauki [Universum: technical sciences]. – 2018. – № 3 (48). – P. 8–12.

8. Oleynik, P. P. Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Organization of construction production] / P. P. Oleynik ; MGSU. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 2010. – 576 p.

9. Bayburin, A. K. Kompleksnaya otsenka kachestva vozvedeniya grazhdanskikh zdaniy s uchetom faktorov, vliyayushchikh na ikh bezopasnost': dis. ... dokt. tekhn. nauk : 05.23.08 [Comprehensive assessment of the quality of the construction of civil buildings, taking into account factors affecting their safety : dis. ... doct. tech. Sciences : 05.23.08] / Bayburin Albert Khalitovich ; FGBOU VPO «Yuzhno-ural'skiy gosudarstvennyy universitet [South Ural State University]. – Saint Petersburg, 2012. – 407 p.

10. Bayburin, A. K. Sistema kontrolya i otsenki kachestva stroitel'no-montazhnykh rabot [The system for monitoring and assessing the quality of construction and installation works] / A. K. Bayburin, S. V. Nikonorov // Sbornik dokladov nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy povysheniya nadezhnosti i kachestva stroitel'stva» [Collection of reports of the scientific and practical conference «Problems of improving the reliability and quality of construction»]. – Chelyabinsk, 2003. – P. 79–81.

11. Volkov, A. S. Vliyaniye defektov stroitel'stva na nesushchuyu sposobnost' zhelezobetonnykh konstruksiy monolitnogo karkasnogo zdaniya [The influence of construction defects on bearing capacity of reinforced concrete constructions of a frame monolithic building] / A. S. Volkov, Y. A. Dmitrenko, A. V. Korsun // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy [Construction of unique buildings and structures]. – 2015. – № 2 (29). – P. 45–56.

12. Volovik, M. V. Kruglyy stol. Sovremennyye opalubochnyye sistemy kak faktor obespecheniya kachestva i nadezhnosti stroitel'nykh ob'yektov [Modern formwork systems as a factor to ensure the quality and reliability of construction of objects] / M. V. Volovik, M. N. Yershov, A. V. Ishin, O. P. Lyang, D. K. Tumanov, A. A. Lapidus, O. A. Fel'dman, M. Y. Leybman, V. I. Telichenko // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – 2013. – № 1. – P. 14–18.

13. Shalenny, V. T. Tekhniko-ekonomicheskoye obosnovaniye vybora tekhnologicheskikh skhem i priborov kontrolya otklone-nii ot vertikali pri vozvedenii zhelezobetonnykh konstruksiy [Feasibility study selection technological schemes and devices of the control deviation from the vertical in the construction of concrete structures] / V. T. Shalenny, S. N. Malyshev // Ekonomika stroitel'stva i prirodopol'zovaniya [Economics of construction and environmental management]. – 2016. – № 1. – P. 98–104.

УДК 69.05 DOI: 10.54950/26585340_2022_4_24

Усовершенствование системы строительного контроля при производстве строительно-монтажных работ

Improvement of the System of Construction Control in the Production of Construction and Installation Works

Кузьмина Татьяна Константиновна

Кандидат технических наук, доцент, 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 Tatyana Konstantinovna

Ph. D. in Technical Sciences, Docent, Docent 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

Бабушкина Диана Дмитриевна

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

Babushkina Diana Dmitrievna

Postgraduate student, lecturer 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, zueva.dd@mail.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

Коблюк Данила Александрович

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

Koblyuk Danila Alexandrovich

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, venvoobr@yandex.ru

Аннотация. Система строительного контроля при производстве строительно-монтажных работ очень сложна и требует слаженного и оперативного взаимодействия ее участников. Несмотря на то, что все задачи и обязанности этих участников подробно прописаны в нормативных документах, во время строительного производства неизбежны те или иные проблемы, приводящие к экономическим потерям и увеличению сроков строительства. Чаще всего эти проблемы возникают именно из-за несовершенства существующей схемы взаимодействия участников системы строительного контроля при производстве строительно-монтажных работ, в том числе неструктурированного документооборота, требующего дополнительных временных затрат на создание, согласование и подписание. Целью данной работы является усовершенствование существующей системы строительного контроля при производстве строитель-

Abstract. The system of construction control during construction and installation works is very complex and requires coordinated and prompt interaction of its participants. Despite the fact that all the tasks and responsibilities of these participants are described in detail in the regulatory documents, during the construction process there are inevitable problems that lead to economic losses and increase the time of construction. Most often these problems arise from the imperfection of the existing scheme of interaction between the participants of the construction control system during the construction and assembly works, including unstructured document flow that requires additional time to create, coordinate and sign. The purpose of this work is to improve the existing system of construction control in the production of construction and assembly works, specifically modeling

Введение

Согласно постановлению РФ № 468, СП 246.135800.2016 и ст. 53 ГрК РФ, при возведении всех объектов капитального строительства и реконструкции должен быть осуществлен *Строительный контроль*, который обязан не только выявлять, но и устранять все проблемы на строительном производстве, которые могут повлиять на качество и безопасность продукта строительства [1–4].

Система строительного контроля при производстве строительно-монтажных работ имеет сложную структуру и большое количество участников, взаимодействующих между собой с целью получения качественного и безопасного продукта строительства [2; 5]. В большинстве своем основными участниками этой системы являются представители авторского надзора проектировщиков, представители строительного контроля подрядчика, представители строительного контроля заказчика.

Основными показателями системы строительного контроля при производстве строительно-монтажных работ являются качество, скорость и безопасность продукта строительного производства, которые напрямую зависят от гибкого, оперативного, своевременного и качественно-го выполнения поставленных задач каждым участником этой системы [2].

но-монтажных работ, а конкретно – моделирование взаимодействия участников системы. В работе представлены обобщенные схемы взаимодействия участников системы строительного контроля во время производства работ, а также после выполнения этих работ, то есть после выявления и устранения дефектов строительных конструкций, а также после обнаружения и устранения ошибок в проекте. Усовершенствование существующей системы строительного контроля возможно посредством использования технологий информационного моделирования.

Ключевые слова: строительно-монтажные работы, авторский надзор проектировщиков, строительный контроль подрядчика, строительный контроль заказчика, техническое заключение, единая объемная цифровая модель здания, технологии информационного моделирования.

the interaction of system participants. The work presents summarized schemes of interaction of participants of the construction control system during the performance of works, and also after fulfillment of these works, that is after detection and elimination of defects of construction structures and also after detection and elimination of errors in the project. The improvement of the existing construction control system is possible through the use of information modeling technologies.

Keywords: construction and installation work, designer's supervision of designers, construction control of the contractor, construction control of the customer, technical report, unified volumetric digital model of the building, information modeling technology.

Для совершенства взаимодействия участников системы строительного контроля при производстве строительно-монтажных работ актуально внедрение общей 3D-модели строящегося объекта, с возможностью актуализации в режиме реального времени для всех участников этой системы и доступом для них ко всей документации, рассортированной по элементам производства строительства.

Материалы и методы

В исследовании использованы метод научного познания и метод системного анализа. По теме исследования проанализированы существующие нормативно-технические документы, результаты научных исследований и практический опыт осуществления строительного контроля при производстве строительно-монтажных работ.

Рассмотрим основные функции и задачи участников системы строительного контроля.

1. Представители *Авторского надзора проектировщиков*, являющиеся, в свою очередь, разработчиками проектной и рабочей документации, которых нанял заказчик в качестве генерального проектировщика. В свою очередь, Генеральный проектировщик имеет право нанимать субподрядные организации для выполнения тех или иных задач с целью ускорения выпуска документации без потерь в ее качестве. Основными задачами авторского

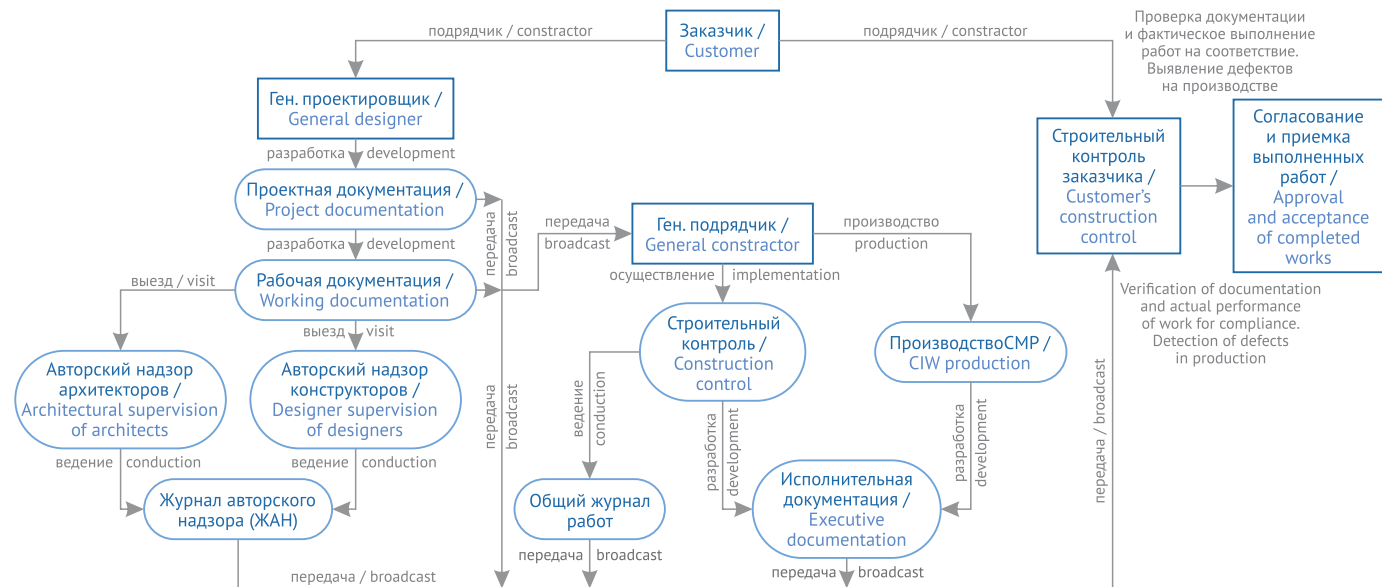


Рис. 1. Схема взаимодействия участников строительного контроля при выполнении строительно-монтажных работ
Fig. 1. The scheme of interaction of participants in construction control during construction and installation works

надзора проектировщиков являются своевременная выдача проектной и рабочей документации на стройку для выполнения строительно-монтажных работ и ведение Журналов авторского надзора [6].

2. Представители *Строительного контроля подрядчика*. Ими могут выступать как сотрудники генподрядной организации, так и специально нанятые ею организации на субподряд. В их основные задачи входят полный контроль производства строительно-монтажных работ на предмет соответствия физического результата проведения данных работ с заявленными результатами в проектной и рабочей документациях, а также разработка исполнительной документации, ее оперативная и своевременная выдача [5–7].

3. Представители *Строительного контроля заказчика*. Представители Технадзора – могут быть как собственные сотрудники из организации, выступающей заказчиком, так и субподрядные организации, нанятые им. В некоторых случаях представителем технадзора может быть Государственный строительный надзор. Их основными задачами являются регулярные проверки процесса строительства, полный контроль всей документации, которая используется при строительстве, а также приемка выполненных работ у генподрядной организации.

Схема взаимодействия участников системы строительного контроля при выполнении строительно-монтажных работ представлена на рисунке 1.

Строительный контроль заказчика может выявлять дефекты конструкций и находить несоответствие проектной документации с рабочей. В первом случае дефекты могут быть классифицированы по видам [6; 8–11]:

- *Малозначительные дефекты*. Такие дефекты могут быть устранены заказчиком после согласования с генеральным проектировщиком записью в журнал авторского надзора (то есть требуется выезд представителя авторского надзора на объект), так как не влияют ни на эксплуатационные характеристики здания, сооружения, ни на его долговечность [8; 10].

- *Значительные дефекты*. Также могут быть устранены записью в журнал авторского надзора, однако, так как в соответствии с результатами анализа их влияния на

долговечность и эксплуатационные характеристики эти дефекты значительно влияют на данные показатели, генеральный проектировщик может не согласовать предложенное генподрядчиком решение и не выдать собственного, кроме демонтажа и повторного проведения работ [8; 10].

- *Критические дефекты*. Данные дефекты создают ситуацию, при которой дальнейшее проведение строительно-монтажных работ является небезопасным и требуют незамедлительной реакции как генподрядчика, так и генпроектировщика. Последний, при выявлении критического дефекта, чаще всего настаивает на демонтаже конструкции с таким дефектом и на продолжении работ только после повторного монтажа. Как несложно понять, это очень трудоемкий и долговременный процесс, который подрывает сроки производства работ и, зачастую, генеральный подрядчик обращается в независимые организации для поиска решения, которое позволило бы избежать вышеуказанный процесс. Результатом этого обращения становится *техническое заключение*, на основании которого принимается то или иное решение, которое согласуется с заказчиком и генеральным проектировщиком. В дальнейшем это решение должно быть отражено в проекте записью в журнал авторского надзора или же изменением в проектной и рабочей документациях [8; 9–11].

Результаты

Зачастую во время выполнения участниками системы строительного контроля при производстве строительно-монтажных работ тех или иных задач между ними происходят конфликты и разногласия, которые могут привести к срыву сроков строительства и необходимости в проведении дополнительных работ.

Причины таких проблем могут быть разными – от низкой квалификации рабочих кадров до форс-мажорных обстоятельств. Независимо от причин, последствия выявления разного рода дефектов и ошибок требуют незамедлительной реакции и быстрого устранения таковых последствий. Очень часто при высоких темпах строительства в больших объемах это занимает немалое количество времени, ведь вызывает либо изменения в проекте, либо

приведение в соответствие с ним, что влечет за собой потребность в трудовых, финансовых и технических ресурсах, что, в свою очередь, влечет за собой увеличение времени строительства или затрат на него [3].

Рассмотрим подробнее взаимодействие участников системы строительного контроля при производстве строительно-монтажных работ после выполнения строительных процессов и выявления замечаний и дефектов со стороны строительного контроля заказчика (рисунк 2).

В данном случае генеральный проектировщик должен незамедлительно начать работу по устранению выявленных несоответствий рабочей и проектной документации, то есть определить нужно ли вносить изменения в проект. При необходимости внесения изменений генеральный проектировщик должен их согласовать с заказчиком и уже после получения положительного решения о согласовании изменять документацию. При отсутствии необходимости в изменениях в проекте представитель авторского надзора проектировщика должен сделать запись в журнале авторского надзора и устранить несоответствие между документациями [12].

Все описанные действия после выдачи замечаний строительным контролем заказчика требуют создания и согласования между участниками системы строительного контроля при производстве строительно-монтажных работ большого количества документов. В практикующей системе строительного контроля бюрократические процессы играют очень большую роль в связи с высокой ответственностью на производстве и широко развернутой иерархией управляющего состава в строительных предприятиях, что, в свою очередь, приводит к распространенной ситуации, когда на поиск ответственных лиц из-за нужды в их физическом присутствии (например, для подписания документа) уходит большое количество времени. Не меньше времени, в большинстве случаев, занимает

анализ и поиск той или иной документации, находящейся в архивах на бумажных носителях [13].

Поэтому предложено решение по систематизации всех процессов путем создания единой объемной цифровой модели здания, с возможностью просмотра всей связанной с объектом строительного производства документации, а также с возможностью удаленного согласования тех или иных документов ответственными лицами (например, с помощью электронной подписи). Что немаловажно, у всех участников системы строительного контроля при производстве строительно-монтажных работ должен быть доступ к этой модели для ее редактирования, дополнения и совершенствования в режиме реального времени. Это сократит количество затраченного времени на поиски решения проблем, возникающих при строительном производстве, а также повысит качество выпускаемой продукции строительства. Также при внедрении модели в систему необходимо регламентировать взаимодействие участников системы строительного контроля при производстве строительно-монтажных работ путем внесения изменений в уже существующие нормативные документы или создания новых [13–16].

Заключение

В статье описано взаимодействие основных участников системы строительного контроля при производстве строительно-монтажных работ – как во время производства работ, так и при выявлении тех или иных проблем после окончания производства работ, обоснована актуальность создания и внедрения в систему строительного контроля при проведении строительно-монтажных работ *Единой объемной цифровой модели* здания для совершенствования взаимодействия участников этой системы. При этом целесообразно провести дальнейшие исследования для детализации функций и задач предложенной единой объемной цифровой модели.

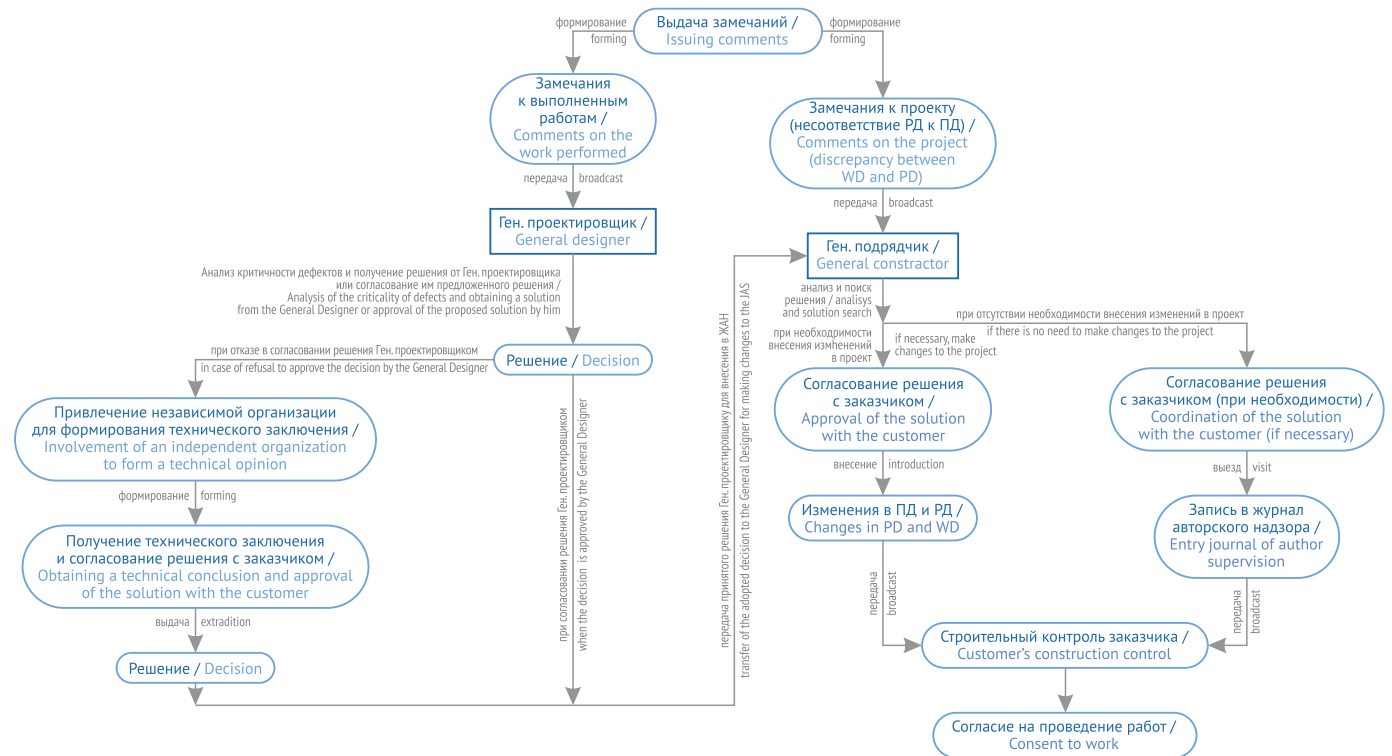


Рис. 2. Схема взаимодействия участников строительного контроля при выявлении дефектов строительного производства
Fig. 2. The scheme of interaction of participants in construction control when detecting defects in construction production

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Негативные последствия для застройщика (технического заказчика), возникающие в результате отклонений от проектных решений подрядными организациями в ходе строительства / Т. К. Кузьмина, Н. Д. Чередниченко, Э. И. Хобот, Л. И. Кочеткова // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2018. – № 9 (1009). – С. 40–41.
- Олейник, П. П. Некоторые особенности организационно-технологической подготовки строительства объекта техническим заказчиком (застройщиком) / П. П. Олейник, П. В. Большакова // Приоритетные направления развития российской науки : Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15 сентября 2020 г. ; отв. редактор А. А. Зарайский. – 2020. – С. 37–45.
- Овчинников, А. Н. Повышение (оптимизация) эффективности деятельности организационно-управленческой структуры заказчика при реализации целей и задач инвестиционно-строительного проекта / А. Н. Овчинников, А. А. Лapidus // Строительное производство. – 2021. – № 3. – С. 2–8.
- 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.
- Лapidus, А. А. Организационно-технологическая платформа строительства / А. А. Лapidus // Вестник МГСУ. – 2022. – С. 516–524.
- Топчий, Д. В. Разработка организационно-технологической модели осуществления строительного контроля при возведении многоэтажных жилых зданий / Д. В. Топчий, В. А. Скакалов // Научное обозрение. – 2017. – С. 97–100.
- Куренков, О. Г. Исполнительная документация как инструмент совершенствования системы менеджмента качества строительной продукции / О. Г. Куренков, П. П. Олейник // Организация строительного производства : Сборник трудов Всероссийской научной конференции, Санкт-Петербург, 4 февраля 2019 г. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2019. – С. 31–36.
- Классификатор основных видов дефектов в строительстве и промышленности строительных материалов : утвержден Главной инспекцией Госархстройнадзора России 17 ноября

1993 года // Госархстройнадзор. – Москва, 1993.

- Жеребчиков, Л. В. Возможности изменения функционального назначения при реконструкции / Л. В. Жеребчиков, Т. К. Кузьмина // Технология и организация строительного производства. – 2018. – № 1. – С. 24–27.
- Lapidus, A. Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov // E3S WEB OF CONFERENCES «22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019», Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. – Tashkent, 2019. – Т. 97. – С. 6–37.
- Зуева, Д. Д. Унификация контрольных мероприятий при проведении строительного контроля. – DOI 10.54950/26585340_2021_4_6_39 / Д. Д. Зуева // Строительное производство. – 2021. – № 4. – С. 39–43.
- Олейник, П. П. Строительный контроль как стратегия повышения качества зданий и сооружений / П. П. Олейник, А. Д. Улитина // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – № 4. – С. 22–27.
- Овчинников, А. Н. Моделирование процессов управления информационными потоками под воздействием принятия решений заказчиком (техническим заказчиком) / А. Н. Овчинников, А. А. Лapidus. – Москва : Издательство АСВ, 2021. – 268 с.
- Рубан, И. А. Контроль качества строительных работ с использованием информационных технологий / И. А. Рубан // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2020. – Т. 1. – С. 372–377.
- Чукавин, Д. П. Дистанционный контроль хода строительства посредством современных технологий / Д. П. Чукавин // Мировые научные исследования современности: возможности и перспективы развития : Материалы XVI международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 31 марта 2022 года. – Ставрополь: Ставропольское издательство «Параграф», 2022. – С. 62–67.
- Кузьмина, Т. К. Особенности использования технологии информационного моделирования при осуществлении строительного контроля. – DOI 10.54950/26585340_2021_4_8_49 / Т. К. Кузьмина, Л. И. Ледовских // Строительное производство. – 2021. – № 4. – С. 49–53.

- Ovchinnikov, A. N. Povyshenie (optimizatsiya) ehffektivnosti deyatel'nosti organizatsionno-upravlenyaeskoj struktury zakazchika pri realizatsii tselej i zadach investitsionno-stroitel'nogo proekta [Improving (optimizing) the efficiency of the organizational and managerial structure of the customer in the implementation of the goals and objectives of the investment and construction project] / A. N. Ovchinnikov, A. A. Lapidus // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2021. – № 3. – P. 2–8.
- Topchiy, 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. Topchiy, A.Y. Tokarsky // Vestnik Evrazijskoj nauki [Bulletin of Eurasian Science]. – 2019. – Vol. 11, № 3. – P. 49.
- Lapidus, A. A. Organizatsionno-tekhnologicheskaya platforma stroitel'stva [Organizational and technological platform of construction] / A. A. Lapidus // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2022. – P. 516–524.

REFERENCES

- Negativnye posledstviya dlya zastrojshhika (tekhnicheskogo zakazchika), voznikayushhie v rezul'tate otklonenij ot proektnykh reshenij podryadnymi organizatsiyami v khode stroitel'stva [Negative consequences for the developer (technical customer) arising as a result of deviations from design decisions by contractors during construction] / T. K. Kuzmina, N. D. Cherednichenko, E. I. Khobot, L. I. Kochetkova // BST: Byulleten' stroitel'noj tekhniki [BST: Bulletin of construction Equipment]. – 2018. – № 9 (1009). – P. 40–41.
- Oleinik, P. P. Nekotorye osobennosti organizatsionno-tekhnologicheskoy podgotovki stroitel'stva ob'ekta tekhnicheskim zakazchikom (zastrojshhikom) [Some features of the organizational and technological preparation of the construction of the object by the technical customer (developer)] / P. P. Oleinik, P. V. Bolshakova // Prioritetnye napravleniya razvitiya rossijskoj nauki : Materialy VI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 15 sentyabrya 2020 g. ; отв. редактор А. А. Зарайский [Priority directions of development of Russian science : Materials of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference ; Editor A. A. Zaraisky]. – 2020. – P. 37–45.

- Topchiy, D. V. Razrabotka organizatsionno-tekhnologicheskoy modeli osushhestvleniya stroitel'nogo kontrolya pri vozvedenii mnogoetazhnykh zhilykh zdaniy [Development of an organizational and technological model for the implementation of construction control during the construction of multi-storey residential buildings] / D. V. Topchiy, V. A. Skakalov // Nauchnoe obozrenie [Scientific Review]. – 2017. – P. 97–100.
- Kurenkov, O. G. Ispolnitel'naya dokumentatsiya kak instrument sovershenstvovaniya sistemy menedzhmenta kachestva stroitel'noj produktsii [Executive documentation as a tool for improving the quality management system of construction products] / O. G. Kurenkov, P. P. Oleinik // Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva : Sbornik trudov Vserossijskoj nauchnoj konferentsii, Sankt-Peterburg, 4 fevralya 2019 g. [Organization of construction production : Proceedings of the All-Russian Scientific Conference, St. Petersburg, February 4, 2019]. – Saint-Petersburg : SPbGASU, 2019. – P. 31–36.
- Klassifikator osnovnykh vidov defektov v stroitel'stve i promyshlennosti stroitel'nykh materialov : utverzhden Glavnoj inspektsiej Gosarkhstrojnadzora Rossii 17 noyabrya 1993 goda [Classifier of the main types of defects in construction and the construction materials industry, approved by the Main Inspectorate of Gosarkhstrojnadzor of Russia, November 17, 1993] // Gosarkhstrojnadzor. – Moscow, 1993.
- Zherebchikov, L. V. Vozmozhnosti izmeneniya funktsional'nogo naznacheniya pri rekonstruktsii [The possibilities of changing the functional purpose during reconstruction] / L. V. Zherebchikov, T. K. Kuzmina // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – 2018. – № 1. – P. 24–27.
- Lapidus, A. Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov // E3S WEB OF CONFERENCES «22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019», Tashkent, April 18–21, 2019. – Tashkent, 2019. – Vol. 97. – P. 6–37.
- Zueva, D. D. Unifikatsiya kontrol'nykh meropriyatij pri provedenii stroitel'nogo kontrolya [Unification of Control Measures During Building Control]. – DOI: 10.54950/26585340_2021_4_6_39 /

УДК 69.05; 624.05

DOI: 10.54950/26585340_2022_4_29

Априорные риски строительных процессов в системе контроля качества

A Priori Risks of Construction Processes in the Quality Control System

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

Аннотация. Разработка системы контроля качества – один из определяющих аспектов организации строительного производства. В настоящее время не формализована методология организации контроля качества работ в части определения приоритетности, объема и частоты его проведения для различных строительных процессов. Данная проблема наиболее актуальна в условиях крупномасштабного строительства, например, жилых

- D. D. Zueva // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2021. – № 4. – P. 39–43.
- 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]. – 2020. – № 4. – P. 22–27.
- Ovchinnikov A. N., Lapidus A. A. Modelirovanie protsessov upravleniya informatsionnymi potokami pod vozdeystviem prinyatiya reshenij zakazchikom (tekhnicheskim zakazchikom) [Modeling of information flow management processes under the influence of decision-making by the customer (technical customer)] / A. N. Ovchinnikov, A. A. Lapidus. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 2021. – 268 p.
- Ruban, I. A. Kontrol' kachestva stroitel'nykh robot s ispol'zovaniem informatsionnykh tekhnologij [Quality control of construction works using information technologies] / I. A. Ruban // Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika [Modern technologies in construction. Theory and practice]. – 2020. – Vol. 1. – P. 372–377.
- Chukavin, D. P. Distsionnyj kontrol' khoda stroitel'stva posredstvom sovremennykh tekhnologij [Remote control of the construction progress through modern technologies] / D. P. Chukavin // Mirovye nauchnye issledovaniya sovremenosti: vozmozhnosti i perspektivy razvitiya : Materialy XVI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Rostov-na-Donu, 31 marta 2022 goda [World scientific research of modernity: opportunities and prospects for development : Materials of the XVI International Scientific and Practical Conference, Rostov-on-Don, March 31, 2022]. – Stavropol : Stavropol Publishing House «Paragraph», 2022. – P. 62–67.
- Kuzmina, T. K. Osobennosti ispol'zovaniya tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya pri osushhestvlenii stroitel'nogo kontrolya [Peculiarities of Using Information Modeling Technology in Construction Control]. – DOI: 10.54950/26585340_2021_4_8_49 / T. K. Kuzmina, L. I. Ledovskikh // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2021. – № 4. – P. 49–53.

комплексов или промышленных объектов, когда одновременно на строительной площадке выполняется большое количество разнородных строительных процессов. Для решения данной проблемы обосновано применение риск-ориентированного подхода. Цель данной статьи – разработать методику планирования последовательности и объема выполнения мероприятий контроля качества строительных процессов в условиях

неопределенности. Данные условиях характерны для начала строительства, при смене подрядных организаций или выходе новых подрядчиков, а также при отсутствии статистических данных о производственной деятельности участников строительства. В задачи исследования входят определение способа расчета рисков строительных процессов в условиях неопределенности, апробация расчета рисков на строительном объекте, установление зависимости организации контроля качества работ от уровня риска строительных процессов. Для решения поставленных задач использованы методологии менеджмента риска, системного анализа, теории вероятностей. В исследовании для расчета рисков в условиях неопределенности использована априорная информация о строительных процессах. Выполнен анализ потенциального ущерба в результате появления

Abstract. The development of a quality control system is one of the defining aspects of the organization of construction. Currently, there is no formalized methodology for organizing quality control of work in terms of determining the priority, volume and frequency of its implementation for various construction processes. his problem is most relevant in large-scale construction, for example, residential complexes or industrial facilities, when a large number of different construction processes are carried out simultaneously on the construction site. To solve this problem, the use of a risk-based approach is justified. The purpose of this article is to develop a methodology for planning the sequence and scope of quality control of construction processes in conditions of uncertainty. These conditions are typical for the start of construction, when contractors change, as well as in the absence of statistical data on the production activities of construction participants. The objectives of the study include determining the method of calculating the risks of construction processes in conditions of uncertainty, testing the calculation of risks at a con-

Введение
Качество строительства – это одно из главных требований, которое устанавливается для любого строительного проекта. Обеспечение качества строительных объектов – задача всех участников строительства. Поэтому контроль качества – это одна из основных составляющих системы организации строительства. В многоуровневой системе организации строительных работ нормативными документами предусмотрен контроль качества на каждом уровне (рисунок 1).

Строительство – это сложный производственный процесс, в котором большое количество процессов выполняется параллельно. Чем масштабнее строительство, тем больше число параллельных процессов, например, строительство жилого комплекса из нескольких зданий. На рисунке 2 показано дерево строительных процессов, которые выполнялись параллельно при строительстве жилого комплекса из трех 28-этажных корпусов, объединенных подземной стилобатной частью, в городе Москве. На данном объекте выполнялась апробация выполненного исследования.

Также характерной особенностью строительства является его непрерывность. Сложность и высокая интенсивность строительства в значительной степени затрудняет выполнение всех функций контроля качества в полном объеме для каждого строительного процесса. В том числе поэтому нормативная документация¹ в строительстве

дефектов. Ущерб предложено оценивать с помощью затрат на демонтаж–монтаж некачественной продукции, выраженных в сметных расценках на данные виды строительных работ. Для расчета априорного риска строительного процесса предложено использовать математическое ожидание появления дефектов, которое связано с набором типовых критических дефектов, характерных для данного процесса. В статье продемонстрирован расчет априорных рисков на примере строительства жилого комплекса в Москве.

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

struction site, establishing the dependence of the organization of work quality control on the level of risk of construction processes. To solve the tasks, the methodology of risk management, system analysis, probability theory was used. In the study, a priori information about construction processes was used to calculate risks under conditions of uncertainty. The analysis of potential damage as a result of the appearance of defects is carried out. The consequences are proposed to be assessed using the costs of reworking, expressed in the estimated prices for these types of construction work. To calculate the a priori risk of the construction process, it is proposed to use the mathematical expectation of the appearance of defects. It depends on the number of typical critical defects of this process. The article demonstrates the calculation of a priori risks on the example of the construction of a residential complex in Moscow.

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

устанавливает выборочный контроль качества для застройщика, проектной организации и государственного контроля. В СП 246.1325800.2016² для авторского надзора установлен объем выборочной проверки качества только для несущих конструкций, хотя в этом же документе указано, что авторский надзор должен выполняться и для других ведущих строительных процессов. Для контроля качества со стороны технического заказчика и государственного надзора не установлено рекомендаций по объему выборки работ и конструкций, подлежащих контролю качества. А также отсутствуют указания по определению приоритета выполнения контроля качества по видам строительных процессов и конструкций. В настоящее время объем входного, операционного и приемочного контроля качества устанавливается на каждом строительном объекте индивидуально, путем экспертной оценки руководителей строительства.

В таких условиях актуально внедрение риск-ориентированного подхода (РОП) в систему контроля качества для решения поставленных проблем. В настоящее время ведется активное применение данного подхода для различных задач в строительстве: с помощью РОП определена методика планирования выездных проверок государственного надзора по различным поднадзорным объектам [1], установлена методика оценки условий безопасности труда [2; 3], определен расчет финансовых рисков [4]. Обосновано применение РОП для оценки

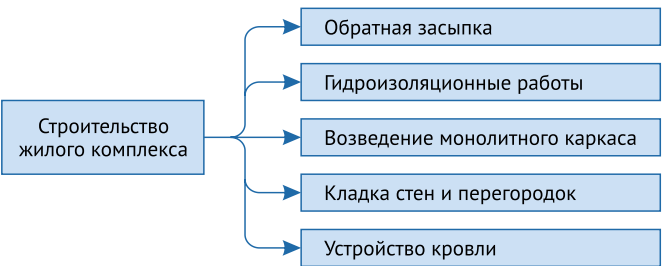


Рис. 2. Дерево строительных процессов, выполняющихся параллельно при строительстве жилого комплекса
Fig. 2. The tree of construction processes running in parallel during the construction of a residential complex

сейсмического воздействия на высотные здания [5], в дорожном строительстве [6], а также для подземных переходов [7]. В предыдущих работах автора обоснована актуальность внедрения риск-ориентированного подхода в систему строительного контроля [8], в систему управления охраной труда [9], определены подходы к расчету рисков строительного контроля [10].

Цель исследования – разработать методику определения приоритета, объема и частоты выполнения контроля качества различных строительных процессов. В задачи данной статьи входят разработка формулы расчета априорных рисков строительных процессов в условиях недостатка информации, апробация на строительном объекте, обоснование применения априорных рисков строительных процессов в системе контроля качества.

Материалы и методы

Расчет риска $R(A)$ в общем случае принято выполнять по следующей формуле согласно ГОСТ Р ИСО 13824-2013³:

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

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

Для определения приоритета между строительными процессами предлагается рассчитать их риски по формуле (1) и приоритет отдавать процессам, которые имеют наиболее высокий риск. Определим подходы для расчета параметров формулы (1) для нашего объекта исследования.

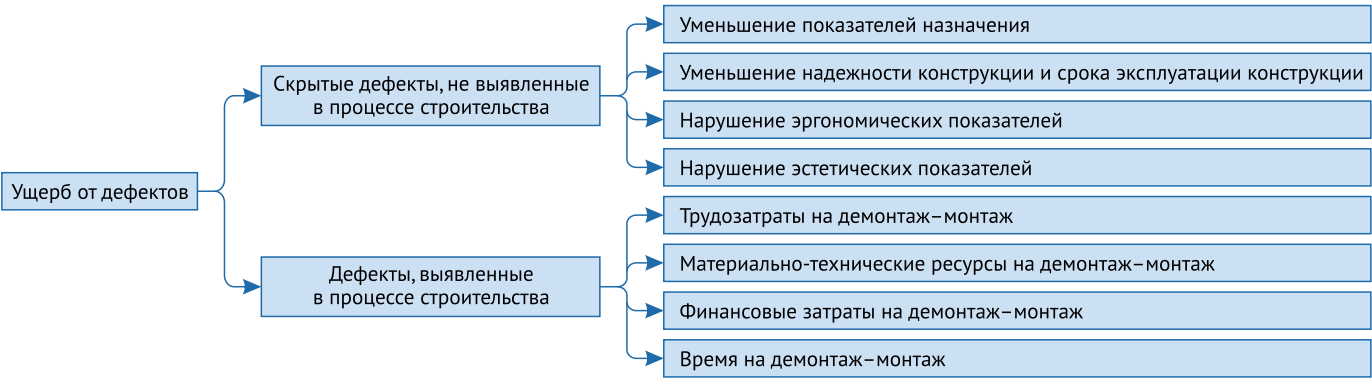


Рис. 3. Классификация видов ущерба от некачественного выполнения строительных работ
Fig. 3. Classification of types of damage from poor-quality construction work



Рис. 1. Уровни контроля качества в строительной системе
Fig. 1. Levels of quality control of construction system

¹ СП 48.13330.2019: Свод правил «Организация строительства СНиП 12-01-2004»
² СП Свод правил «Положение об авторском надзоре за строительством зданий и сооружений»
³ ГОСТ Р ИСО 13824-2013: Практические аспекты менеджмента риска. Общие принципы оценки риска систем, включающих строительные конструкции
⁴ ГОСТ 15467-79: Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения
⁵ Классификатор основных видов дефектов в строительстве и промышленности строительных материалов: утвержден Главгосархстройнадзором России 17 ноября 1993 года

№	Наименование строительного процесса	Количество типовых критических и значительных дефектов
1	Обратная засыпка	4
2	Возведение монолитного каркаса	15
3	Устройство кровли	21
4	Кладка стен и перегородок	12
5	Гидроизоляционные работы	5

Табл. 1. Количество типовых критических и значительных дефектов для строительных процессов
Tab. 1. The number of typical critical and significant defects for construction processes

априорной оценки возможного ущерба. Тогда ущерб от дефектов можно представить следующим образом:

$$U(A) = C_i V, \tag{3}$$

где C_i – сметная расценка единицы объема работ i -го строительного процесса, V – объем конструкции, выполненной с дефектами и подлежащий переделке.

Необходимо отметить, что не все дефекты строительных конструкций приводят к переделке выполненных работ. Есть большой спектр дефектов, негативное влияние которых можно снизить проведением дополнительных мероприятий, затраты на которые не сопоставимы с переделкой конструкций. Также часть дефектов может оказывать такое незначительное влияние, что затраты на их устранение не сопоставимы с ущербом, который они приносят. Такие дефекты могут быть согласованы авторским надзором или застройщиком и остаться без устранения. Ввиду этого дефекты должны быть классифицированы в соответствии с ущербом, который они приносят. ГОСТ 15467-79⁴ определяет три класса дефектов: критический, значительный и малозначительный.

В нормативной документации в строительстве разработан классификатор дефектов, в котором выделен перечень критических и значительных дефектов строительных процессов. Недостатком данного классификатора является его неполнота (перечень дефектов приведен для 16 строительных процессов), а также он начинает терять свою актуальность ввиду появления новых строительных конструкций и технологий. Анализ данного классификатора позволяет выделить соотношение критических и значительных дефектов для строительных процессов из примера на рисунке 2. Соотношение дефектов представлено в таблице 1.

Результаты

Преобразуем формулу (1) с учетом (2) и (3), подставив в формулу (2) число типовых критических и значительных дефектов N_d , и получим формулу для расчета априорного риска строительного процесса в условиях неопределенности:

$$R_i = P(A)N_d C_i V. \tag{4}$$

Для расчета априорных рисков строительных процессов в условиях неопределенности и отсутствия статистики возникновения тех или иных дефектов примем вероятность появления дефектов одинаковой для различных строительно-монтажных работ. Тогда для сравнения строительных процессов между собой по уровню апри-

орного риска с целью определения приоритета контроля можно исключить из расчета (4) $P(A)$. Объем дефектной продукции V зависит от выработки строительной бригады, которая индивидуальна для каждого строительного объекта. Поэтому если рассчитаем риск для единичного объема работ V , то получим формулу расчета удельного априорного риска строительного процесса:

$$R_i^{yo} = N_d C_i. \tag{5}$$

При строительстве жилого комплекса, на котором проходила апробация исследования, по формуле (5) были рассчитаны априорные риски ведущих строительных процессов, выполнявшихся одновременно (таблица 2).

Удельный априорный риск строительного процесса является постоянной величиной, показывающей потенциальный уровень ущерба от появления дефектов на единицу измерения объема работ. Данные риски можно рассчитать до начала строительства объекта для всех строительных процессов и на основании данных значений планировать систему контроля качества работ. В зависимости от уровня априорного риска можно выстраивать график инспекционных проверок строительных процессов, определять объем и частоту проведения операционного и входного контроля строительных процессов, устанавливать приоритетность приемочного контроля качества.

Заключение

В статье обоснована актуальность внедрения риск-ориентированного подхода в систему контроля качества строительства. В условиях недостатка статистических данных предложено использовать априорные риски возникновения дефектов строительно-монтажных работ. Проанализированы виды ущерба от потенциальных дефектов и разработана формула для его оценки. Для оценки вероятности получения некачественной продукции использовано количество типовых критических и значительных дефектов, характерных для соответствующего строительного процесса. Определена методика расчета априорных рисков на единицу объема работ. В статье представлены результаты апробации данной методики. Установлены подходы к использованию значения априорных рисков строительных процессов при планировании объема и частоты контроля качества одновременно выполняющихся строительных процессов. Дальнейшее исследование заключается в расчете апостериорных рисков строительных процессов и разработке методики организации и управления системой контроля качества в течение строительства.

№	Наименование строительного процесса	V	N_d	C_i , руб.	R_i
1	Обратная засыпка	1 м ³	4	1200	4800
2	Возведение монолитного каркаса	1 м ³	15	30000	450000
3	Устройство кровли	1 м ²	21	7000	147000
4	Кладка стен и перегородок	1 м ³	12	15000	180000
5	Гидроизоляционные работы	1 м ²	5	2000	10000

Табл. 2. Априорные риски строительных процессов на единицу объема работ

Tab. 2. A priori risks of construction processes per unit scope of work

- ходе / Р.А. Вильданов, Т.К. Кузьмина // Строительное производство. – 2020. – № 2. – С. 144–149.
2. 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.
3. Sousa, V. Risk-based management of occupational safety and health in the construction industry – Part 2: Quantitative model / V. Sousa, N. M. Almeida, L. A. Dias // Safety Science. – 2015. – Vol. 74, № 3. – P. 184–194.
4. Dziadosz, A. Financial Risk Estimation in Construction Contracts / A. Dziadosz, A. Tomczyk, O. Kaplinski // Procedia Engineering. – 2015. – Vol. 122. – P. 120–128.
5. Zheng, X.-W. Life-cycle probabilistic seismic risk assessment of high-rise buildings considering carbonation induced deterioration / X.-W. Zheng, H.-N. Li, P. Gardoni // Engineering Structures. – 2021. – Vol. 231, № 6. – P. 111752.
6. Optimization model for the distribution of investment volumes by measures to reduce the impact of risks in road construction / M. Sturova, A. Novik, A. Radaev, A. Shangutov // Transportation Research Procedia. – 2022. – Vol. 63. – P. 2866–

REFERENCES

1. Vildanov, R. A. Aktual'nost' razrabotki metodov osushchestvleniya funkciy gosudarstvennogo stroitel'nogo nadzora v zhilishchnom stroitel'stve pri risk-orientirovannom podhode [The relevance of developing methods for the implementation of the functions of state construction supervision in housing with a risk-based approach] / R. A. Vildanov, T. K. Kuzmina // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 2. – P. 144–149.
2. Vorobinskaya, L. I. Special'naya ocenka uslovij ohrany truda kak informacionnaya baza dlya vnedreniya risk-orientirovannogo podhoda v sfere ohrany truda [Special assessment of working conditions as an information basis for implementation risk-oriented approach in the field of labor protection] / L. I. Vorobinskaya, V. A. Finochenko, T. A. Finochenko // Trudy rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya [Proceedings of the Rostov State University of Railways]. – 2020. – № 2. – P. 18–21.
3. Sousa, V. Risk-based management of occupational safety and health in the construction industry – Part 2: Quantitative model / V. Sousa, N. M. Almeida, L. A. Dias // Safety Science. – 2015. – Vol. 74, № 3. – P. 184–194.
4. Dziadosz, A. Financial Risk Estimation in Construction Contracts / A. Dziadosz, A. Tomczyk, O. Kaplinski // Procedia Engineering. – 2015. – Vol. 122. – P. 120–128.
5. Zheng, X.-W. Life-cycle probabilistic seismic risk assessment of high-rise buildings considering carbonation induced deterio-

- 2874.
7. Risk assessment and management via multi-source information fusion for undersea tunnel construction / H. Zhou, Y. Zhao, Q. Shen, L. Yang, H. Cai, // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 111, № 26. – P. 103050.
8. Лapidус, А. А. Применение риск-ориентированного подхода при выполнении функций строительного контроля техническим заказчиком / А. А. Лapidус, А. Н. Макаров // Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17, № 2. – С. 232–241.
9. Лapidус, А. А. Определение апостериорной вероятности травматизма при нарушении требований охраны труда в строительном производстве / А. А. Лapidус, А. Н. Макаров. – DOI 10.24000/0409-2961-2022-4-84-91 // Безопасность труда в промышленности. – 2022. – № 4. – С. 84–91.
10. Лapidус, А. А. Риск-ориентированный строительный контроль технического заказчика / А. А. Лapidус, А. Н. Макаров. – DOI 10.54950/26585340_2022_2_2 // Строительное производство. – 2022. – № 2. – С. 2–6.

- ration / X.-W. Zheng, H.-N. Li, P. Gardoni // Engineering Structures. – 2021. – Vol. 231, № 6. – P. 111752.
6. Optimization model for the distribution of investment volumes by measures to reduce the impact of risks in road construction / M. Sturova, A. Novik, A. Radaev, A. Shangutov // Transportation Research Procedia. – 2022. – Vol. 63. – P. 2866–2874.
7. Risk assessment and management via multi-source information fusion for undersea tunnel construction / H. Zhou, Y. Zhao, Q. Shen, L. Yang, H. Cai, // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 111, № 26. – P. 103050.
8. Lapidus, A. A. Primenenie risk-orientirovannogo podhoda pri vypolnenii funkciy stroitel'nogo kontrolya tekhnicheskim zakazchikom [A risk-based approach to construction control applied by a developer] / A. A. Lapidus, A. N. Makarov // Vestnik MGSU [Bulletin of the MGSU]. – 2022. – Vol. 17, № 2. – P. 232–241.
9. Lapidus, A. A. Opredelenie aposteriornoy veroyatnosti travmatizma pri narushenii trebovanij ohrany truda v stroitel'nom proizvodstve. / A. A. Lapidus, A. N. Makarov. – DOI 10.24000/0409-2961-2022-4-84-91 // Bezopasnost' truda v promyshlennosti [Occupational safety in industry]. – 2022. – № 4. – P. 84–91.
10. Lapidus, A. A. Risk-orientirovannyj stroitel'nyj kontrol' tekhnicheskogo zakazchika / A. A. Lapidus, A. N. Makarov. – DOI 10.54950/26585340_2022_2_2 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2022. – № 2. – P. 2–6.

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340_2022_4_33

Управление жизненным циклом объекта при организации ремонтно-строительных работ на основе цифровизации

Management of the Life Cycle of an Object in the Organization of Repair and Construction Work Based on Digitalization

Иванов Николай Александрович

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы, технологии и автоматизация в строительстве», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, n_m_ivanov@mail.ru

Ivanov Nikolay Aleksandrovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of «Information Systems, Technologies and Automation in Construction», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, n_m_ivanov@mail.ru

Гневанов Максим Владимирович

Преподаватель кафедры «Информационные систем, технологии и автоматизация в строительстве», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, makcg2009@gmail.com

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вильданов, Р. А. Актуальность разработки методов осуществления функций государственного строительного надзора в жилищном строительстве при риск-ориентированном под-

Gnevanov Maxim Vladimirovich
Lecturer of the Department «Information Systems, Technologies and Automation in Construction», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, makcg2009@gmail.com

Аннотация. Управление жизненным циклом объекта строительства (ЖЦОС) играет важную роль в развитии строительной отрасли. Одним из наиболее продолжительных и значимых этапов ЖЦОС для пользователя является этап эксплуатации объекта. Целью исследования, положенной в основу статьи, является описание авторского подхода, способствующего повышению эффективности управления жизненным циклом объекта при организации ремонтно-строительных работ (РСР). Выдвигается гипотеза о возможности применения цифровых технологий, основанных на анализе больших данных, при организации производства РСР. При этом становится возможным прогнозировать сроки выполнения РСР с учетом влияния разнородных факторов, которые могут оказывать значительное влияние на своевременное выполнение работ. Для практической реали-

Abstract. Construction site life cycle management (L-CCM) plays an important role in the development of the construction industry. One of the longest and most significant stages of the L-CCM for the user is the stage of operation of the facility. The purpose of the study, which is the basis of the article, is to describe the author's approach, which helps to improve the efficiency of managing the life cycle of an object in the organization of repair and construction works (R-CW). A hypothesis is put forward about the possibility of using digital technologies based on the analysis of big data in organizing the production of R-CW. At the same time, it becomes possible to predict the timing of the implementation of the R-CW, taking into account the influence of heterogeneous factors that can have a significant impact on the

Введение
Строительство является одной из сложных отраслей, так как подвержена значительному влиянию случайных факторов вследствие превалирующего организационного характера самой отрасли. Жизненный цикл объекта строительства может достигать более 100 лет, поэтому эффективное управление жизненным циклом является одной из ключевых задач строительной отрасли. Стандартное определение жизненного цикла здания или сооружения в Российской Федерации приводится в федеральном законе «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (№ 384 ФЗ от 30.12.2009, действующая редакция – 2019 г.) [1]. Согласно данному закону, под жизненным циклом понимается «период, в течение которого осуществляются инженерные изыскания, проектирование, строительство (в том числе консервация), эксплуатация (в том числе текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения» [2].
Одним из важных этапов ЖЦОС является эксплуатация. В настоящее время существует большое количество зданий, которые вследствие ухудшения эксплуатационных характеристик перестают соответствовать предъявляемым к ним нормативным требованиям [3]. Как следствие, одной из важных задач является своевременное выполнение РСР, исходя из ресурсов конкретной ремонтно-строительной организации [4]. Для своевременного и качественного выполнения РСР необходимо разработать наиболее рациональное организационное решение. При формировании организационного решения необходимо определить мероприятия, которые могут быть применены для устранения того или иного дефекта. Для наиболее быстрого определения состава набора эффективных

защит выдвинутой гипотезы авторы статьи считают важной задачей разработку группы взаимосвязанных классификаторов, позволяющих получать информацию об элементах здания, о выявленных в ходе обследования дефектах в этих элементах и о мероприятиях, необходимых для устранения дефектов. Методы, используемые в исследовании, основаны на анализе существующих подходов при производстве РСР. Результатом исследования является описание подхода, основанного на применении цифровых технологий в области управления жизненным циклом строительного объекта при организации РСР.
Ключевые слова: ремонтно-строительные работы, цифровизация, большие данные, ремонт, жизненный цикл объекта строительства, искусственный интеллект.

timely execution of work. For the practical implementation of the hypothesis put forward, the authors of the article consider it an important task to develop a group of interrelated classifiers that allow obtaining information about the elements of the building, about the defects in these elements identified during the survey, and about the measures necessary to eliminate the defects. The methods used in the study are based on the analysis of existing approaches in the production of R-CW. The result of the study is a description of the approach based on the use of digital technologies in the field of life cycle management of a construction object in the organization of R-CW.
Keywords: repair work, digitalization, big data, repair, life cycle of the construction object, artificial intelligence.

мероприятий важно иметь надежную информационную основу. Решением задачи обеспечения такой информационной основы может стать разработка структуры взаимосвязанных классификаторов элементов здания и классификатора дефектов, которые позволили бы получать информацию из единой информационной системы поддержки принятия решений.
Россия, как и другие страны, подвержена влиянию нарастающего процесса цифровизации. Цифровые технологии являются одним из основных инструментов принятия решений и повышения эффективности работы компании. С помощью цифровых технологий возможна разработка единой информационной системы поддержки принятия решений при управлении ЖЦОС, основанной на хранении и обработке значительных объемов информации [5; 6]. Одной из популярных цифровых технологий является анализ больших данных. С помощью использования больших данных возможно проводить анализ неструктурированной и разнородной информации, что позволит произвести оценку организационного решения, критерием которой может служить уровень организационно-технологической надежности [7].
Материалы и методы
При организации РСР необходимо учитывать значительный перечень информации. Такая информация может включать сведения о функциональном назначении здания, элементах здания, их дефектах, о мероприятиях по их устранению и др. Определение мероприятий при организации РСР происходит на основании дефектов, которые привязываются к элементам здания. Для более эффективного формирования перечня необходимых мероприятий авторами статьи предлагается использовать

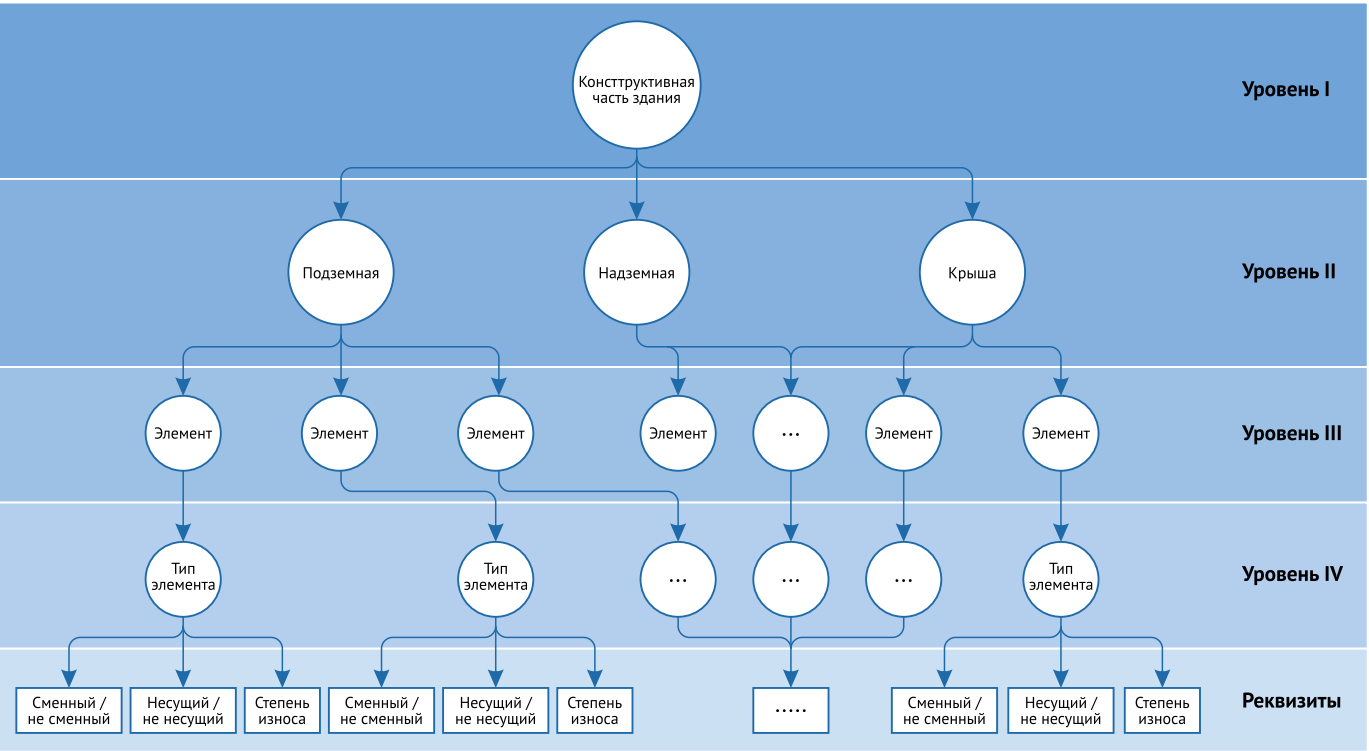


Рис. 1. Классификатор элементов здания
Fig. 1. Classifier of building elements

систему из двух взаимосвязанных классификаторов, имеющих древовидную структуру: классификатора элементов и классификатора дефектов. Классификатор элементов здания представлен на рисунке 1.
Важной особенностью классификатора элементов здания является его непосредственная взаимосвязь с классификатором строительных ресурсов Минстроя России [8]. Эта связь реализуется привязкой элементов здания (уровень III) к соответствующему разделу книги классификатора строительных ресурсов. Кроме того, на уровне IV тип элемента непосредственно привязан к коду ресурса той или иной книги классификатора строительных ресурсов.
На уровне V каждый элемент классификатора элементов имеет определенные реквизиты: наименование, единицы измерения, сменяемый или не сменяемый, несущий или не несущий, степень износа. Они являются характеристикой конкретного элемента и могут быть дополнены по решению экспертов. Так, например, элемент «фасад здания» может соответствовать книге 09 (витражи, витрины, тамбуры) классификатора ресурсов Минстроя России, коду ресурса 25.12.10.09.1.01.01-0004 и иметь реквизиты: наименование – структурный витраж (м кв.), сменяемый, не несущий, степень износа – умеренная. Классификатор элементов здания непосредственно связан с классификатором дефектов, базовая организация которого представлена на рисунке 2.
Классификатор дефектов представляет собой древовидную структуру, число уровней которой может быть дополнено по решению экспертов. Важной особенностью данного классификатора является наличие уровня реквизитов, в котором хранится информация о трудоемкости выполнения работ, исходя из набора статистических значений о ее выполнении за предыдущие периоды.
В настоящее время Россия принимает активное участие в нарастающем процессе цифровизации. Использование цифровых технологий является одним из основных

инструментов повышения эффективности работы строительных компаний [9; 10; 11]. Среди наиболее востребованных направлений цифровизации строительства можно отметить применение технологии информационного моделирования (ТИМ) и технологий анализа больших данных [12; 13; 14].
Рассмотрение ТИМ не входит в задачи настоящей статьи. Однако следует отметить, что рассмотренные выше классификаторы элементов здания и выявленных дефектов могут быть достаточно легко добавлены в состав информационной модели строительного объекта путем добавления в модель новых реквизитов, значения которых будут являться указателями на элементы классификаторов. С помощью использования цифровых технологий искусственного интеллекта, а именно анализа больших данных, возможно повысить эффективность организационных решений, критерием которых может служить уровень организационно-технологической надежности. Рассмотрим реализацию этой возможности подробнее.
Результаты
Важной характеристикой РСР является трудоемкость их выполнения, которая может зависеть от множества разнородных факторов, которые возможно учитывать с помощью цифровой технологии анализа больших данных. В качестве механизма анализа больших данных авторами статьи предлагается использовать линейную множественную регрессию:
$$Y_i = a_0 + b_1 a_1 X_1 + b_2 a_2 X_2 + \dots + b_k a_k X_k + \varepsilon_i, \quad (1)$$

где $X_1, X_2, \dots, X_k$ – параметры (признаки) регрессионной зависимости; $a_1, a_2, \dots, a_k$ – коэффициенты (веса) параметров; $b_1, b_2, \dots, b_k$ – бинарный коэффициент значимости параметров для i -ой работы (0 – фактор не значимый, 1 – фактор значимый); ε_i – ошибка прогнозирования.
Значения трудоемкости, используемые в регрессионной модели, получают из раздела реквизитов клас-

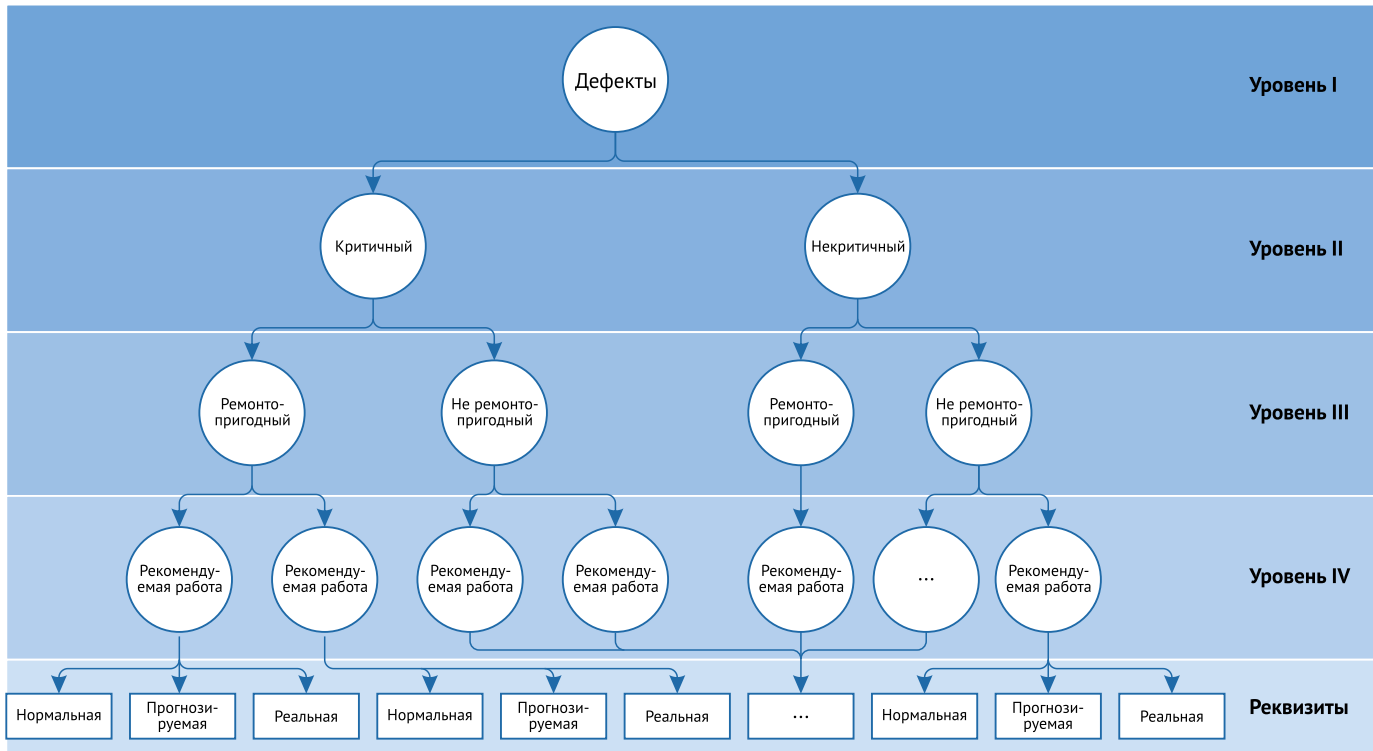


Рис. 2. Классификатор дефектов
Fig. 2. Defect classifier

сификатора дефектов посредством связи базы данных классификатора и регрессионной модели как единого механизма информационной системы поддержки принятия решений. Признаками регрессионной зависимости служат факторы, влияющие на трудоемкость выполнения конкретного вида РСР. Примерами данных факторов могут являться опыт работы, трудовая дисциплина рабочих в бригаде, уровень стесненности, погодные условия и др. Для приведения данных факторов в приемлемый вид для их обработки с помощью математического аппарата предлагается использовать принцип оценочной шкалы Харрингтона.

Указанная технология обеспечивает возможность ведения учета неструктурированной и разнородной информации, оказывающей влияние на трудоемкость выполнения определенных видов РСР. Хранение перечня влияющих факторов и степени их влияния на трудоемкость РСР в специальной информационной базе, как представляется, позволит быстро получать информацию и достаточно быстро прогнозировать значения трудоемкости выполнения РСР, что позволит формировать организационные решения с наибольшим уровнем организационно-технологической надежности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ : принят Государственной Думой 23 декабря 2009 года : одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 года // Консультант-Плюс : справочно-правовая система. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720 (дата обращения: 10.12.2022).

2. Иштрякова, Т. Р. Сравнение отечественного и зарубежного подходов к управлению жизненным циклом объектов строительства / Т. Р. Иштрякова // Актуальные вопросы современной экономики. – 2020. – № 5. – С. 296 – 301.

3. Ivanov, N. The use of “big data” in the organization of

Обсуждение

Организация ремонтно-строительного производства имеет особенности по сравнению с новым строительством. Одной из важных особенностей является то, что РСР, как правило, происходят на этапе эксплуатации, поэтому организация работ до их начала должна в максимальной степени учитывать возможность влияния факторов на эффективное и качественное выполнение работ, которые не должны препятствовать нормальной эксплуатации здания в соответствии с его функциональным назначением.

Заключение

Таким образом, управление жизненным циклом строительного объекта при организации РСР играет важную роль, которая может повлиять на весь дальнейший срок службы объекта. Благодаря учету разнородных факторов, влияющих на трудоемкость выполнения РСР, возможно формировать наиболее рациональные организационные решения, которые будут способствовать качественному и своевременному выполнению работ, исходя из ресурсов и особенностей конкретной ремонтно-строительной организации.

repair and construction works to ensure OTR / N. Ivanov, M. Gnevanov // E3S Web of Conferences : XXIV International Scientific Conference «Construction the Formation of Living Environment» (FORM-2021). – 2021. – Vol. 263. – P. 02010.

4. Иванов, Н. А. Применение технологий анализа больших данных для разработки и оценки вариантов организации ремонтно-строительных работ в общественных зданиях / Н. А. Иванов, М. В. Гневанов // Наука и бизнес: пути развития. – 2020, № 5 (107). – С. 22–25.

5. Gnevanov, M. V. Features of the Organization of Repair and Construction Works in Public Buildings in Conditions of Increasing Digitalization / M. V. Gnevanov, N. A. Ivanov // Components of Scientific and Technological Progress. –

2021. – № 6 (60). – P. 12–16.

6. Гинзбург, А. В. Организационно-технологическая надежность строительных систем / А. В. Гинзбург // Вестник МГСУ. – 2010. – № 4–1. – С. 251–255.

7. Иванов, Н. А. Оценка состояния зданий перед ремонтными работами на основе применения технологий машинного обучения / Н. А. Иванов, М. В. Гневанов // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 4 (94), – С. 46–48.

8. Классификатор строительных ресурсов // Минстрой России. – URL: <https://ksr.minstroyrf.ru/#/> (дата обращения: 10.12.22).

9. Лapidus, А. А. Организационно-технологическая платформа строительства / А. А. Лapidus // Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17, № 4. – С. 516–524.

10. Лapidus, А. А. Внедрение цифровых технологий в строительную отрасль / А. А. Лapidus, И. Л. Абрамов, А. А. Мартыанова // Сборник материалов Всероссийской научно-практической

REFERENCES

1. Tekhnicheskij reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij : Federal'nyj zakon ot 30.12.2009 № 384-FZ [Technical Regulations on the safety of buildings and structures : Federal Law No. 384-FZ of December 30, 2009] : prinyat Gosudarstvennoj Dumoj 23 dekabrya 2009 goda : odobren Sovetom Federatsii 25 dekabrya 2009 goda [adopted by the State Duma on December 23, 2009 : approved by the Federation Council on December 25, 2009] // Konstul'tantPlyus : spravочно-pravovaya Sistema [Consultantplus : legal reference system]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720 (data obrashheniya [date of application]: 10.12.2022).

2. Ishtryakova, T. R. Svravnenie otechestvennogo i zarubezhnogo podkhodov k upravleniyu zhiznennym tsiklom ob'ektov stroitel'stva [Comparison of domestic and foreign approaches to life cycle management of construction objects] / T. R. Ishtryakova // Aktual'nye voprosy sovremennoj ehkonomiki [Topical issues of the modern economy]. – 2020. – № 5. – P. 296–301.

3. Ivanov, N. The use of “big data” in the organization of repair and construction works to ensure OTR / N. Ivanov, M. Gnevanov // E3S Web of Conferences : XXIV International Scientific Conference «Construction the Formation of Living Environment» (FORM-2021). – 2021. – Vol. 263. – P. 02010.

4. Ivanov, N. A. Primenenie tekhnologij analiza bol'shikh dannykh dlya razrabotki i otsenki variantov organizatsii remontno-stroitel'nykh rabot v obshhestvennykh zdaniyakh [Application of big data analysis technologies for the development and evaluation of options for the organization of repair and construction works in public buildings] / N. A. Ivanov, M. V. Gnevanov // Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and business: ways of development]. – 2020, № 5 (107). – P. 22–25.

5. Gnevanov, M. V. Features of the Organization of Repair and Construction Works in Public Buildings in Conditions of Increasing Digitalization / M. V. Gnevanov, N. A. Ivanov // Components of Scientific and Technological Progress. – 2021. – № 6 (60). – P. 12–16.

6. Ginzburg, A. V. Organizatsionno-tekhnologicheskaya nadezhnost' stroitel'nykh sistem [Organizational and technological reliability of building systems] / A. V. Ginzburg // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2010. – № 4–1. – P. 251–255.

7. Ivanov, N. A. Otsenka sostoyaniya zdaniy pered remontnymi rabotami na osnove primeneniya tekhnologij mashinnogo obucheniya [Assessment of the condition of buildings before repair work based on the use of machine learning technolo-

конференции «Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы – 2019», Москва, 25 ноября 2019 года. – Москва : НИУ МГСУ, 2019. – С. 326–330.

11. 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.

12. Кузина, О. Н. Классификатор цифровых технологий производства строительных работ / О. Н. Кузина, Л. Е. Щедрина, О. А. Мезенцева // Сборник докладов Первой Национальной конференции «Актуальные проблемы строительной отрасли и образования», Москва, 30 сентября 2020 года. – Москва : НИУ МГСУ, 2020. – С. 954–959.

13. Гневанов, М. В. Обобщенное описание процесса цифровизации и возможности его влияния на управление жизненным циклом объекта / Н. А. Иванов, М. В. Гневанов // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – № 3 (129). – С. 78–82.

gies] / N. A. Ivanov, M. V. Gnevanov // Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and business: ways of development]. – 2019. – № 4 (94), – P. 46–48.

8. Klassifikator stroitel'nykh resursov [Classifier of construction resources] // Minstroy Rossii [Ministry of Construction of Russia]. – URL: <https://ksr.minstroyrf.ru/#/> (data obrashheniya [date of request]: 10.12.22).

9. Lapidus, A. A. Organizatsionno-tekhnologicheskaya platforma stroitel'stva [Organizational and technological platform of construction] / A. A. Lapidus // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2022. – Vol. 17, № 4. – P. 516–524.

10. Lapidus, A. A. Vnedrenie tsifrovyykh tekhnologij v stroitel'nyuyu otstras' [Introduction of digital technologies in the construction industry] / A. A. Lapidus, I. L. Abramov, A. A. Martyanova // Sbornik materialov Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sistemotekhnika stroitel'stva. Kiberfizicheskie stroitel'nye sistemy – 2019», Moskva, 25 noyabrya 2019 goda [Collection of materials of the All-Russian Scientific and practical conference «System engineering of construction. Cyberphysical Building Systems – 2019», Moscow, November 25, 2019]. – Moscow : NRU MGSU, 2019. – P. 326–330.

11. 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.

12. Kuzina, O. N. Klassifikator tsifrovyykh tekhnologij proizvodstva stroitel'nykh rabot [Classifier of digital technologies for the production of construction works] / O. N. Kuzina, L. E. Shhedrina, O. A. Mezentseva // Sbornik dokladov Pervoj Natsional'noj konferentsii «Aktual'nye problemy stroitel'noj otrasli i obrazovaniya», Moskva, 30 sentyabrya 2020 goda [Collection of reports of the First National Conference «Actual problems of the construction industry and education», Moscow, September 30, 2020]. – Moscow : NIU MGSU, 2020. – P. 954–959.

13. Gnevanov, M. V. Obobshhennoe opisanie protsessa tsifrovizatsii i vozmozhnosti ego vliyaniya na upravlenie zhiznennym tsiklom ob'ekta [Generalized description of the process of digitalization and the possibility of its influence on the management of the life cycle of the object] / N. A. Ivanov, M. V. Gnevanov // Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and business: ways of development]. – 2022. – № 3 (129). – P. 78–82.

Сравнительный анализ технологий изготовления свайных оснований в условиях городской застройки

Comparative Analysis of Technologies for the Manufacture of Pile Foundations in Urban Development

Кузьмина Татьяна Константиновна

Кандидат технических наук, доцент, 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 Tatyana Konstantinovna

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

Фатуллаев Рустам Сейфуллаевич

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, FatullaevRS@mgsu.ru

Fatullaev Rustam Seifullayevich

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

Самарин Павел Ильич

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

Samarin Pavel Ilyich

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

Аннотация. В данной статье проведен сравнительный анализ технологий изготовления свайных оснований в условиях городской застройки. **Цель:** поиск оптимального метода устройства свайных оснований с учетом их пригодности к производству работ в городских условиях и дальнейший анализ наиболее оптимальной технологии, выявление самых весомых недостатков и определение их устранения. **Методы:** использовался метод сравнительного анализа на основе анализа литературы, научных статей и нормативных документов. **Результаты:** авторами была проведена исследовательская работа в области технологий устройства свайных оснований, в результате которой был выявлен такой оптимальный метод устройства свайных оснований, как статическое вдавливание свай с

использованием сваевдавливающих установок. Авторами были проанализированы нормативные и правовые документы, отечественные и зарубежные научные статьи, публикации и патенты. **Выводы:** метод статического вдавливания свай, в сравнении с другими рассматриваемыми технологиями, определен как самый оптимальный метод изготовления свайных оснований в условиях городской застройки. Перспективой исследования является дальнейшее более детальное рассмотрение этого метода и сравнение его с другими технологиями, выявление его недостатков и предложения об их устранении.

Ключевые слова: свайные основания, городская застройка, метод статического вдавливания, винтовые сваи, буровые сваи.

ing using pile-driving installations. The authors have analyzed regulatory and legal documents, domestic and foreign scientific articles, publications and patents. **Conclusions:** the method of static indentation of piles, in comparison with other considered technologies, is defined as the most optimal method of making pile foundations in the conditions of urban development. The prospect of the study is a further more detailed consideration of this method and comparing it with other technologies, identifying its shortcomings and proposals for their elimination.

Keywords: pile foundations, urban development, static indentation method, helical piles, bored piles.

бретение первого парового молота Джеймсом Несмитом в 1845 г.) и материаловедения инженерная мысль проделала путь от относительно коротких деревянных свай до железобетонных гигантов длиной 82 метра (строительство Лахта-центра в Санкт-Петербурге). Долгое время свайные фундаменты ассоциировались у людей только с

№ п/п		Буронабивные сваи	Винтовые сваи	Железобетонные сваи, погружаемые методом статического вдавливания
1	Песчаный грунт	±	+	+
2	Скальный грунт	+	-	+
3	Глинистые грунты	+	+	+
4	Плывуны	-	+	+
5	Достаточная несущая способность	+	-	+
6	Отсутствие динамического воздействия	+	+	+
7	Отсутствие шумового загрязнения	-	+	+
8	Экономичность производства	-	+	±
9	Отсутствуют требования к основанию рабочей площадки	-	+	-
10	Габаритность машин и механизмов	+	+	-
11	Высокая производительность	-	+	+

Табл. 1. Сравнительный анализ технологий изготовления свайных оснований
Tab. 1. Comparative analysis of pile foundation technologies

районами, в которых широко распространены лёссовые грунты, набухающие грунты, слабые водонасыщенные глинистые грунты, засоленные грунты, насыпные грунты, торфы и заторфованные грунты [1]. Также сваи получили достаточно широкое распространение в районах вечной мерзлоты, ведь технология свайных фундаментов позволяет исключить такой процесс, как разработка котлована, что может быть весьма проблематичным в условиях промерзшего грунта. Также в районах вечной мерзлоты перенос тепла является основным фактором влияния на процесс замораживания и оттаивания в сезонные морозы. Изменения физического состояния воды оказывают значительное влияние на свойства почвы [2].

Но на самом деле технология свайных фундаментов настолько вариативна, настолько многогранна, что с легкостью находит свое применение как в отрасли частного домостроения (винтовые сваи для 1–2-этажных зданий), так и в возведении колоссальных промышленных комплексов, спортивных стадионов, жилых комплексов и в многоэтажных уникальных зданиях и сооружениях.

Но наиболее широкое свое распространение технология свайных фундаментов получила на фоне демографического роста населения в мегаполисах. Людей становится все больше и больше, а площадь города остается прежней. С каждым годом набирает обороты тенденция выноса всевозможных промышленных объектов за черту города с последующей переработкой освободившейся территории под жилые комплексы. Также нельзя не упомянуть московскую программу реновации жилья, направленную на улучшение жилищных условий горожан, снос ветхого малоэтажного жилого фонда, построенного в 1957–1968 годах, и новое строительство на освободившейся территории [3]. Эти проекты объединяет одно об-

Метод	Стоимость, руб.	Продолжительность, ч.	Среднее количество рабочих, чел.
Буронабивные сваи	6000	4	4
Винтовые сваи	2000	0,3	4
Статическое вдавливание свай	800	0,2	6

Табл. 2. Экономический анализ. Технико-экономические показатели производства 1 п. м свай сечением 300 мм
Tab. 2. Economic analysis. Technical and economic indicators of the production of 1 p. m of piles with a size of 300 mm

щее условие – работы по возведению зданий и сооружений предстоит выполнять в условиях плотной городской застройки, в которой не всегда возможно выполнить работы по устройству открытого котлована.

Тематика, связанная с анализом технологий изготовления свайных оснований в условиях городской застройки, является актуальной по причине того, что не все технологии производства свайных работ подходят для условий плотной городской застройки и требуется их четкая классификация.

Материалы и методы

Данное исследование было проведено на основе анализа литературы, научных статей и нормативных документов.

В рамках исследования рассмотрим наиболее популярные технологии свайных фундаментов в России:

- буронабивные сваи,
- винтовые сваи,
- железобетонные сваи, погружаемые методом статического вдавливания.

Буронабивные сваи

Согласно СП 24.13330.2021, сваи, выполненные по буронабивной технологии, классифицируются как буровые сваи, устраиваемые в грунте путем заполнения пробуренных скважин бетонной смесью или установки в них предварительно изготовленных железобетонных элементов [4].

Для устройства буронабивных свай применяются разнообразные буровые установки, оборудованные навесным оборудованием для разработки грунта в скважине. В целях предотвращения обваливания стенок скважин бурение осуществляют либо под защитой обсадной трубы, либо под защитой бентонитового (глинистого) раствора. Выбор той или иной защиты зависит от геологических и гидрогеологических условий строительства. Современные буровые установки оснащены бортовыми компьютерами, которые отображают глубину проходки и угол бурения.

После разработки грунта в скважины устанавливают арматурные каркасы свай, при этом большинство буровых установок оснащены вспомогательными крюками, а их грузоподъемность достаточно велика, что позволяет не привлекать дополнительное крановое оборудование для установки арматурных каркасов и сократить расходы.

№ п/п	Критерий	Оценка значимости								Среднее значение
		Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	Э7	Э8	
1	Стоимость работ	14	13	12	14	10	14	13	13	12,88
2	Темпы производства	10	11	13	13	8	13	14	14	12,00
3	Универсальность технологии (применение в различных типах грунтов)	5	12	14	11	13	9	12	11	10,88
4	Надежность технологии (несущая способность конструкций)	12	14	8	12	14	8	10	12	11,25
5	Влияние погодных условий на производство работ	3	1	7	1	5	5	6	4	4,00
6	Вибрационное воздействие	11	8	9	8	7	7	11	9	8,75
7	Шумовое загрязнение	9	7	6	7	6	6	7	7	6,88
8	Необходимость применения спецтехники	4	2	4	6	4	4	5	5	4,25
9	Степень использования ручного труда	13	10	3	5	2	1	4	6	5,50
10	Степень загрязнения строительной площадки	2	3	2	3	3	2	3	3	2,63
11	Простота контроля качества производства работ	1	6	12	2	9	12	9	2	6,63
12	Влияние на существующую застройку	8	9	10	10	12	11	8	4	9,00
13	Долговечность свайного фундамента	7	5	5	9	11	10	2	5	6,75
14	Экологичность	6	4	1	4	1	3	1	1	2,63

Табл. 3. Анкета для экспертного опроса

Tab. 3. Questionnaire for the expert survey

Также арматурные каркасы возможно изготавливать непосредственно на площадке, что также сокращает расходы на их транспортировку и складирование.

После установки и выверки каркасов осуществляется бетонирование скважины. Бетонирование выполняется методом вертикально перемещаемой трубы (далее – ВПТ). Метод ВПТ основан на применении вертикально перемещаемых бетонолитных труб, которые устанавливаются непосредственно в арматурные каркасы свай [5]. Бетонная смесь подается напрямую через лоток автобетоносмесителя, что также несколько снижает расходы на производство работ.

Широкое распространение данной технологии также породило многообразие способов повышения несущих способностей этих свай – от повышения несущей способности свай с помощью инъектирования раствора в грунт методом однорастворной силикатизации [6] и до создания уширений вдоль ее длины с заданным шагом или в зависимости от инженерно-геологических элементов (ИГЭ) основания [7].

Если рассматривать данную технологию в условиях плотной городской застройки, то следует выделить следующие ее достоинства относительно других технологий устройства свайных оснований [8; 9; 10]:

- возможность устройства свай большого диаметра (по сравнению с забивными сваями), что значительно улучшает работу свай на горизонтальную нагрузку;
- отсутствие динамических воздействий на грунты в процессе производства работ;
- сокращение материальных затрат за счет сокращения транспортных и материально-технических затрат;
- сваи обладают достаточно большой несущей способностью, к тому же имеют большую вариативность в размерах (от 0,6 до 1,2 м в диаметре).

Также стоит отметить недостатки данной технологии (в сравнении с другими технологиями устройства свайных оснований) [8]:

- повышенное применение ручного труда;
- технологическая сложность устройства свай;

- увеличение расхода бетона по сравнению с забивными сваями за счет отсутствия уплотнения грунта около свай в процессе ее изготовления;
- сложность контроля за изготовлением свай;
- необходимость устройства опытных участков и организации статических испытаний свай;
- низкая производительность работ: 1,5–2 сваи в смену;
- необходимость подготовки рабочих площадки;
- большой разброс (до 20–30 %) значений несущей способности идентичных по размерам свай в схожих грунтовых условиях, который не позволяет с необходимой точностью определять расчетную нагрузку в стадии проектирования и осложняет прогноз несущей способности фундаментов из буронабивных свай.

Технология буронабивных свай является, наверно, одной из самых дорогих технологий свайных оснований. Большие объемы бетона, арматурного проката и использование специализированного оборудования складываются в ориентировочную стоимость, равную 6000 Р за один погонный метр свай [11]. А имеющийся опыт позволяет утверждать, что производительность буровых установок при устройстве свай сечением 300 мм составляет около 20 п. м в смену, что заставляет увеличивать количество буровых установок.

Также отдельно стоит отметить, что, несмотря на отсутствие динамического воздействия на грунты в процессе устройства буронабивных свай, буровые установки, используемые в производстве, сами по себе являются источниками шума и неприятного запаха, так как работают на дизельном топливе. Опыт применения данной технологии в условиях плотной городской застройки выявил повышенное количество жалоб в специальные органы от жильцов соседних домов. Косвенно с этой проблемой помогают бороться шумозащитные экраны, но это увеличивает стоимость строительства.

Винтовые сваи

Винтовая свая представляет собой стальную трубу, в верхней части у нее находятся радиальные отверстия, а в нижней части трубы приварены лопасти. Эти радиальные

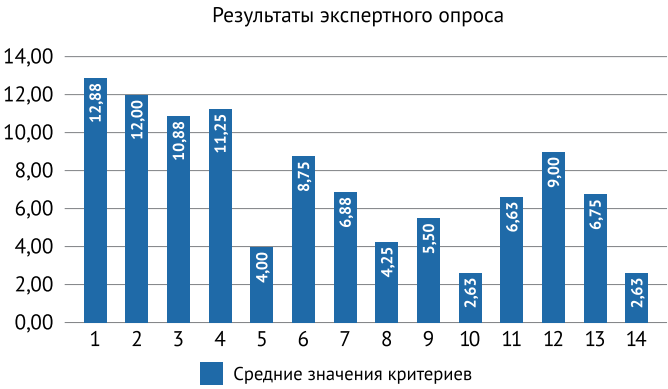


Рис. 1. Диаграмма с результатами экспертного опроса

Fig. 1. Diagram with the results of the expert survey

отверстия в верхней части трубы необходимы для соединения с приводом вращения, для коротких и небольших по диаметру свай в эти отверстия вставляется металлический стержень или лом, а силой, вращающей его, является человек. На трубе лопасти выполняют двойную функцию, т. е. являются опорной поверхностью свай и в то же время работают как винт [12]. Обычные сваи имеют интервал длины от 2,0 до 15 м, с небольшой возможностью увеличения по длине через приваренные резьбовые муфты, и диаметр от 57 мм и более. Металл при производстве труб должен быть высокого качества и с высокими антикоррозионными свойствами. Надземная часть свай покрывается антикоррозионным составом [13].

К достоинствам данной технологии можно отнести следующие параметры:

- отсутствие необходимости производства землеройных работ;
- невероятно высокая скорость монтажа;
- возможность устройства свай без использования специальных машин и механизмов.

К недостаткам данной технологии стоит отнести следующие аспекты:

- посредственная несущая способность свай;
- невозможность устройства винтовых свай в твердых грунтах.

Наибольшее свое распространение винтовые сваи получили в малоэтажном частном строительстве и при возведении зданий и сооружений, которые не рассчитаны на большие нагрузки за счет простой и недорогой технологии монтажа. Но низкая несущая способность по сравнению с другими технологиями делает невозможным их применение в условиях мегаполиса.

Стоимость винтовых фундаментов начинается от 1000 до 2000 Р за погонный метр свай сечением 300 мм. Производительность работ достаточно высока, и это позволяет в сжатые сроки выполнить работы по устройству свайного основания для небольших построек.

Железобетонные сваи, погружаемые методом статического вдавливания

Согласно СП 24.13330.2021, сваи, погружаемые методом статического вдавливания, классифицируются как предварительно изготовленные забивные и вдавливаемые (в дальнейшем – забивные) железобетонные, деревянные и стальные, погружаемые в грунт без его разбуривания или в лидерные скважины с помощью молотов, вибропогружателей, вибровдавливающих, виброударных и вдавливающих устройств, а также железобетонные сваи-оболочки диаметром до 0,8 м, заглубляемые вибропогру-

жателями без выемки или с частичной выемкой грунта и не заполняемые бетонной смесью (см. ГОСТ 19804) [14].

При устройстве свай, погружаемых методом статического вдавливания, используют специальные сваевдавливающие установки (далее – СВУ), которые погружают сваи под действием вертикально направленного статического усилия. Установки способны статически, с использованием собственного веса и тарированных грузов, передавать вдавливающую нагрузку на тело свай, которая необходима для прохождения плотных слоев грунта и достижения необходимой несущей способности [15]. Данная технология не требует предварительной разработки грунта, что сокращает объем земляных работ и ускоряет процесс производства. Также СВУ – это самоходная установка, и она не требует наличия кранового оборудования для перемещения по строительной площадке. Большинство СВУ оснащаются кранами-манипуляторами, что еще больше сокращает затраты на технику.

СВУ под контролем геодезиста устанавливается на место производства работ и закрепляется на нем с помощью гидравлических домкратов. С помощью собственного крана-манипулятора производится подача железобетонной сваи заводского изготовления в зажимную коробку. Под действием собственного веса СВУ и анкерных пригрузов свая погружается в грунт до проектных отметок или до достижения проектного усилия вдавливания.

Рассматривая данную технологию в условиях производства работ в плотной городской застройке, можно выделить следующие ее преимущества [15; 16]:

- высокая производительность работ: может достигать до 30 свай в смену;
- дешевизна производства работ;
- отсутствие разрушения оголовков погружаемых свай (в отличие от забивки дизельмолотом);
- отсутствие необходимости производства землеройных работ;
- СВУ оборудуются бортовыми компьютерами, которые позволяют в режиме реального времени оценивать несущую способность свай на этапе ее погружения и не допускать перерасхода материалов;
- для проведения статических испытаний не требуется погружения анкерных свай, что сокращает затраты на геологические изыскания;
- в процессе вдавливания свай происходит уплотнение грунта вокруг свай, что повышает их несущую способность, особенно если устраиваются кусты погружаемых свай;
- современные СВУ не только не оказывают динамического воздействия на грунты, но и работают от электрических сетей и являются по-настоящему бесшумными механизмами.

К недостаткам данной технологии следует отнести:

- СВУ обладает большим весом и габаритами, что значительно усложняет их доставку на объект;
- для работы СВУ требуется жесткое и ровное основание, в противном случае могут произойти деформации конструкции машины, приведение в негодность основания котлована, механические повреждения свай;
- СВУ обладает низкой скоростью передвижения, для покрытия больших объемов требуется большое количество установок.

Стоимость погружения одного погонного метра железобетонной сваи сечением 300 мм сравнительно невысока – от 450 до 800 Р. Сваевдавляющие установки, несмотря на достаточно медленную скорость перемещения, обладают поразительной производительностью: одна установка может выполнять 30 свай в смену [17].

Результаты

В итоге данного анализа представлены результаты исследования в табличной форме.

Была разработана таблица № 1, в которой в столбце 1 указаны параметры, по которым сравниваются технологии изготовления свайных оснований, а в столбцах 2–4 представлены сами технологии производства работ (см. табл. 1) [2; 4; 8–19].

Так как немаловажным критерием выбора той или иной технологии являются ее технико-экономические показатели, была разработана таблица 2, в которой отображены все наиболее важные экономические характеристики технологии производства работ [2; 4; 8–19].

Также авторами был проведен экспертный опрос, в котором в качестве экспертов выступали специалисты, включенные в Национальный реестр специалистов в области строительства, которые ведут свою трудовую деятельность в сфере земляных работ и свайных оснований. Экспертам была предложена анкета, включающая 14 критериев, влияющих на выбор технологии производства работ для их ранжирования по значимости. Критерий с наибольшей значимостью получает ранг, равный 14, т. е. равный числу всех критериев. Критерий с наименьшим предпочтением получает ранг равный 1. Так, экспертам необходимо проранжировать все критерии, выставив оценки от 1 до 14.

Результаты

Из таблицы 1 можно выявить, что наиболее оптимальным и перспективным методом изготовления свайных оснований в условиях городской застройки является метод погружения свай статическим вдавливанием. Этот метод

подходит для большинства видов грунтов, не влияет на городскую экосистему и является довольно экономичным.

Таблица 2 также позволяет сделать вывод, что наиболее дешевым методом изготовления свайных оснований является метод статического погружения.

После анализа результатов экспертного опроса, изложенных в таблице 3, были выявлены наиболее значимые критерии, среди которых: стоимость работ, темпы производства, надежность технологии, универсальность технологии и влияние на существующую застройку.

Сравнивая результаты экспертного опроса с вышеизложенным анализом существующих технологий, представленных в таблицах 2 и 3, можно сделать вывод, что технология статического вдавливания свай является наиболее оптимальным методом устройства свайных оснований в условиях городской застройки.

В качестве направлений дальнейших исследований предлагается изучить другие технологии работ, выявить наиболее оптимальную и сравнить ее с технологией погружения свай статическим вдавливанием.

Заключение

На основании исследований, проведенных с использованием сравнительного анализа и экспертного опроса, был выполнен обзор существующих методов изготовления свайных оснований в условиях городской застройки.

Проведенные исследования позволили сделать следующий вывод.

Среди рассмотренных технологий наиболее оптимальной является технология погружения свай статическим вдавливанием. Она отвечает требованиям производства работ в условиях плотной городской застройки и оптимально подходит к большинству типов грунтов.

В дальнейшем планируется сравнить другие технологии производства работ с технологией статического вдавливания свай, повторно определить наиболее оптимальную технологию, выявить ее основные недостатки и предложить варианты их устранения.

струкции : Материалы IV Международной (X Всероссийской) конференции, Чебоксары, 21–22 ноября 2018 года. – Чебоксары : Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, 2018. – С. 430–438.

- Кузнецова, Т. В. Винтовые фундаменты / Т. В. Кузнецова // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство : сборник статей ; под ред. М. И. Бальзанникова, К. С. Галицкова, В. П. Попова ; Самарский государственный архитектурно-строительный университет. – Самара : ФГБОУ ВПО «Самарский государственный архитектурно-строительный университет», 2015. – С. 278–281.
- Ержаковский, Е. О. Оценка применимости метода статического погружения свай при строительстве свайных фундаментов / Е. О. Ержаковский, Д. Н. Сурсанов // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2017. – Т. 1. – С. 192–204.
- Семенов, Е. А. Технология статического вдавливания свайных фундаментов / Е. А. Семенов // Аллея науки. – 2021. – Т. 2, № 6 (57). – С. 338–342.

REFERENCES

- Botvineva, N. Y. Fundamenty na strukturno-neustojchivykh gruntakh [Foundations on structurally unstable soils] / N. Y. Botvineva, I. S. Burakova, O. G. Fomenko // Sovremennaya nauka i innovatsii [Modern Science and Innovation]. – 2016. – № 2 (14). – P. 133–139.
- Perfilov, V. A. Osobennosti stroitel'stva svajnykh fundamentov v zonakh vechnoy merzloty na ob'ektakh neftegazovoy otrasli [Features of construction of pile foundations in permafrost zones at oil and gas facilities] / V. A. Perfilov, I. A. Dmitrenko // Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa : Sbornik statej mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Volgograd, 03–04 dekabrya 2019 goda [Actual problems and prospects of development of the construction complex : Collection of articles of the international scientific-practical conference, Volgograd, 03–04 December 2019]. – Volgograd : Volgogradskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet [Volgograd State Technical University], 2019. – P. 79–84.
- Gusev, V. G. Vliyanie programmy renovatsii na gradostroitel'nyj potentsial mikrorajnov v Moskve [Impact of the renovation program on the urban planning potential of microdistricts in Moscow] / V. G. Gusev // E-Scio. – 2020. – № 12 (51). – P. 584–591.
- Seletkov, N. S. Sovremennye tekhnologii ustrojstva svaj, izgotavlivaemykh na stroitel'noj ploshhadke [Modern Technologies of making piles made at the construction site] / N. S. Seletkov, S. V. Kaloshina // Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika [Modern Technologies in Construction. Theory and practice]. – 2018. – Vol. 2. – P. 188–196.
- Smirnov, A. Y., Panin, I. A., Kritzberg L. V. [et al.] Sposob betonirovaniya nabivnykh svaj i ustanovka dlya ego osushhestvleniya [Method for concreting of driven piles and installation for its implementation] : Patent № 2097489 C1 Rossijskaya Federatsiya [Russian Federation], MPK: E02D 5/38, E02D 15/04, reg. № 96103512/03 : zayavl. [declared] 04.03.1996 : opubl. [published] 27.11.1997. – Moscow : Rospatent, 1997.
- Zheleznyakov, V. A. Uvelichenie nesushhej sposobnosti buronabivnoj svai metodom silikatizatsii [Increase of carrying capacity of bored piles by silicification] / V. A. Zheleznyakov, A. P. Aleksandrov, A. S. Kulikov // Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering Herald of the Don]. – 2020. – № 11 (71). – P. 321–328.
- Furmanov, V. V. Sushhestvuyushhie sposoby uvelicheniya nesushhej sposobnosti buronabivnykh svaj putem ustrojstva ushirenij [Existing ways of increasing the carrying capacity of bored piles by means of extensions] / V. V. Furmanov // Obrazovanie. Nauka. Proizvodstvo : Materialy XII Mezhdunarodnogo molodezhnogo foruma, Belgorod, 01–20 oktyabrya 2020 goda [Education. Science. Production : Materials of the XII

- Конаш, В. М. Современные технологии усиления оснований и фундаментов / В. М. Конаш // Архитектура и строительство России. – 2008. – № 6. – С. 36–39.
- Ольхина, А. А. Виды погружения свай. Сравнение и экономический анализ способов погружения / А. А. Ольхина, Е. А. Володажская, М. Б. Устименко // Материалы 60-й студенческой научно-технической конференции инженерно-строительного института ТОГУ, Хабаровск, 28 мая 2020 года ; отв. редактор П. И. Егоров. – Хабаровск : Тихоокеанский государственный университет, 2020. – С. 311–317.
- Эллисон, Р. Д. Аналитическое исследование механики одиночных свайных фундаментов / Р. Д. Эллисон. – 1970.
- Сравнительный анализ статических и динамических испытаний свай в сложных грунтовых условиях Казахстана / А. З. Жусупбеков, А. У. Есентаев, В. Каликин, И. Дроздова // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2022. – Т. 18, № 2. – P. 43–50. – URL: <https://doi.org/10.22337/2587-9618-2022-18-2-43-50>.

International Youth Forum, Belgorod, October 01–20, 2020]. – Belgorod : Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet im. V. G. Shukhova [Belgorod State Technological University named by V. G. Shukhov], 2020. – P. 920–925.

- Solonov, G. G. Premushhestva i nedostatki buronabivnykh svaj [Advantages and disadvantages of bored piles] / G. G. Solonov, A. V. Pechenikin, M. O. Artemenko // Evropejskie nauchnye issledovaniya : sbornik statej V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Penza, 15 yanvary 2020 goda [European scientific research : a collection of articles of the V International Scientific-Practical Conference, Penza, January 15, 2020]. – Penza : Nauka i Prosveshchenie (IP Gulyaev G. Y.), 2020. – P. 200–201.
- Dobrynina, O. V. Tekhnologiya primeneniya buronabivnykh svaj v stroitel'nom proizvodstve [Technology of application of bored piles in building production] / O. V. Dobrynina // Colloquium-Journal. – 2019. – № 27–1 (51). – P. 46–47.
- O problemakh povysheniya proizvoditel'nosti burovnykh работ na otechestvennykh rudnikakh [On the problems of increasing the productivity of drilling operations in domestic mines] / V. N. Karpov, V. V. Timonin, A. I. Konurin, E. M. Chernienkov // Fundamental'nye i prikladnye voprosy gornykh nauk [Fundamental and applied problems of mining sciences]. – 2018. – Vol. 5, № 2. – P. 46–56.
- Sokolov, N. S. Vybor tipa burovnykh svaj po tekhniko-ehkonomicheskim parametram [Selecting the type of bored piles according to technical and economic parameters] / N. S. Sokolov // ovoj v arkhitekture, proektirovanii stroitel'nykh konstruksij i rekonstruksij : Materialy IV Mezhdunarodnoj (X Vserossijskoj) konferentsii, Cheboksary, 21–22 noyabrya 2018 goda [New in architecture, design of building structures and reconstruction : Materials of the IV International (X All-Russian) Conference, Cheboksary, November 21–22, 2018]. – Cheboksary : Chuvashskij gosudarstvennyj universitet imeni I. N. Ulyanova [I. N. Ulyanov Chuvash State University], 2018. – P. 430–438.
- Kuznetsova, T. V. Vintovye fundamente [Screw foundations] / T. V. Kuznetsova // Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Stroitel'stvo : sbornik statej ; pod red. [Traditions and innovations in construction and architecture : collection of articles ; edited by] M. I. Balzannikov, K. S. Galitskov, V. P. Popov ; Samarskij gosudarstvennyj arkhitekturno-stroitel'nyj universitet [Samara State University of Architecture and Civil Engineering]. – Samara : Samarskij gosudarstvennyj arkhitekturno-stroitel'nyj universitet , 2015. – P. 278–281.
- Erzhakovskiy, E. O. Otsenka primenimosti metoda staticheskogo pogruzheniya svaj pri stroitel'stve svajnykh fundamentov [Assessment of applicability of static pile immersion method in the construction of pile foundations] / E. O. Erzhakovskiy, D. N. Sursanov // Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Te-

oriya i praktika [Modern Technologies in Construction. Theory and Practice]. – 2017. – Vol. 1. – P. 192–204.

14. Semenov, E. A. Tekhnologiya staticheskogo vdavlivaniya svajnykh fundamentov [Technology of static indentation of pile foundations] / E. A. Semenov // Alleya nauki [Alley of Science]. – 2021. – Vol. 2, № 6 (57). – P. 338–342.

15. Konash, V. M. Sovremennye tekhnologii usileniya osnovanij i fundamentov [Modern technologies of strengthening bases and foundations] / V. M. Konash // Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii [Architecture and construction of Russia]. – 2008. – № 6. – P. 36–39.

16. Olkhina, A. A. Vidy pogruzheniya svaj. Sravnenie i ehkonomicheskij analiz sposobov pogruzheniya [Types of pile immersion. Comparison and economic analysis of sinking methods] / A. A. Olkhina, E. A. Vodolazhskaya, M. B. Ustimenko // Materialy 60-j studencheskoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii inzhenerno-stroitel'nogo instituta TOGU, Khabarovsk, 28 maya

2020 goda ; otv. redaktor P. I. Egorov [Proceedings of the 60-th Student Scientific and Technical Conference of the Engineering and Construction Institute of PSU : conference proceedings, Khabarovsk, May 28, 2020 ; Editor in Chief P. I. Egorov]. – Khabarovsk : Tikhookeanskij gosudarstvennyj universitet [Pacific State University], 2020. – P. 311–317.

17. Ellison, R. D. Analiticheskoe issledovanie mekhaniki odinonnykh svajnykh fundamentov [An analytical study of the mechanics of single pile foundations] / R. D. Ellison. – 1970.

18. Sravnitel'nyj analiz staticheskikh i dinamicheskikh ispytaniy svaj v slozhnykh gruntovykh usloviyakh Kazakhstana [Comparative analysis of static and dynamic testing of piles in complex soil conditions] / A. Z. Zhusupbekov, A. U. Esentaev, V. Kalyakin. I. Drozdova // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2022. – Vol. 18, № 2. – P. 43–50. – URL: <https://doi.org/10.22337/2587-9618-2022-18-2-43-50>.

УДК 69.05 DOI: 10.54950/26585340_2022_4_44

Разработка методики по повышению результативности организации массового жилищного строительства быстровозводимых зданий

Development of a Methodology to Improve the Effectiveness of the Organization of Mass Housing Construction of Prefabricated Buildings

Погодин Денис Алексеевич

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, denispogodin2013@yandex.ru

Pogodin Denis Alekseevich

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, denispogodin2013@yandex.ru

Абрамова Анастасия Игоревна

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

Abramova Anastasia Igorevna

Teacher 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, shatrovaan@mail.ru

Аннотация. Строительство быстровозводимых зданий является одним из современных организационно-технологических решений, позволяющим сократить сроки строительства, снизить трудозатраты, предусмотреть различную планировку здания. Целью настоящей статьи является разработка методики по повышению результативности организации массового жилищного строительства быстровозводимых зданий посредством внедрения инструмента «комплексный показатель принятия решений».

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

1. Формирование алгоритма по расчету «комплексного показателя принятия решений» для массового жилищного строительства быстровозводимых зданий;
2. Создание методики по повышению результативности организации массового жилищного строительства быстровозводимых зданий посредством внедрения инструмента «комплексный показатель принятия решений».

Abstract. The construction of prefabricated buildings is one of the modern organizational and technological solutions that allows to reduce construction time, reduce labor costs, provide for a different layout of the building in terms of. The purpose of this ar-

Научная новизна заключается в разработке алгоритма прогнозирования и оценки эффективности, поддержки принятия организационно-технических решений и в создании организационно-технологической модели, направленной на повышение качества массового жилищного строительства быстровозводимых зданий.

Авторы статьи использовали и применяли следующие инструменты: системный анализ, метод анализа экспертных суждений, метод статистики.

По результатам исследования выявлено влияние внешних и внутренних факторов на выбор технологии строительства быстровозводимых зданий. Разработана методика, позволяющая прогнозировать результативность принятых организационно-технологических решений.

Ключевые слова: организационно-технологические решения, реализация массового жилищного строительства, быстровозводимые здания, системный анализ, метод анализа экспертных суждений, метод статистики.

article is to develop a methodology for improving the effectiveness of the organization of mass housing construction of prefabricated buildings, through the introduction of a tool «a comprehensive indicator of decision making».

To achieve this goal, the following tasks were performed:

1. Formation of an algorithm for calculating a «complex decision-making indicator» for mass housing construction of prefabricated buildings.
2. Creation of a methodology to improve the effectiveness of the organization of mass housing construction of prefabricated buildings, through the introduction of a tool «a comprehensive indicator of decision making».

Scientific novelty lies in the development of an algorithm for predicting and evaluating efficiency, supporting the adoption of organizational and technical decisions and in creating an organizational and technological model aimed at improving the quality of mass housing construction of prefabricated buildings.

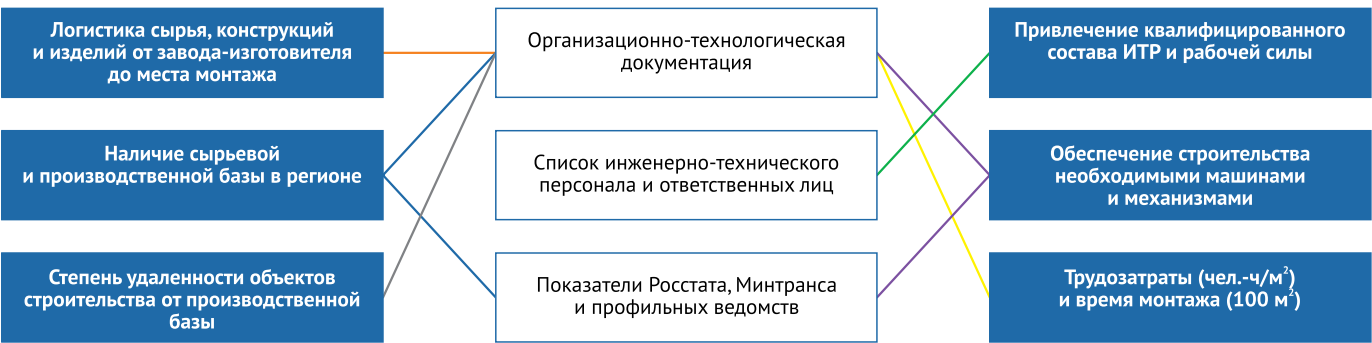


Рис. 1. Схема подготовки этапа формирования исследуемых факторов
Fig.1. Scheme of preparation of the stage of formation of the studied factors

Введение

Авторами было предложено исследование аналитических подходов [1] к оценке результативности организации массового жилищного строительства быстровозводимых зданий. Установлено, что оптимальным способом оценки результативности организационно-технологических решений [2], связанных со строительством быстровозводимых зданий [3] при организации массовой жилой застройки [4], является применение критерия, описывающего скорость монтажа на строительной площадке. Поставлена задача в разработке методики, а также алгоритма реализации исследования факторов на основе дерева иерархий.

Для более полного описания возможных состояний факторов и установления четких границ выбора организационно-технологических решений каждый фактор был представлен 2 альтернативными вариантами его состояния в баллах: «–1», «1», где оценочный балл «–1» характеризовал неудовлетворительное значение, а «1» – отличное.

Анализ

Актуальной темой для исследований в области организации строительного производства является создание методики по повышению результативности организации массового жилищного строительства быстровозводимых зданий.

К основным задачам указанной методики относится выбор таких организационных и технологических решений [5] по строительству жилых объектов, при которых построенный объект отвечал бы требованиям энергосбережения, а технология его строительства была бы малозатратной как по времени, так и по ресурсам.

С целью разработки методики исследования организационно-технологических решений реализации массового жилищного строительства быстровозводимых зданий был проведен детальный анализ документов, что позво-

The authors of the article used and applied the following tools: system analysis, method of analysis of expert judgments, method of statistics.

According to the results of the study, the influence of external and internal factors on the choice of technology for the construction of prefabricated buildings was revealed. A technique has been developed that allows predicting the effectiveness of the adopted organizational and technological decisions.

Keywords: organizational and technological solutions, implementation of mass housing construction, prefabricated buildings, system analysis, method of analysis of expert judgments, statistics method.

лио определить альтернативные состояния факторов при проведении исследований (рисунок 1).

Следующая задача заключается в формировании алгоритма установления значений факторов путем детального анализа предложенных критериев. То есть необходимо выявить конкретные документы, которые относятся к тому или иному рассматриваемому фактору, способные дать описательную характеристику реальной ситуации на объекте [6]. Конечным результатом анализа станет присвоение оценочных суждений.

Материалы и методы

Следующим этапом является проведение исследования. Перед его началом стояла задача отбора и нахождения объектов, занимающихся строительством быстровозводимых зданий [7]. Сбор информации осуществлялся на основе изучения данных по строительным организациям и был представлен в следующем виде (таблица 1): здесь X_i – наименование фактора; Z_i – оценочный балл фактора; $Z_i(X_i)$ – оценочный балл X_i -фактора; T_i – выполнение норм выработки (%); Y – уровень производительности труда рабочих при выполнении различных по профилю работ.

Одним из параметров, выявленным на основе изучения данных по строительным организациям, является выполнение норм выработки рабочими (%), характери-

№ п/п	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	Y
1	$Z1(x1)$	$Z1(x2)$	$Z1(x3)$	$Z1(x4)$	$Z1(x5)$	$Z1(x6)$	T_1
2	$Z2(x1)$	$Z2(x2)$	$Z2(x3)$	$Z2(x4)$	$Z2(x5)$	$Z2(x6)$	T_2
3	$Z3(x1)$	$Z3(x2)$	$Z3(x3)$	$Z3(x4)$	$Z3(x5)$	$Z3(x6)$	T_3
I	$Zi(x1)$	$Zi(x2)$	$Zi(x3)$	$Zi(x4)$	$Zi(x5)$	$Zi(x6)$	T_4
...	...	...	...	...	...	...	...
n	$Zn(x1)$	$Zn(x2)$	$Zn(x3)$	$Zn(x4)$	$Zn(x5)$	$Zn(x6)$	Ti

Табл. 1. Анкета анализа строительного объекта
Tab. 1. Questionnaire for the analysis of a building object

зующее квалификацию рабочих, организацию труда и строительного производства и, в целом, уровень производительности труда:

Y = (B_факт / B_план) * 100, (1)

где B_факт – фактическая выработка рабочих, тыс. руб. за ед. вр.; B_план – плановая выработка рабочего, тыс. руб. за ед. вр.

Как итог, была сформирована окончательная таблица (таблица 2) по всем выборкам из проанализированных значений и приведена в следующий вид.

№ п/п	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	Y
1	1	1	1	1	1	1	100
2	1	1	1	-1	1	1	99,20
3	1	1	1	-1	-1	1	98,50
4	1	1	-1	-1	1	1	89,74
5	-1	-1	1	1	1	1	74,49
...	...	...	...	...	...	...	...
i	-1	-1	-1	-1	1	-1	49,44
n	-1	-1	-1	-1	-1	-1	46,22

Табл. 2. Укрупненные значения исследований по строительным организациям
Tab.2. Consolidated values of studies for construction organizations

Следующий шаг – обработка информации с целью выявления зависимости сроков возведения типового этажа от принятых организационно-технологических факторов. Уравнение множественной регрессии может быть представлено в виде:

Y = β₀ + β₁X₁ + β₂X₂ + ... + β_mX_m + ε,

где β₀ – свободный член, определяющий значение Y в случае, когда все объясняющие переменные X_j равны 0.

Результатом обработки данных исследования стало построение линейного множественного регрессионного уравнения в виде:

y = 62,52 + 14,36x₁ + 8,67x₂ + 5,38x₃ + 1,93x₄ - 6,1x₅ + 14,19x₆. (2)

Полученное линейное уравнение множественной регрессии является математической моделью исследуемых организационно-технологических факторов. Данное уравнение позволяет определять в дискретном виде значение комплексного показателя принятия решений

№ п/п	Лингвистическая оценка желательности	Адаптированная градационная шкала желательности
1	Отлично	75,33–100,95
2	Неудовлетворительно	24,09 – 75,32

Табл. 3. Адаптированная шкала желательности
Tab. 3. Adapted desirability scale

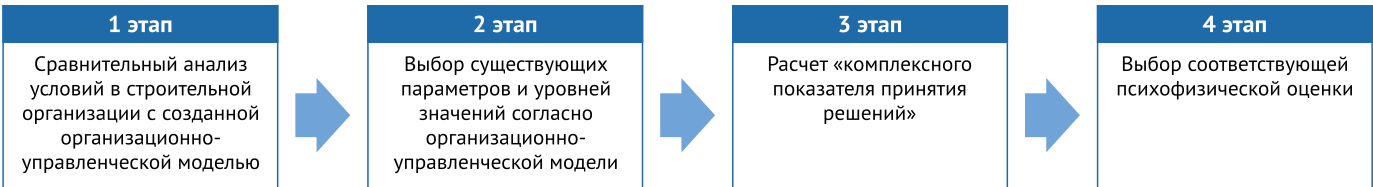


Рис. 2. Алгоритм расчета потенциала производственного процесса зимнего бетонирования
Fig. 2. Algorithm for calculating the potential of the production process of winter concreting

при организации массового жилищного строительства быстровозводимых зданий, а также качественную интерпретацию дискретной оценки «комплексного показателя принятия решений» при организации массового жилищного строительства быстровозводимых зданий согласно адаптированной шкале желательности (таблица 3).

Результаты

Авторами приведены результаты методики по повышению результативности организации массового жилищного строительства быстровозводимых зданий. Результат расчета значения «комплексного показателя принятия решений» будет представлен в виде дискретного численного значения и психофизической оценки на основе адаптированной шкалы желательности (таблица 3).

Разработан алгоритм расчета «комплексного показателя принятия решений», в состав которого входят четыре этапа согласно рисунку 2.

В соответствии с ранее описанной методикой, на начальном этапе были проведены анализ и оценка готовности строительных объектов. Значения «комплексного показателя принятия решений» представлены в таблице 4.

Рассчитаем комплексный показатель принятия решений согласно формуле (2):

y = 62,52 + 14,36 * (-1) + 8,67 * 1 + 5,38 * (-1) + 1,93 * * (-1) - 6,10 * (-1) + 14,19 * (-1) = 41,43.

Далее проведем определение психофизической оценки (таблица 4) согласно получившемуся значению «комплексного показателя принятия решений». Полученным значением является 41,43, которое расположено в интервале 24,09–75,32 и соответствует психофизической оценке «неудовлетворительно».

После комплексной оценки организации массового жилищного строительства быстровозводимых зданий «неудовлетворительно» последовало использование «алгоритма повышения значения комплексного показателя принятия решений». Был предложен ряд мер, влекущих за собой повышение данных значений. Итогом стало формирование новой модели. Показатели после изменения значений ряда факторов представлены в таблице 4 [8].

Рассчитаем потенциал согласно формуле (1):

y = 62,52 + 14,36 * 1 + 8,67 * 1 + 5,38 * (-1) + 1,93 * (-1) - 6,10 * 1 + 14,19 * 1 = 86,33.

Полученное значение 86,33 находится в интервале 75,33–100,95 и соответствует психофизической оценке «отлично» (таблица 3). Результатом внедрения стало сокращение срока строительства быстровозводимых зданий.

Заключение

1. Каждый фактор характеризуется двумя уровнями значимости – «отлично» и «неудовлетворительно», с присвоением соответствующих оценочных баллов «–1», «1».

№ п/п	Наименование фактора	Условные обозначения фактора	Уровни факторов	Уровни вариантов факторов (до)	Уровни вариантов факторов (после)
Ф1	Степень удаленности объектов строительства от производственной базы	X ₁	Удаленность объектов строительства от производственной базы превышает 500 км	–1	1
Ф2	Привлечение квалифицированного состава ИТР и рабочей силы	X ₂	ИТР имеет высшее образование и опыт работы до 1 года в строительной сфере	1	1
Ф3	Трудозатраты (чел.-ч/м ²) и время (100 м ²) монтажа	X ₃	Трудозатраты (чел.-ч/м ²) и время монтажа (100 м ²) производятся частично вовремя или с опозданием, не в соответствии с проектной документацией	–1	–1
Ф4	Обеспечение строительства необходимыми машинами и механизмами	X ₄	Обеспечение строительства необходимыми машинами и механизмами не производится или производится не вовремя и ненадлежащим образом	–1	–1
Ф5	Логистика сырья, конструкций и изделий от завода-изготовителя до места монтажа	X ₅	Логистика сырья, конструкций и изделий от завода-изготовителя до места монтажа не производится или производится не вовремя и ненадлежащим образом	–1	1
Ф6	Наличие сырьевой и производственной базы в регионе	X ₆	Наличие сырьевой и производственной базы в регионе отсутствует или находится в большой степени удаленности от строительного объекта	–1	1

Табл. 4. Значения «комплексного показателя принятия решений»
Tab. 4. Values of the «complex indicator of decision making»

2. Создана методика по повышению результативности организации массового жилищного строительства быстровозводимых зданий посредством внедрения инструмента «комплексный показатель принятия решений».

Основой для создания методики являлся алгоритм по расчету «комплексного показателя принятия решений» для массового жилищного строительства быстровозводимых зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Погодин, Д. А. Системный подход организационно-технологических решений в строительном производстве / Д. А. Погодин // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2019. – № 5 (1017). – С. 30–31.
2. Ширшиков, Б. Ф. Особенности разработки организационно-технологических решений при выполнении строительного-восстановительных работ в чрезвычайных условиях / Б. Ф. Ширшиков, В. В. Акулич. – Москва : НИУ МГСУ, 2015. – 115 с. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=25595312.
3. Михневич, И. В. Конструкторское решение и технология быстровозводимого сооружения для применения в зонах чрезвычайных ситуаций / И. В. Михневич, А. В. Рыбаков, С. Д. Николенко // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2019. – № 1 (40). – С. 66–75.
4. Lapidus, A. Sip-technology as solution in low-rise multi-family residential buildings / A. Lapidus, Y. Ndayiragije // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM-2019. – 2019. – Vol. 97. – P. 06032. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=41637221.
5. Shatrova, A. The choice of organizational and technological

REFERENCES

1. Pogodin, D. A. Sistemnyj podkhod organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij v stroitel'nom proizvodstve [System approach of organizational and technological solutions in construction production] / D. A. Pogodin // BST: Byulleten' stroitel'noj tekhniki [BST: Bulletin of construction machinery]. – 2019. – № 5 (1017). – P. 30–31.
2. Shirshikov, B. F. Osobennosti razrabotki organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij pri vypolnenii stroitel'no- vosstanovitel'nykh rabot v chrezvychajnykh usloviyakh [Features of the development of organizational and technological solutions for the performance of construction and restoration work in emergency conditions] / B. F. Shirshikov, V. V. Akulich. –

solutions based on the modeling option / A. Shatrova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Science and Technology Conference «FarEastCon2019». – 2020. – Vol. 735, № 5. – P. 052035. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=43267983.
6. Lapidus, A. A. Identification of effective methods for assessing the risks of a construction company in conditions of uncertainty / A. A. Lapidus, I. L. Abramov, Z. A. K. Alzaidi // Components of scientific and technological progress. – 2020. – № 11 (53). – P. 13–18. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44481309.
7. 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.
8. Погодин, Д. А. Методы моделирования и оптимизации организационных и технологических решений в жилищном строительстве / Д. А. Погодин, А. И. Абрамова // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования : Сборник докладов первой национальной конференции, Москва, 30 сентября 2020 года. – 2020. – С. 353–356.

Moscow : NRU MGSU, 2015. – 115 p. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=25595312.
3. Mikhnevich, I. V. Konstruktorskoe reshenie i tekhnologiya bystrovosvodimogo sooruzheniya dlya primeneniya v zonakh chrezvychajnykh situatsij [Design solution and technology of a prefabricated structure for use in emergency zones] / I. V. Mikhnevich, A. V. Rybakov, S. D. Nikolenko // Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashhity [Scientific and educational problems of civil protection]. – 2019. – № 1 (40). – P. 66–75.
4. Lapidus, A. Sip-technology as solution in low-rise multi-family residential buildings / A. Lapidus, Y. Ndayiragije // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on

Construction the Formation of Living Environment, FORM-2019. – 2019. – Vol. 97. – P. 06032. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41637221>.

5. Shatrova, A. The choice of organizational and technological solutions based on the modeling option / A. Shatrova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Science and Technology Conference «FarEast-Con2019». – 2020. – Vol. 735, № 5. – P. 052035. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43267983>.

6. Lapidus, A. A. Identification of effective methods for assessing the risks of a construction company in conditions of uncertainty / A. A. Lapidus, I. L. Abramov, Z. A. K. Alzaidi // Components of scientific and technological progress. – 2020. – № 11 (53). – P. 13–18. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44481309>.

7. Zagorskaya, A. V. Primenenie metodov ehkspernoy otsenki v nauchnom issledovanii. Neobkhodimoe kolichestvo ehksper-

nov [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. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44513275>.

8. Pogodin, D. A. Metody modelirovaniya i optimizatsii organizatsionnykh i tekhnologicheskikh reshenij v zhilishhnom stroitel'stve [Methods of modeling and optimization of organizational and technological solutions in housing construction] / D. A. Pogodin, A. I. Abramova // Aktual'nye problemy stroitel'noj otrasli i obrazovaniya : Sbornik dokladov pervoj natsional'noj konferentsii, 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]. – 2020. – P. 353–356. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44556300>.

УДК 69.05 DOI: 10.54950/26585340_2022_4_48

Метод совмещенного выполнения работ пионерного и подготовительного периодов

Method for Combining Work of the Pioneer and Preparatory Construction Periods

Олейник Павел Павлович

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

Oleynik Pavel Pavlovich

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

Олейник Никита Сергеевич

Инженер ООО «Дельта групп», Россия, 109147, Москва, улица Марксистская, 34/10, oleinikcareer@gmail.com

Oleinik Nikita Sergeevich

Engineer of Delta Group LLC, Russia, 109147, Moscow, Marksistskaya ulitsa, 34/10, oleinikcareer@gmail.com

Аннотация. При освоении труднодоступных и малоосвоенных регионов начальным периодом строительства объектов является пионерный период, в составе которого осуществляется предварительная подготовка территории и реализуется комплекс мероприятий по жизнеобеспечению. В то же время в суровых природно-климатических условиях генеральная задача освоения регионов предусматривает минимизацию продолжительности строительства предприятий, зданий и сооружений. В этой связи разработка механизма совмещения пионерного и подготовительного периодов является одним из важных направлений ее решения. В статье рассматривается основная структура работ пионерного и подготовительного периодов и как на основе анализа практики строительства формируются условия, при которых выполняется максимальное совмещение

этих периодов строительства. Приводится пошаговый алгоритм моделирования такого совмещения через определение величины организационного перерыва между началами работ этих периодов. В результате устанавливается диапазон изменения размера рабочей зоны от фронта работ одной бригады до полного фронта работ. Предложены расчетные формулы увязки работ пионерного и подготовительного периодов, определения общей их продолжительности и количества рабочих бригад, необходимых для надежной реализации сформулированных условий совмещения вышеуказанных периодов строительства.

Ключевые слова: пионерный период, подготовительный период, увязка процессов, фронт работ, рабочая зона, продолжительность процесса.

tion of these two periods. A step-by-step algorithm for modelling such a combination through the identification of the organisational span between both periods' launch is explained. As a result, the determined change of the working area ranges from the scope of work for a single squad to the full scope of work. We propose the equations dovetailing work of the pioneer construction and preparatory periods, definitions of their duration and the number of squads required for a reliable accomplishment of the determined periods' combination conditions.

Keywords: pioneer construction period, preparatory construction period, processes dovetailing, scope of work, working area, process duration.

Введение

С каждым годом все активнее осваиваются богатые природными ресурсами районы Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока. В то же время организация возведения объектов в этих труднодоступных и малоосвоенных регионах существенно отличается от порядка традиционного строительства зданий и сооружений. Главной особенностью такого отличия является обязательное выполнение работ пионерного периода, который необходим для решения задач жизнеобеспечения, предварительной подготовки территорий будущих объектов строительства и развертывания соответствующих материально-технических баз [1–4]. Выполнение такого разнохарактерного и сложного комплекса работ производится в отрыве от мест постоянной дислокации строительных организаций и их баз стройиндустрии и, к тому же, в суровых природно-климатических и геологических условиях. С учетом всех этих обстоятельств идеология строительства мобильными формированиями сложилась в важное направление, основой которого является максимальная индустриализация объектов за счет создания на промышленных предприятиях крупных единиц конструкций и оборудования с последующей их сборкой на строительных площадках при минимальных затратах труда [5–9].

Задачи максимального переноса объема строительного-монтажных работ в заводские условия, унификация и типизация объемно-планировочных и конструктивных решений выполняются в рамках развития комплектно-блочного метода (КБМ) в промышленном строительстве и создания объемных блоков, в том числе и крупногабаритных, в жилищном строительстве [10; 11]. Вместе с тем проблемными по-прежнему остаются вопросы снижения затрат труда в строительном производстве и сокращения продолжительности строительства объектов. В этой связи одним из важных факторов повышения эффективности строительного производства в труднодоступных и малоосвоенных регионах является создание механизма совмещения пионерного и подготовительного периодов, на которые приходится до 30 % сметной стоимости объекта [12].

Материалы и методы исследования

Основные мероприятия пионерного периода подразделяются на организационно-хозяйственные и инженерно-технические мероприятия по жизнеобеспечению и выполнению работ по предварительной подготовке территорий будущего строительства.

Организационно-хозяйственные мероприятия предусматривают предоставление коммунально-бытовых и социальных услуг по обеспечению работников жильем, питанием, бытовым и медицинским обслуживанием, связью и транспортом для внутрирайонных и межрайонных переездов. Выполнение этих мероприятий возможно только в результате реализации инженерно-технических мероприятий, которые предусматривают развертывание мобильных жилых поселков, сборку инженерных объектов и агрегатов электро-, водо- и теплоснабжения, устройство сборочных и складских площадок для приема материально-технических ресурсов и др.

Базовая номенклатура работ по предварительной подготовке территорий включает вырубку леса и расчистку территорий, осушение болот, укрепление грунтов, прокладку инженерных сетей, устройство автомобильных дорог и т. д.

Внеплощадочные подготовительные работы содержат возведение подъездных путей и причалов, линий электропередач с трансформаторными подстанциями, сетей водоснабжения с заборными сооружениями, канализационных коллекторов с очистными сооружениями, объектов производственной базы строительной организации и др.

Как показывает анализ, первоочередными являются мероприятия по обустройству пионерного комплекса, т. е. территории, на которой создаются необходимые производственные коммунально-бытовые и социальные условия для вахтовых и экспедиционных формирований. При этом такое обустройство может развиваться по мере наращивания мощности строительной организации в течение длительного времени. Но, как правило, после устройства необходимого задела по обеспечению жизнедеятельности мобильных формирований начинается выполнение внеплощадочных и внутриплощадочных работ подготовительного периода на территории будущих объектов. Таким образом, концепция максимального снижения затрат при пионерном освоении труднодоступных и малоосвоенных регионов заключается в переносе начала работ подготовительного периода в область завершения вышеуказанного задела. Реализация этой концепции, как подтверждает многолетняя практика, достигается при выполнении следующих условий [13–16]:

- взаимоувязка процессов пионерного и подготовительного периодов предполагает согласованное их выполнение во времени разными исполнителями (участками, бригадами, звеньями);
- временной период совмещения процессов может осуществляться в интервале от последовательного до параллельного их выполнения, т. е. от минимального до максимального значения;
- работы на каждом участке подготовительного периода начинаются после выполнения на этом участке предшествующих работ пионерного периода;
- размеры захваток могут приниматься в широких пределах от размеров рабочей зоны на единицу исполнителя (работник, звено, бригада) до размера полного фронта работ по всему объекту;
- минимальный состав исполнителей характеризуется способностью группы работников выполнить соответствующий процесс, а максимальный состав исполнителей определяется возможностью группы работников занять всю рабочую зону процесса.

Под рабочей зоной в данной статье понимается фронт работ на участке объекта (здания, сооружения), определяющий организационно-технологические возможности высокопроизводительного труда исполнителей в течение всей установленной продолжительности.

Постановка задачи формируется следующим образом: имеются процессы пионерного и подготовительного периодов с номерами i и $(i+1)$, выполняемых совмещенно. Обозначим через V_i и V_{i+1} объемы (трудоемкость) процессов, а через R_i и R_{i+1} – число исполнителей по этим процессам. Необходимо определить величину организационного перерыва между началами этих процессов, т. е. продолжительность, в течение которой по i -му процессу продолжится фронт работ для $(i+1)$ -го процесса. Обозначим такую продолжительность через $t_{i, i+1}$, после завершения которой процесс $(i+1)$ мог бы выполняться при указанном числе исполнителей R_i и R_{i+1} и объемов V_i и V_{i+1} непрерыв-

Общая продолжительность выполнения процессов i и $(i+1)$ определяется по формуле:

$$T = t_{i,i+1} + T_{i+1}. \quad (12)$$

Выводы

Важным фактором повышения эффективности строительного производства в труднодоступных и малоосвоенных регионах является разработка положений по совмещению пионерного и подготовительного периодов. Концепция такого совмещения периодов заключается в переносе начала работ подготовительного периода в область завершения строительного задела, необходимого для создания бытовых и производственных условий для работающих.

Размер рабочей зоны определяется величиной сменного фронта работ, который может изменяться от рабочей зоны на одну бригаду (звено) до полного фронта работ (процесс, участок, здание). При этом фронт работ должен быть достаточным для размещения рабочих кадров со средствами механизации и учитывать особенности применяемого метода производства работ – наличие кранов, складов, сборочных площадок, стоянок машин и др.

Количество бригад (звеньев) рассчитывается путем деления полной рабочей зоны процесса на размер рабочей зоны одной бригады (звена). Взаимосвязь между работами пионерного и подготовительного периодов выражается через величину организационного перерыва, устанавливающего начало включения в работу процессов подготовительного периода по отношению к началу процессов пионерного периода. Общая продолжительность пионерного и подготовительного периодов с учетом их совмещения определяется как сумма величины организационного перерыва и продолжительности выполнения работ подготовительного периода.

$\mathcal{G}_{i,i+1}^2$ – фронт работ (объем, трудоемкость) на бригаду (звено) подготовительного периода.

6 этап. Увязка работ пионерного и подготовительного периодов.

Увязка работ пионерного и подготовительного периодов характеризуется образованием строительной продукции на единой территории. В этой связи изменяющийся фронт работ будет определять диапазон изменения численности работающих бригад (звеньев) как

$$\begin{cases} \max n_i \frac{V_i}{\mathcal{G}_i}; \max n_{i+1} = \frac{V_i}{\mathcal{G}_{i,i+1}^2} \\ \min n_i = 1; \min n_{i+1} = 1 \end{cases} \quad (10)$$

7 этап. Определение итоговых параметров увязки работ пионерного и подготовительного периодов.

$$\begin{cases} \max R_i = \max n_i \cdot R_i \\ \max R_{i+1} = \max n_{i+1} \cdot R_{i+1} \end{cases} \quad (11)$$

Следовательно, следует принять, что максимальный фронт работ соответствует числу бригад (звеньев), занимающих всю рабочую зону процесса, а минимальный фронт работ соответствует размещению одной бригады (звена). При этом количество бригад (звеньев) определяется размером полной рабочей зоны процесса, деленным на размер рабочей зоны одной бригады (звена).

Продолжительность организационного периода (перерыва между включениями) устанавливается по формулам (6) и (7), которые следует интерпретировать следующим образом: начало включения $(i+1)$ процесса в работу осуществляется через время $t_{i,i+1}$ от начала t_i процесса по формуле (6) при условии $T_i < T_{i+1}$ и по формуле (7) при условии $T_i > T_{i+1}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Data exploration on factors that influences construction cost and time performance on construction project sites / L. M. Amusan, A. Afolabi, R. Ojelabi, I. Omuh, H. I. Okaqube. – DOI 10.1016/j.dib.2018.02.035 // Data in Brief. – 2018. – Vol. 17. – P. 1320–1325.
2. Zinzi, M. Assessment of construction cost reduction of nearly zero energy dwellings in a life cycle perspective / M. Zinzi, B. Mattoni. – DOI 10.1016/j.apenergy.2019.113326 // Applied Energy. – 2019. – Vol. 251. – P. 113326.
3. Dairy Plant Design, Construction and Operation / R. P. Singh, S. E. Zorrilla, S. K. Vidyarthi, R. Cocker, K. Cronin // Encyclopedia of Dairy Sciences. – 2022. – P. 239–252.
4. Oleynik, P. P. Pioneer Development of Facility Construction Territori / P. P. Oleynik, // IOP Conference Series Materials Science and Engineering : 5th World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium – WMCAUS 15-19 June 2020, Prague, Czech Republic. – 2020. – Vol. 960, iss. 4. – № 042080.
5. Valdenebro, J. V. Construction process for the implementation of urban utility tunnels in historic centres / J. V. Valdenebro, F. N. Gimena, J. J. Lopez. – DOI 10.1016/j.tust.2019.03.026 // Tunnelling and Underground Space Technology. – 2019. – Vol. 89. – P. 38–49.
6. Al Hawarneh, A. Construction site layout planning problem: Past, present and future / A. Al Hawarneh, S. Bendak, F. Ghanim. – DOI 10.1016/j.eswa.2020.114247 // Expert Systems with Applications. – 2020. – Vol. 168, № 1682021.

7. Galvan-Cara, A.-L. Application of Industrial Symbiosis principles to the management of utility networks / A.-L. Galvan-Cara, M. Graells, A. Espuna. – DOI 10.1016/j.apenergy.2021.117734 // Applied Energy. – 2022. – Vol. 305. – № 117734.
8. Huang, J. Artificial intelligence for planning of energy and waste management / J. Huang, D. D. Koroteev. – DOI 10.1016/j.seta.2021.101426 // Sustainable Energy Technologies and Assessments. – 2021. – Vol. 47. – № 101426.
9. Oberlender, G. D. Project management for engineering and construction / G. D. Oberlender. – New York : McGrawHill, 2000. – 368 p.
10. Киевский, Л. В. Планирование и организация строительства инженерных коммуникаций / Л. В. Киевский. – Москва : СвР-АРГУС, 2008. – 456 с.
11. Сычев, С. А. Высокотехнологичный монтаж быстровозводимых трансформируемых зданий в условиях Крайнего Севера : монография / С. А. Сычев ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2017. – 353 с.
12. Олейник, П. П. Индустриально-мобильные методы возведения предприятий, зданий и сооружений : монография / П. П. Олейник. – Москва : АСВ, 2021. – 488 с.
13. Федосенко, В. Б. Особенности строительного производства в регионах Крайнего Севера и Дальнего Востока / В. Б. Федосенко // Жилищное строительство. – 2003. – № 8. – С. 9–10.
14. Вахтовый метод работы в нефтяной промышленности // PETROLEUM. – Казахстан, 2000. – № 4, сентябрь. – Электронный ресурс с режимом доступа по подписке.

но с необходимым и достаточным фронтом работ в каждый временной период. Обозначим через $\mathcal{G}_{i,i+1}$ единичный фронт работ, указывающий, какой объем работ должен быть выполненным одним рабочим i -ой работы для открытия фронта работ рабочему $(i+1)$ -го процесса.

За время $t_{i,i+1}$ по i -процессу пионерного периода будет выполнен объем $R_i \cdot t_{i,i+1}$, а по $(i+1)$ -работе подготовительного периода – 0. При этом за время Δt по i -процессу будет выполнен объем $R_i \cdot \Delta t$, а по $(i+1)$ -процессу $R_{i+1} \cdot \Delta t$. Следовательно, через время Δt фронт работ по i -му процессу, выраженный через объем i -го процесса для $(i+1)$ -го процесса, составит:

$$R_i \cdot t_{i,i+1} + R_i \Delta t - R_{i+1} \cdot \Delta t \frac{V_i}{V_{i+1}}. \quad (1)$$

Из этого выражения следует, что за время Δt фронт i -го процесса уменьшился на величину $R_{i+1} \cdot \Delta t \frac{V_i}{V_{i+1}}$ в результате начала выполнения $(i+1)$ -го процесса. Это значит, что при $0 \leq \Delta t \leq T_i - t_{i,i+1}$ будет выполняться следующее неравенство:

$$R_i t_{i,i+1} + R_i \cdot \Delta t - R_{i+1} \cdot \Delta t \frac{V_i}{V_{i+1}} \geq \mathcal{G}_{i,i+1} \cdot R_{i+1}. \quad (2)$$

После преобразования неравенство приобретает такой вид:

$$t_{i,i+1} \geq \mathcal{G}_{i,i+1} \frac{R_{i+1}}{R_i} - \Delta t \left(1 - \frac{R_{i,i+1}}{R_i} \cdot \frac{V_i}{V_{i+1}} \right). \quad (3)$$

Исследование неравенства (3) позволяет сделать следующее заключение:

$$\text{а) если } \left(1 - \frac{R_{i,i+1}}{R_i} \cdot \frac{V_i}{V_{i+1}} \right) > 0, \quad (4)$$

то неравенство (3) выполняется при условии:

$$t_{i,i+1} = \frac{\mathcal{G}_{i,i+1} \cdot R_{i+1}}{R_i} \text{ при } \Delta t = 0,$$

$$\text{б) если } \left(1 - \frac{R_{i,i+1}}{R_i} \cdot \frac{V_i}{V_{i+1}} \right) < 0,$$

то неравенство (3) выполняется при условии:

$$t_{i,i+1} = \frac{\mathcal{G}_{i,i+1} \cdot V_{i+1}}{V_i} + \frac{V_i}{R_i} - \frac{V_{i+1}}{R_{i+1}} \quad (5)$$

при $\Delta t = T_i - t_{i,i+1}$.

Если учитывать, что $\frac{V_i}{R_i} = T_i$ и $\frac{V_{i+1}}{R_{i+1}} = T_{i+1}$, то взаимосвязь между работами пионерного и подготовительного периодов можно выразить через величину организационного перерыва как

$$t_{i,i+1} = \frac{\mathcal{G}_{i,i+1} \cdot R_{i+1}}{R_i} \text{ при } T_i < T_{i+1}, \quad (6)$$

$$t_{i,i+1} = \frac{\mathcal{G}_{i,i+1} \cdot V_{i+1}}{V_i} + T_i - T_{i+1}, \text{ при } T_i > T_{i+1}. \quad (7)$$

где T_i , T_{i+1} – продолжительность соответственно i и $(i+1)$ процессов.

Результат

Вышеприведенные положения легли в основу методики увязки работ пионерного и подготовительного периодов, которая включает семь этапов.

1 этап. Определение затрат труда и объемов работ пионерного и подготовительного периодов, подлежащих совмещению.

Физические объемы работ и затраты труда устанавливаются из календарного плана производства работ, разрабатываемого в составе проекта производства работ (ППР). При отсутствии календарного плана производства работ физические объемы определяются в процентном отношении к объему работ основного периода (по рабочей документации и сметам), а затраты труда – по соответствующим федеральным или территориальным нормам.

2 этап. Выбор метода производства работ отдельно для каждого периода.

Принятые методы производства работ должны предусматривать максимальную комплексную механизацию с назначением ведущих и вспомогательных машин, сбалансированных по производительности. При выполнении работ ручным способом рабочие оснащаются средствами малой механизации и комплектами механизированного инструмента.

3 этап. Установление по каждой работе состава и числа исполнителей.

Состав бригады (звена) и их количество определяется по соответствующим затратам труда в зависимости от выбранного метода производства работ и их физического объема.

4 этап. Определение размера рабочей зоны с параметрами фронта работ на бригаду (звено) для выполнения процессов пионерного периода.

Размер рабочей зоны определяется величиной сменного фронта работ, который должен быть достаточным для размещения бригад (звеньев) со всеми средствами механизации и учитывать особенности принятого метода производства работ – наличие складов, сборочных площадок, стоянок машин и т. д. Как уже отмечалось, фронт работ может измеряться от рабочей зоны на одну бригаду (звено) до полного фронта работ (например, по всему зданию), т. е.

$$\begin{aligned} \mathcal{G}_i^1 &\leq \mathcal{G}_i \cdot n_i \leq V_i \\ &\text{или} \\ 1 &\leq n_i \leq \frac{V_i}{\mathcal{G}_i}, \end{aligned} \quad (8)$$

где n_i – количество бригад (звеньев) пионерного периода; $\mathcal{G}_i^1$ – фронт работ (объем, трудоемкость) на бригаду (звено) пионерного периода.

5 этап. Определение размера рабочей зоны с параметрами фронта работ на бригаду (звено) для выполнения процессов подготовительного периода.

Рабочая зона процесса $(i+1)$ находится на участке соответствующего процесса пионерного периода, и их объемы измеряются одинаковыми единицами. Поэтому размеры рабочей зоны в результате их совмещения выражаются через параметры пионерного периода, а именно:

$$\begin{aligned} \mathcal{G}_{i,i+1}^2 &\leq \mathcal{G}_{i,i+1}^2 \cdot n_{i+1} \leq V_i \\ &\text{или} \\ 1 &\leq n_{i+1} \leq \frac{V_i}{\mathcal{G}_{i,i+1}^2}, \end{aligned} \quad (9)$$

где n_{i+1} – количество бригад (звеньев) подготовительного периода;

15. Effect of urban built form and density on building energy performance in temperate climates / E. Ahmadian, B. Sodagar, C. Bingham, A. Elnokaly, G. Mills. – DOI 10.1016/j.enduild.2021.110762 // Energy and Buildings. – 2021. – Vol. 236. – № 1107662.

16. Saxena, A. Development of SLEUTH-Densiti for the simulation of built-up land density / A. Saxena, M. K. Jat, K. C. Clarke. – DOI 10.1016/j.cjmpenvurbsys.2020.101586 // Computers, Environment and Urban Systems. – 2021. – Vol. 86. – № 101586.

17. Optimization of the duration of the Pioneer Construction Period / P. Oleinik, T. Kuzmina, D. Zueva, M. Balmashnova. – DOI 10.1088/1757-899x/869/6/062006 // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 869, iss. 6. – № 062006.

REFERENCES

1. Data exploration on factors that influences construction cost and time performance on construction project sites / L. M. Amusan, A. Afolabi, R. Ojelabi, I. Omuh, H. I. Okaqbue. – DOI 10.1016/j.dib.2018.02.035 // Data in Brief. – 2018. – Vol. 17. – P. 1320–1325.

2. Zinzi, M. Assessment of construction cost reduction of nearly zero energy dwellings in a life cycle perspective / M. Zinzi, B. Mattoni. – DOI 10.1016/j.apenerqy.2019.113326 // Applied Energy. – 2019. – Vol. 251. – P. 113326.

3. Dairy Plant Design, Construction and Operation / R. P. Singh, S. E. Zorrilla, S. K. Vidyarthi, R. Cocker, K. Cronin // Encyclopedia of Dairy Sciences. – 2022. – P. 239–252.

4. Oleynik, P. P. Pioneer Development of Facility Construction Territori / P. P. Oleynik, // IOP Conference Series Materials Science and Engineering : 5th World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium – WMCAUS 15-19 June 2020, Prague, Czech Republic. – 2020. – Vol. 960, iss. 4. – № 042080.

5. Valdenebro, J. V. Construction process for the implementation of urban utility tunnels in historic centres / J. V. Valdenebro, F. N. Gimena, J. J. Lopez. – DOI 10.1016/j.tust.2019.03.026 // Tunnelling and Underground Space Technology. – 2019. – Vol. 89. – P. 38–49.

6. Al Hawarneh, A. Construction site layout planning problem: Past, present and future / A. Al Hawarneh, S. Bendak, F. Ghanim. – DOI 10.1016/j.eswa.2020.114247 // Expert Systems with Applications. – 2020. – Vol. 168, № 1682021.

7. Galvan-Cara, A.-L. Application of Industrial Symbiosis principles to the management of utility networks / A.-L. Galvan-Cara, M. Graells, A. Espuna. – DOI 10.1016/j.apenergy.2021.117734 // Applied Energy. – 2022. – Vol. 305. – № 117734.

8. Huang, J. Artificial intelligence for planning of energy and waste management / J. Huang, D. D. Koroteev. – DOI 10.1016/j.seta.2021.101426 // Sustainable Energy Technologies and Assessments. – 2021. – Vol. 47. – № 101426.

9. Oberlender, G. D. Project management for engineering and construction / G. D. Oberlender. – New York : McGrawHill, 2000. – 368 p.

10. Kievsky, L. V. Planirovanie i organizatsiya stroitel'stva inzhenernykh kommunikatsiy [Planning and organization of construction of engineering communications] / L. V. Kievsky. – Moscow : SvR-ARGUS, 2008. – 456 p.

11. Sychev, S. A. Vysokotekhnologichnyy montazh bystrovozvodimyykh transformiruemyykh zdaniy v usloviyakh Krajnego Severa : monografiya [High-tech installation of prefabricated transformable buildings in the conditions of the Far North : monograph] / S. A. Sychev ; Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitel'nyy universitet [St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering]. – St. Petersburg : SPbGASU, 2017. – 353 p.

12. Olejnik, 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 : ASV, 2021. – 488 p.

13. Fedosenko, V. B. Osobennosti stroitel'nogo proizvodstva v regionakh Krajnego Severa i Dal'nego Vostoka [Features of construction production in the regions of the Far North and the Far East] / V. B. Fedosenko // Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing construction]. – 2003. – № 8. – P. 9–10.

14. Vakhtovyy metod raboty v neftyanoy promyshlennosti [hft method of work in the oil industry] // PETROLEUM. – Kazakhstan, 2000. – № 4, September. – Electronic resource with subscription access mode.

15. Effect of urban built form and density on building energy performance in temperate climates / E. Ahmadian, B. Sodagar, C. Bingham, A. Elnokaly, G. Mills. – DOI 10.1016/j.enduild.2021.110762 // Energy and Buildings. – 2021. – Vol. 236. – № 1107662.

16. Saxena, A. Development of SLEUTH-Densiti for the simulation of built-up land density / A. Saxena, M. K. Jat, K. C. Clarke. – DOI 10.1016/j.cjmpenvurbsys.2020.101586 // Computers, Environment and Urban Systems. – 2021. – Vol. 86. – № 101586.

17. Optimization of the duration of the Pioneer Construction Period / P. Oleinik, T. Kuzmina, D. Zueva, M. Balmashnova. – DOI 10.1088/1757-899x/869/6/062006 // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 869, iss. 6. – № 062006.

УДК 69.658

DOI: 10.54950/26585340_2022_4_52

Особенности строительно-монтажных работ при капитальном ремонте и реконструкции административных зданий

Specifics of Construction and Installation Works during Capital Repairs and Reconstruction of Administrative Buildings

Топчий Дмитрий Владимирович

Доктор технических наук, профессор кафедры «Испытания сооружений», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, dvtopchiy0405@gmail.com

Topchiy Dmitry Vladimirovich

Ph. D. in Engineering Science, Professor of the Department «Testing of Structures», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, dvtopchiy0405@gmail.com

Ершов Роман Михайлович

Соискатель (соискатель ученой степени), ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, ershovrm@mail.ru

Ershov Roman Mikhailovich

Applicant (competitor of a scientific degree) of the National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, ershovrm@mail.ru

Токарский Андрей Ярославович

Кандидат технических наук, руководитель органа инспекции, Государственное бюджетное учреждение города Москвы «Центр экспертиз, исследований и испытаний в строительстве» (ГБУ «ЦЭИИС»), Россия, 109052, Москва, Рязанский проспект, 13, 89253221611@mail.ru

Tokarskiy Andrey Yaroslavovich

Ph. D. in Engineering Science, Head of the Inspection Structure, State Budgetary Institution of the City of Moscow «Center for Expertise, Research and Testing in Construction», GBU «CEIS», Russia, 109052, Moscow, Ryazansky prospect, 13, 89253221611@mail.ru

Аннотация. Как капитальный ремонт, так и реконструкция административных зданий являются достаточно специфической отраслью строительства, которая обладает своими отличительными особенностями, основными из которых являются показатели стесненности, что накладывает ограничения на использование средств механизации, а также на транспортные средства доставки материалов и грузов на объект. Для пере-оценки трудоемкости работ в ходе ресурсного планирования, связанного с такими ограничениями, в статье предлагается использовать количественные показатели такой стесненности, а также сложности возможной механизации и индустриализации работ на объекте капитального ремонта и реконструкции. Предлагаемые авторами количественные показатели, приведенные

Abstract. Both capital repairs and reconstruction of administrative buildings are a rather specific branch of construction, which has its own distinctive features, the main of which are indicators of tightness, which imposes restrictions on the use of mechanization tools, as well as on vehicles for the delivery of materials and cargo to the facility. To re-evaluate the labor intensity of work in the course of resource planning associated with such restrictions, the article suggests using quantitative indicators of such tightness, as well as the complexity of possible mechanization and industrialization of work on the object of major repairs and reconstruction. The quantitative indicators proposed by the

Введение

Административные здания предназначены для эффективного и комфортного функционирования различных организаций и, как правило, оборудованы различными инженерными и техническими системами, предъявляющими повышенные требования к системам электро-, водо- и теплоснабжения. Прекращение деятельности организации на период проведения капитального ремонта или реконструкции или ее переезд в другое помещение определяют необходимость строгого соблюдения сроков выполнения работ.

Значительное количество административных зданий относится к исторически ценным сооружениям. Кроме того, обычно они имеют большой запас прочности, что позволяет компенсировать их моральный износ за счет использования в другом качестве с другими функциональными назначениями. Переход на новые рыночные отношения в России значительно увеличил интерес к сооружениям и зданиям в центральных районах с целью их приспособления под офисные помещения, что решается на основе проведения строительно-монтажных работ по реконструкции и модернизации. Реконструкция административных зданий представляет собой достаточно трудоемкую задачу, которая существенно усложняется

к шкале Харрингтона, позволяют не только построить более адекватную модель ресурсного планирования, но и выполнить классификацию объектов, что позволяет переносить методы оценки трудоемкости работ с одного подобного объекта на другой. Кроме того, в статье предлагается оценивать времена выполнения этапов ресурсного планирования не детерминированными величинами, а нечеткими значениями в виде бета-распределения, что позволяет делать оценку риска выполнения всего цикла работ ресурсного планирования.

Ключевые слова: ресурсное планирование, капитальный ремонт, реконструкция, стесненность объекта, сложность объекта, бета-распределение.

authors, given to the Harrington scale, make it possible not only to build a more adequate resource planning model, but also to classify objects, which makes it possible to transfer methods for assessing the complexity of work from one such object to another. In addition, the article proposes to estimate the execution times of resource planning stages not by deterministic values, but by fuzzy values in the form of a beta distribution, which makes it possible to assess the risk of performing the entire cycle of resource planning work.

Keywords: resource planning, major repairs, reconstruction, tightness of the object, complexity of the object, beta distribution.

по причине необходимости «красиво вписать» каждое реконструируемое здание во всю городскую картину.

При организации работ по капитальному ремонту и реконструкции административных зданий, как и при реализации любого крупного проекта, необходим учет множества факторов [1], которые отражают специфику объекта, его уникальность, степень сложности и другие факторы (рисунок 1).

На начальном этапе подготовки проекта к реализации необходимо сформировать структуру всех работ проек-

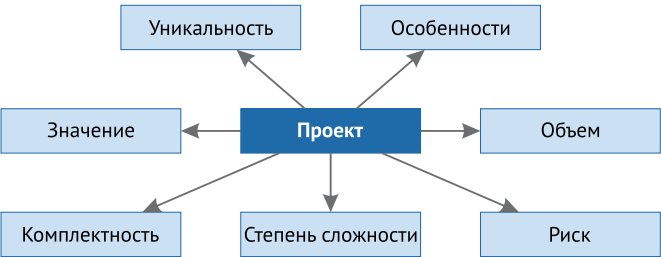


Рис. 1. Совокупность факторов, воздействующих на принятие решений по организации работ по капитальному ремонту и реконструкции административных зданий
Fig. 1. A set of factors influencing decision-making on the organization of work on capital repairs and reconstruction of administrative buildings

та [4; 7; 9–11], значимыми элементами которой являются: дерево работ; дерево решений; дерево целей; организационная структура исполнителей; сетевая модель; матрица ответственности; структура потребляемых ресурсов; структура стоимости; структура затрат.

Естественно, что оценка степени влияния перечисленных факторов воздействует как на ценовые показатели выполнения этапов проекта, так и на временные рамки отдельных работ [6; 8; 13]. В связи с этим для более точной оценки временных показателей ресурсного планирования капитального ремонта и реконструкции административных зданий желательнее иметь некоторые количественные показатели, отражающие специфику объекта и сложность выполнения ряда работ на нем [9; 12; 17].

Специфика капитального ремонта и реконструкции административных зданий состоит в том, что необходимо учитывать ряд дополнительных параметров. Выполнение работ производится в условиях плотной городской застройки, при наличии развитой подземной инфраструктуры, зачастую с организацией переселения. Как правило, на таком объекте вводятся требования по пропускному режиму и повышенные требования к допуску рабочих и технике безопасности. Работы проводятся при интенсивном движении городского транспорта и пешеходов в непосредственной близости от объекта, что требует установки сигнальных ограждений по границам опасных зон. Наличие близко расположенных зданий накладывает ограничение на поворот стрелы крана, и поэтому подъем грузов на монтажный горизонт осуществляется вдоль стен здания, а грузы удерживаются от раскачивания и падения гибкими оттяжками. Доставка материалов и конструкций предусматривается в объеме сменной потребности из-за сложности складирования материалов, с возможностью складирования их по месту (в т. ч. на перекрытиях здания, массой, не превышающей расчетной нагрузки на них).

Времена выполнения этапов работ по реконструкции и капитальному ремонту административных зданий подвержены воздействию большого числа случайных факторов – это воздействие окружающей среды, участие большого числа рабочих, нарушения производственной дисциплины, выход из строя техники, использование некачественных материалов и др., – что обуславливает необходимость оценки времен выполнения этапов ресурсного планирования не детерминированными величинами, а нечеткими значениями в виде бета-распределения.

Материалы и методы

Следуя методологии, изложенной для реконструкции промышленных зданий и сооружений [12], можно классифицировать административные здания, включенные в план капитального ремонта и реконструкции:

- По степени сложности – на сложные, средней сложности и несложные:
 - сложные здания (административные здания, в которых приняты и используются нестандартные объемно-планировочные решения, с индивидуальными нетиповыми конструкциями. Кроме того, при производстве работ предполагается замена этих конструкций или усиление в достаточно стесненных условиях);
 - здания средней сложности (нетиповые административные здания, в которых предполагается повторение параметров всех габаритных схем. Здание имеет

как отдельные индивидуальные конструкции, так и типовые конструкции. Производство работ выполняется при относительно малой стесненности строительной площадки);

- несложные здания (достаточно типовые административные здания с обычными типовыми решениями по объемной планировке и малой плотностью окружающей застройки);
- По уровню внешней стесненности на:
 - не стесненные – при величине показателя $K_c \leq 37$;
 - стесненные – при величине показателя $37 < K_c \leq 63$;
 - сильно стесненные – при величине показателя $63 < K_c \leq 80$;
 - особо стесненные – при величине показателя $80 < K_c \leq 100$;

где показатель внешней стесненности K_c определяется на основании следующего соотношения:

$$K_c = \frac{S_2}{S_1} 100\%, \quad (1)$$

$$S_1 = S - (S_{11} + S_{12} + S_{13} + S_{14}), \quad (2)$$

$$S_2 = (S_{21} + S_{22} + S_{23} + S_{24}), \quad (3)$$

- где S – общая площадь территории, занимаемой административным зданием;
- S_1 – свободная площадь территории, занимаемой административным зданием;
 - S_2 – площадь, задействованная под временную инфраструктуру;
 - S_{11} – площадь застройки зданиями и сооружениями, имеющимися в зоне строительной площадки;
 - S_{12} – площадь под складскими помещениями и дорогами;
 - S_{13} – площадь территории надземных инженерных сооружений и сетей;
 - S_{14} – площадь зон вблизи объектов энергетического хозяйства и транспортных магистралей;
 - S_{21} – площадь складских помещений;
 - S_{22} – площадь временных строительных площадок, которые будут использоваться в период реконструкции и капитального ремонта;
 - S_{23} – площадь под бытовки для отдыха и проживания строителей;
 - S_{24} – площадь зон хранения и работы средств механизации и транспортно-строительных машин.

Шкала значений показателя K_c выражается в процентах. При вычислении показателя K_c предполагается, что в период до капитального ремонта и реконструкции была возможность свободного подъезда ко всем объектам на территории, занимаемой административным зданием;

- По степени механизации – на основании величины коэффициента механизации выполняемых строительно-монтажных работ K_M административные здания разбиваются на:

- слабо механизированные – при коэффициенте $K_M \leq 37$;
- механизированные – при коэффициенте $37 < K_M < 63$;
- комплексно-механизированные – при коэффициенте $K_M > 63$.

При этом значение коэффициента механизации равно:

$$K_M = \frac{C_2}{C} 100\%, \quad (4)$$

где C_1 – стоимость работ, которые реализуются с использованием транспортно-строительных машин (тыс. руб.), а C – общая сметная стоимость выполнения всех работ на объекте (тыс. руб.);

- По уровню индустриализации – на основании величины коэффициента индустриализации выполняемых строительно-монтажных работ K_{II} объекты разбиваются на:

- низкий уровень – при коэффициенте $K_{II} \leq 37$;
- средний уровень – при коэффициенте $37 < K_{II} \leq 63$;
- высокий уровень – при коэффициенте $K_{II} > 63$.

При этом значение коэффициента индустриализации равно:

$$K_{II} = \frac{C_2}{C} 100\%, \quad (5)$$

где C_2 – стоимость работ, которые реализуются на основе индустриальных методов (тыс. руб.), а C – общая сметная стоимость выполнения всех работ на объекте (тыс. руб.).

Авторами предложено при определении граничных значений показателей классификации использовать шкалу Харрингтона. Кроме того, для определения времен выполнения этапов работ ресурсного планирования предложено использовать бета-функцию, которая моделирует неопределенность времени выполнения этапа.

Результаты

Технология PERT [2; 16; 18], как одна из первых технологий ресурсного планирования, предполагала неоднозначность определения продолжительности отдельных этапов работ. Предполагалось формирование оценок времени в виде характеристик случайных величин с выбранной функцией распределения. При этом практически оценить распределение времени выполнения отдельных этапов проекта достаточно сложно. Для этого при одних и тех же условиях необходимо выполнить одну и ту же работу много раз. Затем статистическими методами можно оценить точность полученной оценки времени выполнения работы.

Более робастным представляется способ, когда из каких-либо соображений выбирается параметрическое распределение, а его параметры для каждой работы оцениваются на основе экспертной оценки. К выбору таких распределений имеется ряд априорных требований [3; 5]:

- время выполнения любой работы t_{ij} является положительной непрерывной случайной величиной в ограни-

ченном интервале $[t_{ij}^{\min}, t_{ij}^{\max}]$, а вне его функция распределения равна нулю;

- практический опыт наблюдения за работами показал, что эмпирическое распределение чаще всего описывается унимодальной несимметричной кривой с максимумом внутри интервала $[t_{ij}^{\min}, t_{ij}^{\max}]$.

Анализ фактического хронометража по различным видам строительных работ показал возможность использования бета-распределения [14]. Плотность нормированного (на интервале $[0, 1]$) бета-распределения определяется на основе соотношения [3]:

$$\beta \sim f(t) = \begin{cases} Ct^{p-1}(1-t)^{q-1}, & 0 \leq t \leq 1 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, \quad (6)$$

где $q > 0$ и $p > 0$ – параметры распределения, а C – нормирующий множитель.

Если говорить о форме кривой, то параметр p определяет форму левой части кривой, а q – правой. Варьируя ими, можно получать принципиально различные формы – как симметричные, так и несимметричные.

Среднее значение бета-распределения выражается на основе соотношения:

$$M\beta = \frac{p}{(p+q)}, \quad (7)$$

а для дисперсии справедливо выражение:

$$D\beta = p \left(\frac{q}{(p+q)^2(p+q+1)} \right). \quad (8)$$

Для общего случая, когда интервал времени выполнения работы произвольный $[a, b]$, характеристики распределения рассчитываются на основе стандартного линейного преобразования $t^* = a + (b - a)t$ по известным вероятностным формулам.

Обсуждение

Таким образом, можно сделать вывод, что при оценке таких величин, как степень сложности объекта, а также уровней стесненности, механизации и индустриализации работ на объекте, имеют место такие понятия, как сложный, легкий, сильно стесненный и другие подобные термины, которые не имеют четкой количественной оценки. Однако приведенные величины необходимы для оценки трудоемкости работ на объекте и, соответственно, финансовых затрат на их выполнение. В связи с этим для реализации механизмов ресурсного планирования капитального ремонта и реконструкции административных зданий

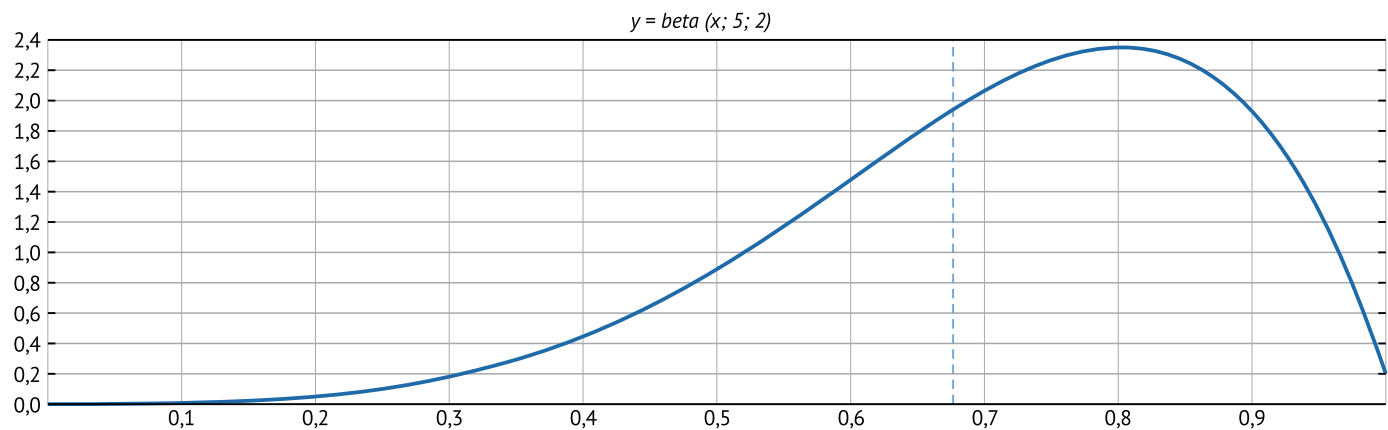


Рис. 2. Плотность бета-распределения
Fig. 2. Beta distribution density

в работе предлагается формализация понятий в виде нечетких множеств.

В нечеткой формализации предлагается выполнять оценки времен выполнения этапов ресурсного плана. Проведенный анализ также показал, что наиболее используемой при формализации времени выполнения этапа в методе PERT является бета-функция, которая имеет конкретные практические обоснования. Необходимо разработка программно-моделирующего комплекса для оценки времен завершения всего цикла проведения работ на объекте на основании задания нечетких условий выполнения работ на объекте и нечетких времен реализации этапов. В рамках проведенных исследований авторами разработан ряд программных приложений, которые реализованы в пакете MatLab [5] и позволяют выполнить расчет проекта в различных вариантах формализации времен выполнения этапов.

Аналогом бета-функции в пакете MatLab является П-образная функция, которая имеет синтаксис $y = pimf(x, [a, b, c, d])$. Кривая представляет сплайн. Параметры a и d определяют переходы функции в нулевое значение, параметры b и c задают переходы функции в единичное значение (рисунок 3).

Аналитическое представление П-образной функции является кусочно-функциональным и определяется по формуле:

$$f(x|\sigma, c) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2 & a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1-2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2 & \frac{a+b}{2} \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ 1-2\left(\frac{x-c}{d-c}\right)^2 & c \leq x \leq \frac{c+d}{2} \\ 2\left(\frac{x-a}{b-a}\right)^2 & \frac{c+d}{2} \leq x \leq d \\ 0 & d \leq x \end{cases}. \quad (9)$$

Для построения моделей ресурсных планов, которые параметризуются нечеткими числами, предлагается использовать обобщенную имитационную модель, которая задает структуру ресурсного плана в виде графа с вершинами, представляющими этапы работ. Перед моделированием необходимо проанализировать особенности проведения работ в условиях стесненной городской застройки, в местах расположения подземных коммуникаций, линий электропередачи, связи и т. д. В общем случае, вершинам соответствуют либо нечеткое время выполнения работ, либо нечеткий функционал преобразования ресурсов во

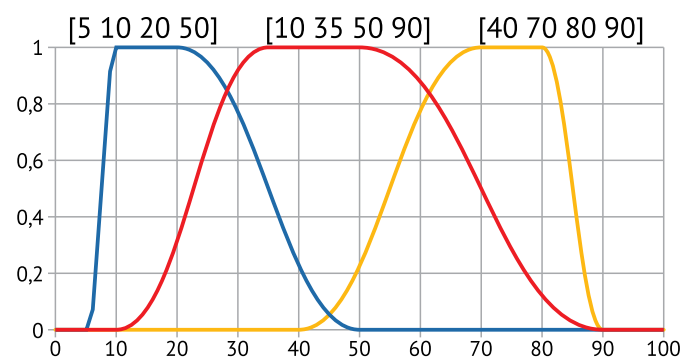


Рис. 3. П-образная функция принадлежности
Fig. 3. U-shaped membership function

времена выполнения этапов. Эта процедура предполагает задание соответствующих функций принадлежности либо нечеткого времени, либо нечеткого отношения «ресурсы–время». Такое представление позволяет гибко манипулировать ресурсами, получая прогнозы нечеткого времени реализации всего проекта в зависимости от перераспределения ресурсов.

Таким образом, предложенный подход к ресурсному планированию на основе нечетких множеств позволяет дать более адекватные оценки по времени реализации всего проекта, поскольку в качестве результата дается не грубая детерминированная оценка, а функция принадлежности с указанием уровня значимости каждого числового значения времени завершения проекта.

Заключение

В статье выполнен анализ и показана специфика строительно-монтажных работ при реконструкции и капитальном ремонте административных зданий. Сформированы количественные показатели объектов капитального ремонта и реконструкции по степени сложности объекта (сложные, средней сложности и несложные), по уровню внешней стесненности (не стесненные, стесненные, сильно стесненные, особо стесненные), по степени механизации (слабо механизированные, механизированные, комплексно-механизированные), по уровню индустриализации (низкий, средний, высокий). В результате проведенных исследований для времен выполнения этапов работ ресурсного планирования предлагается использовать аналог бета-функции, которая моделирует неопределенность выполнения этапа и имеет программную поддержку в пакете MatLab. В результате на основании параметризации графа ресурсного плана работ по капитальному ремонту и реконструкции административных зданий предложена программная модель расчета нечетких времен выполнения всего цикла работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александрова В. Ф. Технология и организация реконструкции зданий: учеб. пособие / В. Ф. Александрова, Ю. И. Пастухов, Т. А. Расина. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2011. – 208 с.
2. Ахьюджа, Х. Сетевые методы управления в проектировании и производстве / Х. Ахьюджа. – Москва: Мир, 1979. – 641 с.
3. Вадзинский, Р. Н. Справочник по вероятностным распределениям / Р. Н. Вадзинский. – Санкт-Петербург: Наука, 2001. – 295 с.
4. Дикман, Л. Г. Организация строительного производства: учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. – Москва: АСВ, 2006. – 608 с.
5. Дьяконов, В. П. MATLAB. Полный самоучитель / В. П. Дьяконов. – Москва: ДМК пресс, 2013. – 770 с.

6. Емельянов, Д. И. Решение задачи планирования сложных производственных процессов на предприятии на основе методов сетевого планирования / Д. И. Емельянов, Н. А. Понявина, Е. А. Чеснокова // Известия высших учебных заведений. Серия: Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 5 (371). – С. 28–32.
7. Решение задач организационно-технологического моделирования строительных процессов / Е. А. Король, С. В. Комиссаров, П. Б. Коган, С. Г. Арутюнов // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. – № 3. – С. 43–45.
8. Мищенко, В. Я. Методы решения задач календарного планирования на основе композиционных матрично-сетевых моделей / В. Я. Мищенко, Д. И. Емельянов // Известия высших учебных заведений. Серия: Строительство. – 2002. – № 5

(521). – С. 58–63.

9. Мищенко, В. Я. Оптимизация календарного плана строительного производства на основе пространственно-технологических связей / В. Я. Мищенко, М. А. Преображенский, М. Г. Добросоцких // Безопасность критических инфраструктур и территорий. Проблемы безопасности строительных критических инфраструктур / Сборник статей VIII Всероссийской научно-технической конференции SAFETY–2018, 4–5 октября, Екатеринбург. – Екатеринбург, 2018. – С. 164–172.
10. Москвина, Ю. Н. Автоматизация календарного планирования строительства жилых комплексов / Ю. Н. Москвина, А. Н. Жвакин // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития. – Новосибирск: Центр развития научного сотрудничества, 2014. – № 6. – С. 126–130.
11. Олейник, П. П. Организация строительного производства / П. П. Олейник. – Москва: АСВ, 2010. – 572 с.
12. Организация строительного производства при реконструкции производственных зданий и сооружений: Методические рекомендации / П. П. Олейник, В. И. Бродский, Б. Ф. Жадановский, Т. К. Кузьмина, В. А. Шитникова; ЦНИОМТП – МГСУ // Мистрой России; Росстандарт. – Москва, 2018. – 298 с.
13. Внедрение bim-технологий как основной путь совершенствования строительной отрасли / Н. А. Понявина, М. Е. Попова, К. А. Андреева, А. В. Мищенко // Строительство и недвижимость. – 2020. – № 3 (7). – С. 115–119.
14. Понявина, Н. А. Методика рационального распределения исполнителей при выполнении комплекса работ по воспроизводству объектов недвижимости с учетом изменения уровня

REFERENCES

1. Alexandrova, V. F. Tekhnologiya i organizatsiya rekonstruktsii zdaniy: ucheb. Posobie [Technology and organization of reconstruction of buildings: studies. Manual] / V. F. Alexandrova, Yu. I. Pastukhov, T. A. Rasina. – St. Petersburg: SPbGASU, 2011. – 208 p.
2. Ahyudzha, H. Setevye metody upravleniya v proektirovanii i proizvodstve [Network management methods in design and production] / H. Ahyudzha. – Moscow: Mir, 1979. – 641p.
3. Vadzinsky, R. N. Spravochnik po veroyatnostnym raspredeleniyam [Handbook of probability distributions] / R. N. Vadzinsky. – St. Petersburg: Nauka, 2001. – 295 p.
4. Dikman, L. G. Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva: uchebnik dlya stroitel'nykh vuzov [Organization of construction production: textbook for construction universities] / L. G. Dikman. – Moscow: ASV, 2006. – 608 p.
5. Deakonov, V. P. MATLAB. Polnyj samouchitel' [Organization of construction production: textbook for construction universities] / V. P. Deakonov. – Moscow: DMK press, 2013. – 770 p.
6. Emelyanov, D. I. Reshenie zadachi planirovaniya slozhnykh proizvodstvennykh protsessov na predpriyatii na osnove metodov setevogo planirovaniya [Solving the problem of planning complex production processes at an enterprise based on network planning methods] / D. I. Emelyanov, N. A. Ponyavina, E. A. Chesnokova // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Seriya: Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti [News of higher educational institutions. Series: Textile Industry Technology]. – 2017. – № 5 (371). – P. 28–32.
7. Reshenie zadach organizatsionno-tekhnologicheskogo modelirovaniya stroitel'nykh protsessov [The Solution of problems of organizational and technological simulation of construction processes] / E. A. King, S. V. Commissioners, P. B. Cohen, S. G. Arutyunov // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2011. – № 3. – P. 43–45.
8. Mishchenko, V. Y. Metody resheniya zadach kalendarного planirovaniya na osnove kompozitsionnykh matrichno-setevykh modelej [Methods of solving calendar planning problems based on composite matrix-network models] / V. Y. Mishchenko, D. I. Yemelyanov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij.

трудовых потенциалов бригад / Н. А. Понявина, Д. И. Емельянов, Е. А. Чеснокова // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2017. – № 3 (72). – С. 59–67. – URL: <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2017-21-3-59-67>.

15. Худоев, Ф. М. Применение технологии календарного планирования в строительстве и особенности разработки графика строительства отдельного объекта / Ф. М. Худоев, А. В. Дзюба // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. – Комсомольск-на-Амуре: КНАГУ, 2018. – С. 360–363.
16. Battersby, A. Network Analysis for Planning and Scheduling / A. Battersby. – London: Wiliam Clowes and Sons, 1970. – 332 p.
17. Dependence of money and time in construction / I. A. Klovov, A. A. Stukalin, I. A. Polushkina, K. A. Andreeva // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений / Сборник научных трудов 2-й Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 20 ноября 2020 г. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 8–10.
18. Herrerias-Velasco, J. M. Revisiting the PERT mean and variance / J. M. Herrerias-Velasco, R. Herrerias-Pleguezuelo, J. Rene van Dorp // European Journal of Operational Research. – 2011. – Vol. 210, iss. 2. – P. 448–451. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.08.014>.
19. Skibniewski, M. J. Mobile and Pervasive Computing in Construction / M. J. Skibniewski // Construction Management and Economics. – 2014. – Vol. 32. – P. 1148–1150.

Seriya: Stroitel'stvo [Izvestiya vyshevykh uchebnykh uchebnykh zavedeniy. Series: Construction]. – 2002. – № 5 (521). – P. 58–63.

9. Mishchenko, V. Ya. Optimizatsiya kalendarного plana stroitel'nogo proizvodstva na osnove prostranstvenno-tekhnologicheskikh svyazey [Optimization of the construction production schedule based on spatial and technological connections] / V. Ya. Mishchenko, M. A. Preobrazhensky, M. G. Dobrosotskikh // Bezopasnost' kritichnykh infrastruktur i territorij. Problemy bezopasnosti stroitel'nykh kritichnykh infrastruktur [Safety of critical infrastructures and territories. Problems of safety of construction critical infrastructures] / Sbornik statej VIII Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii [Collection of articles of the VIII All-Russian Scientific and Technical Conference SAFETY-2018, October 4–5, Yekaterinburg]. – Yekaterinburg, 2018. – P. 164–172.
10. Moskvina, Y. N. Avtomatizatsiya kalendarного planirovaniya stroitel'stva zhilykh kompleksov [Automation of calendar planning of construction of residential complexes] / Y. N. Moskvina, A. N. Zhvakin // Infrastrukturnye otrasli ehkonomiki: problemy i perspektivy razvitiya [Infrastructural branches of economy: problems and prospects of development]. – Novosibirsk: Tsentrazvitiya nauchnogo sotrudnichestva [Center for the Development of Scientific Cooperation], 2014. – № 6. – P. 126–130.
11. Oleinik, P. P. Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Organization of construction production] / P. P. Oleinik. – Moscow: ASV, 2010. – 572 p.
12. Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva pri rekonstrukcii proizvodstvennykh zdaniy i sooruzhenij. Metodicheskie rekomendatsii [Organization of construction production during the reconstruction of industrial buildings and structures: Methodological recommendations] / P. P. Oleinik, V. I. Brodskiy, B. F. Zhadanovskiy, T. K. Kuzmina, V. A. Shchitnikova; TSNIOMTP – MGSU // Mistrof of Russia; Rosstandart. – Moscow, 2018. – 298 p.
13. Vnedrenie bim-tekhnologij kak osnovnoj put' sovershenstvovaniya stroitel'noj otrasli [Introduction of BIM technologies as the main way to improve the construction industry] / N. A. Ponyavina, M. E. Popova, K. A. Andreeva, A. V. Mishchenko //

Stroitel'stvo i nedvizhimost' [Construction and real estate]. – 2020. – № 3 (7). – P. 115–119.

14. Ponyavina, N. A. Metodika ratsional'nogo raspredeleniya ispolnitelej pri vypolnenii kompleksa rabot po vosproizvodstvu ob'ektov nedvizhimosti s uchetom izmeneniya urovnya trudovykh potentsialov brigad [Methodology of rational distribution of performers when performing a complex of works on reproduction of real estate objects taking into account changes in the level of labor potentials of teams] / N. A. Ponyavina, D. I. Emelyanov, E. A. Chesnokova // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta [Proceedings of the South-western State University]. – 2017. – № 3 (72). – P. 59–67. – URL: <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2017-21-3-59-67>.
15. Khudoiev, F. M. Primenenie tekhnologii kalendarnogo planirovaniya v stroitel'stve i osobennosti razrabotki grafika stroitel'stva otel'nogo ob'ekta [Application of calendar planning technology in construction and features of the development of a schedule for the construction of a separate object] / F. M. Khudoiev, A.V. Dzyuba // Regional'nye aspekty razvitiya nauki i obrazovaniya v oblasti arkhitektury, stroitel'stva, zemleustrojstva i kadastrov v nachale III tysyacheletiya [Regional aspects of the development of science and education in the field of architecture, construction, land management and cadastre at the beginning of the III millennium]. – Komsomolsk-on-Amur : KNAU, 2018. – P. 360–363.
16. Battersby, A. Network Analysis for Planning and Scheduling / A. Battersby. – London : Wiliam Clowes and Sons, 1970. – 332 p.
17. Dependence of money and time in construction / I. A. Klovov, A. A. Stukalin, I. A. Polushkina, K. A. Andreeva // Innovatsionnye metody proektirovaniya stroitel'nykh konstruksij zdanij i sooruzhenij [Innovative methods of designing building structures of buildings and structures] / Sbornik nauchnykh trudov 2-j Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kursk, 20 noyabrya 2020 g. [Collection of scientific papers of the 2nd All-Russian Scientific and Practical Conference, Kursk, November 20, 2020]. – Kursk : Yugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet [Southwest State University], 2020. – P. 8–10.
18. Herrerias-Velasco, J. M. Revisiting the PERT mean and variance / J. M. Herrerias-Velasco, R. Herrerias-Pleguezuelo, J. Rene van Dorp // European Journal of Operational Research. – 2011. – Vol. 210, iss. 2. – P. 448–451. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.08.014>.
19. Skibniewski, M. J. Mobile and Pervasive Computing in Construction / M. J. Skibniewski // Construction Management and Economics. – 2014. – Vol. 32. – P. 1148–1150.

УДК 69.059

DOI: 10.54950/26585340_2022_4_58

Классификация и определение типов многоквартирных домов, подлежащих капитальному ремонту

Classification and Definition of Types of Multi-Apartment Residential Houses Subject to Overhaul

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, the 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

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 Organization 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

Кормухин Серафим Андреевич

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

Kormukhin Serafim Andreevich

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, s.kormukhin@yandex.ru

Билонда Трегубова Елен

Студент магистратуры, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, lena.tregubova.99@inbox.ru

Bilonda Tregubova Elen

Master's degree student, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, lena.tregubova.99@inbox.ru

Аннотация. Данная работа направлена на проведение классификации и разработку перечня типов многоквартирных домов, подлежащих капитальному ремонту, вариантов конструктивных элементов и инженерных систем в разрезе каждого типа дома и критериев определения типов домов.

Цель: проведение классификации и определение типов 100 % многоквартирных домов, включенных в региональные программы капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов, в автоматизированной информационной системе «Реформа ЖКХ» 2.0 для разработки перечня типов многоквартирных домов, подлежащих капитальному ремонту.

Методы: в процессе работы над данным исследованием применены методы сбора статистических данных и экспертной оценки.

Abstract. This work is aimed at classifying and developing a list of types of apartment buildings subject to major repairs, variants of structural elements and engineering systems in the context of each type of house and criteria for determining the types of houses.

Objective: to classify and define types 100 % of apartment buildings included in the regional programs of capital repairs of the common property of apartment buildings in the automated information system «Housing and Communal Services Reform» 2.0, to develop a list of types of apartment buildings subject to major repairs.

Methods: in the process of working on this study, methods of statistical data collection and expert evaluation were applied.

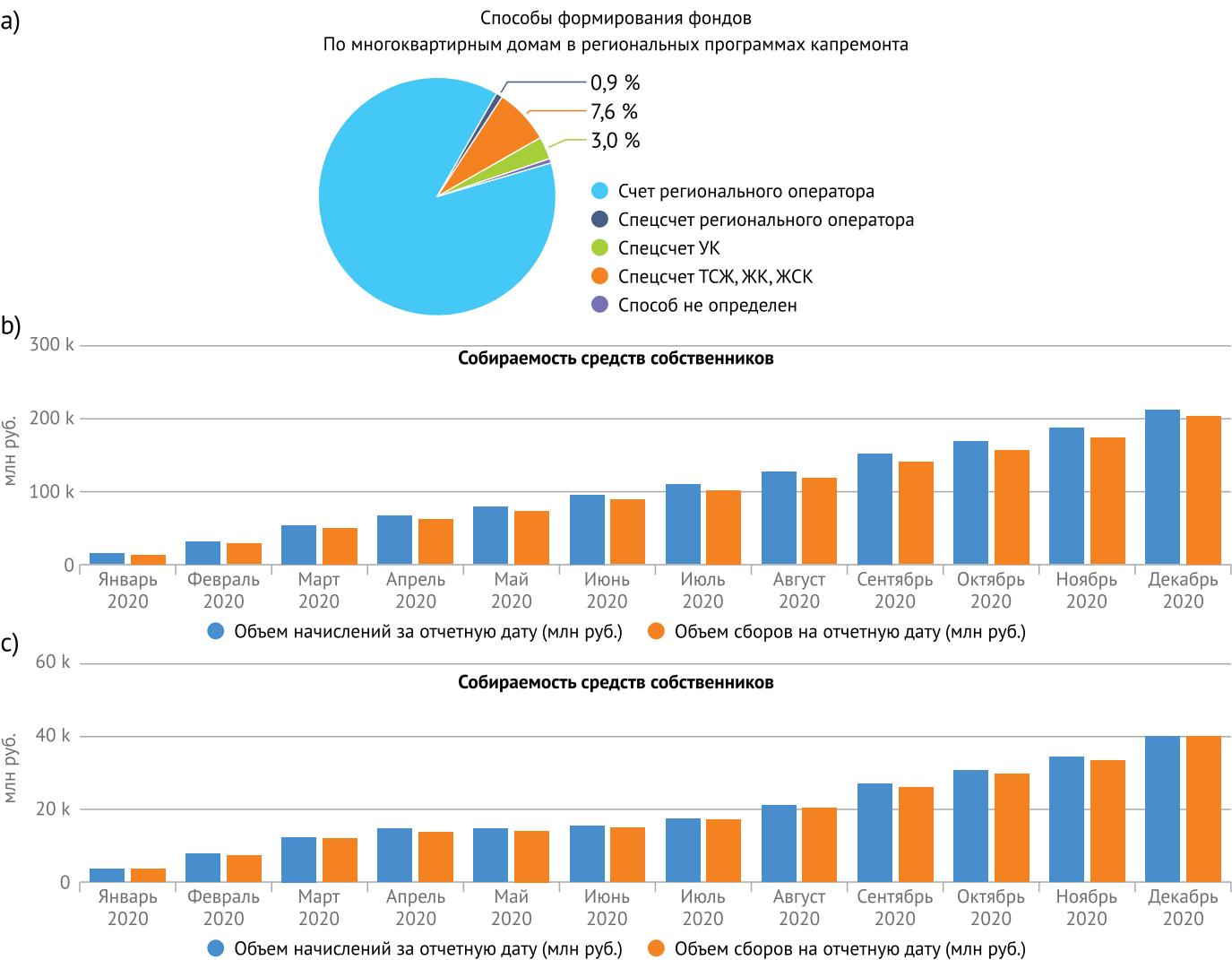


Рис. 1. а) Способы формирования фондов капитального ремонта; б) мониторинг собираемости средств собственников на 2020 г. в России; в) мониторинг собираемости средств собственников на 2020 г. в городе Москве

Fig. 1. a) Methods of forming overhaul funds; б) monitoring of the collection of owners' funds for 2020 in Russia; в) monitoring of the collection of owners' funds for 2020 in the city of Moscow

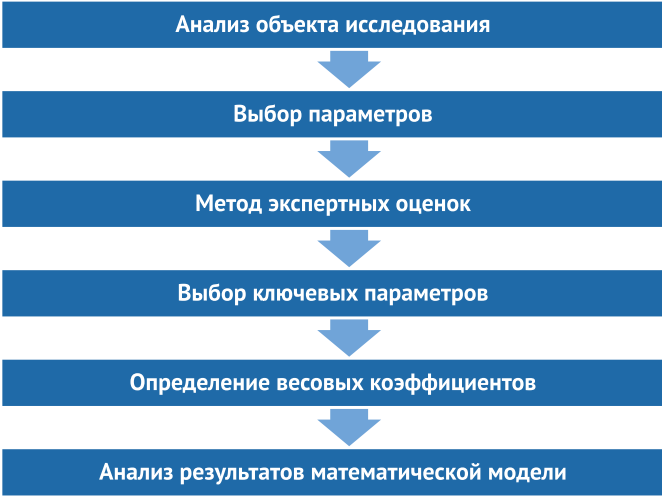


Рис. 2. Блок-схема алгоритма определения параметров [4]
Fig. 2. Block diagram of the algorithm for determining parameters [4]

Введение

В последнее время проблемы осуществления капитального ремонта многоквартирных домов (далее МКД) являются весьма актуальными по причине необходимости обеспечения надежности и безопасности МКД. Более 720 тысяч многоквартирных домов общей стоимостью 197 052,32 млн руб. (рисунок 1) нуждаются в реализации региональных программ капитального ремонта. Для успешной и качественной их реализации необходимо разработать перечень типов многоквартирных домов, подлежащих капитальному ремонту.

В рамках исследований на I этапе решаются следующие задачи:

- 1) проведение классификации и определение типов не менее 95 % МКД, включенных в региональные программы капитального ремонта общего имущества МКД, по которым имеются данные, необходимые для классификации и определения типов в автоматизированной информационной системе «Реформа ЖКХ» 2.0;
- 2) формирование типов многоквартирных домов и вариантов конструктивных элементов и инженерных

Наименование критерия	Маркировка (шифр) критерия
Наибольшее количество этажей	N
Тип фундамента	F
Наличие подвала	B
Тип несущих стен	K
Тип крыши	R
Количество лифтов	L
Тип системы электроснабжения	E
Тип системы теплоснабжения	H
Тип системы горячего водоснабжения	HW
Тип системы холодного водоснабжения	CW
Тип системы водоотведения	S
Тип системы газоснабжения	G
Тип системы вентиляции	V
Тип системы пожаротушения	O
Тип системы водостока	D

Табл. 1. Критерии типизации многоквартирных домов
Tab.1. Criteria for typing multi-apartment residential houses

систем в разрезе каждого типа дома;

3) определение критерия отнесения к каждому типу дома.

На II этапе решаются следующие задачи:

- 1) определение количества домов, у которых отсутствует один и более критериев для формирования типов МКД;
- 2) разбивка критериев на следующие дополнительные критерии: наибольшее количество этажей; тип фундамента; наличие подвала; тип фасада; тип крыши; количество лифтов; тип системы электроснабжения; тип системы теплоснабжения; тип системы горячего водоснабжения; тип системы холодного водоснабжения; тип системы водоотведения; тип системы газоснабжения; тип системы вентиляции; тип системы пожаротушения; тип системы водостока;
- 3) классификация и определение типов МКД по полноте данных для типизации.

Материалы и методы

Для выбора и оценки значимости критериев для определения потребности в проведении капитального ремонта в многоквартирных домах в данной работе применяется метод экспертных оценок. Алгоритм проведения данного метода представлен на рисунке 2 [4–5].

На основании данного метода были сформулированы ключевые критерии, выражающиеся в виде конструктивных элементов и инженерных сетей.

На I этапе исследования проведен анализ 100 % МКД, включенных в региональные программы капитального ремонта общего имущества МКД, полученных из автоматизированной информационной системы «Реформа ЖКХ» 2.0.

Учитывая характер данных, представленных из автоматизированной информационной системы «Реформа ЖКХ» 2.0, предложено принять в качестве критериев типизации МКД сведения о конструктивных элементах и инженерных системах.

С целью классификации и формирования перечня ти-

№ п/п	Количество отсутствующих критериев	Количество МКД, шт.
1	0	23688
2	1	328086
3	2	95458
4	3	19412
5	4	6496
6	5	5517
7	6	29648
8	7	13922
9	8	6434
10	9	3095
11	10	2298
12	11	2433
13	12	11160
14	13	13860
15	14	16908
16	15	143834
	Всего	722249

Табл. 2. Классификация и определение типов многоквартирных домов по полноте данных
Tab. 2. Classification and definition of types of multi-apartment residential houses by completeness of data

№ п/п	Наименование критерия	Маркировка (шифр) критерия	Наименование дополнительного критерия		Количество МКД, шт.
1	Наибольшее количество этажей	N	N1	Дома, имеющие от 1 до 2 этажей	162906
			N2	Дома, имеющие от 3 до 4 этажей	95512
			N3	Дома, имеющие 5 этажей	182456
			N4	Дома, имеющие от 6 до 8 этажей	12603
			N5	Дома, имеющие 9 этажей	56119
			N6	Дома, имеющие более 9 этажей	51987
			N0	Нет данных	160666
ВСЕГО					722249
2	Тип фундамента	F	F1	Ленточный фундамент	294961
			F2	Столбчатый фундамент	56358
			F3	Свайный фундамент	59379
			F0	Нет данных	311551
ВСЕГО					722249
3	Наличие подвала	B	B1	Имеется	353765
			B2	Отсутствует	368484
ВСЕГО					722249
4	Тип несущих стен	K	K1	Деревянные	22652
			K2	Кирпичные	303286
			K3	Бетонные	202661
			K0	Нет данных	193650
ВСЕГО					722249
5	Тип кровли	R	R1	Из асбестоцементных листов (шиферная)	166031
			R2	Из металлических листов	72461
			R3	Из рулонных материалов	210009
			R0	Нет данных	273748
ВСЕГО					722249
6	Количество лифтов	L	L1	Отсутствует	410717
			L2	1–4 лифта	87370
			L3	5 и более лифтов	31187
			L0	Нет данных	192975
ВСЕГО					722249
7	Тип системы электроснабжения	E	E1	Центральное	526863
			E2	Комбинированное	1088
			E3	Отсутствует	1234
			E0	Нет данных	193064
ВСЕГО					722249
8	Тип системы теплоснабжения	H	H1	Центральная	473319
			H2	Автономная	39662
			H0	Нет данных, отсутствует	209268
ВСЕГО					722249
9	Тип системы горячего водоснабжения	HW	HW1	Автономная котельная	10848
			HW2	Закрытая с приготовлением горячей воды на ИТП	5913
			HW3	Закрытая с приготовлением горячей воды на ЦТП	147551
			HW4	Квартирный котел	53129
			HW5	Открытая с отбором сетевой воды на горячее водоснабжение из тепловой сети	168370
			HW6	Отсутствует	139851
			HW7	Печная	108
ВСЕГО					196479
10	Тип системы холодного водоснабжения	CW	CW1	Центральная	519858
			CW2	Автономная	1530
			CW3	Отсутствует	9797
			CW0	Нет данных	191064
ВСЕГО					722249
11	Тип системы водоотведения	S	S1	Центральная	497165
			S2	Автономная	15732
			S3	Отсутствует	13801
			S0	Нет данных	195551
ВСЕГО					722249
12	Тип системы газоснабжения	G	G1	Центральная	362281
			G2	Автономная	21567
			G3	Отсутствует	156381
			G0	Нет данных	182020
ВСЕГО					722249
13	Тип системы вентиляции	V	V1	Вытяжная	191888
			V2	Приточная	41755
			V3	Отсутствует	211116
			V4	Приточно-вытяжная	24243
			V0	Нет данных	253247
ВСЕГО					722249
14	Тип системы пожаротушения	Q	Q1	Автоматическая	13570
			Q2	Пожарные гидранты	63148
			Q3	Отсутствует	372532
			Q4	Пожарный кран	16571
			Q0	Нет данных	256428
ВСЕГО					722249
15	Тип системы водостока	D	D1	Система внутреннего водостока	150909
			D2	Система наружного водостока	197694
			D3	Отсутствует	113307
			D4	Смешанная	6803
			D0	Нет данных	253536
ВСЕГО					722249

Табл. 3. Классификация и определение типов многоквартирных домов с учетом вариантов конструктивных элементов, инженерных систем и полноты данных
Tab. 3. Classification and definition of types of multi-apartment residential houses taking into account variants of structural elements, engineering systems and completeness of data

пов многоквартирных домов, вариантов конструктивных элементов и инженерных систем в разрезе каждого типа дома приняты критерии, характеризующие многоквартирные дома, варианты конструктивных элементов и инженерных систем, представленные в таблице 1.

На следующем этапе классификации и определения типов МКД определено количество домов, у которых, согласно данным программы «Реформа ЖКХ» 2.0, один и более критериев отсутствуют на платформе – результаты данного расчета представлены в таблице 2.

Далее, проведя второй этап анализа данных, полученных из Реформы ЖКХ 2.0, критерий «наибольшее количество этажей» (N) разбит на следующие дополнительные критерии по этажности:

- дома, имеющие от 1 до 2 этажей,
- дома, имеющие от 3 до 4 этажей,
- дома, имеющие 5 этажей,
- дома, имеющие от 6 до 8 этажей,
- дома, имеющие 9 этажей,
- дома, имеющие более 9 этажей,
- нет данных.

Такой принцип разбивки основан на преобладающем количестве домов с характеристиками «этажность». Аналогично выполнена классификация и определение типов МКД с учетом вариантов конструктивных элементов и инженерных систем дома – результаты представлены в таблице 3.

Примечание:

1. При классификации и определении типов МКД по типу фундамента группа F2, обозначающая столбчатый тип фундамента, составлена из следующих типов: бетонные столбы, столбчатые и сборные фундаменты. В группу F0, обозначающую типы фундаментов, по которым нет данных, внесены следующие типы: комбинированный, сплошной и иной.

2. При классификации МКД по типу крыши был учтен только материал покрытия, исходя из того, что разделение на скатные и плоские крыши является не целесообразным.

2.1. Количество скатных крыш, выполненных из асбестоцементных листов (шиферные), равно 163852 шт. Количество плоских крыш, выполненных из того же материала, равно 2179 шт., что составляет меньше 1,5 % от общего числа крыш данного типа.

2.2. Количество скатных крыш, выполненных из металлических листов, равно 70431 шт. Количество плоских крыш, выполненных из того же материала, равно 2030 шт., что составляет меньше 3,0 % от общего числа крыш данного типа.

Количество отсутствующих критериев	Количество МКД, шт.	Примечание
0	428759	Все данные имеются
1	117778	Отсутствует 1 из 3 параметров
2	16850	Отсутствуют 2 из 3 параметров
3	158862	Отсутствуют 3 из 3 параметров
ВСЕГО	722249	

Табл. 4. Классификация и определение типов многоквартирных домов по полноте данных для типизации
Tab. 4. Classification and definition of types of multi-apartment residential houses by completeness of data for typing

2.3. Количество скатных крыш, выполненных из рулонных материалов, равно 9229 шт. Количество плоских крыш, выполненных из того же материала, равно 200780 шт., что составляет меньше 5,0 % от общего числа крыш данного типа.

3. При классификации и определении типов МКД по типу фасада группы были выбраны в соответствии имеющимися данными о материале несущих стен здания и типе фасада. Группа K2, обозначающая кирпичные конструкции, включает в себя здания с кирпичными стенами, здания с окрашенным или оштукатуренным фасадом. Группа K3, обозначающая сборные бетонные конструкции, была составлена из зданий, имеющих панельные, керамзитобетонные, шлакобетонные, блочные или сборные железобетонные несущие стены, а также из зданий с

Тип МКД	Шифр	Количество МКД, шт.
1	N3.K3.R3	52310
2	N1.K2.R1	51373
3	N3.K2.R3	39595
4	N2.K2.R1	31622
5	N6.K3.R3	27552
6	N5.K3.R3	27346
7	N3.K2.R1	25653
8	N3.K3.R1	17335
9	N2.K2.R2	17046
10	N5.K2.R3	16916
11	N3.K2.R2	14319
12	N1.K2.R2	13719
13	N1.K3.R1	12214
14	N1.K1.R1	12074
15	N6.K2.R3	12023
16	N2.K2.R3	7866
17	N2.K3.R1	7216
18	N2.K3.R3	7203
19	N3.K3.R2	4941
20	N1.K2.R3	4895
21	N4.K2.R2	4271
22	N2.K3.R2	4007
23	N1.K3.R2	2841
24	N4.K2.R3	2770
25	N1.K1.R2	2555
26	N1.K3.R3	2238
27	N4.K3.R3	1757
28	N6.K2.R2	827
29	N5.K2.R2	758
30	N6.K3.R2	735
31	N4.K3.R2	682
32	N5.K3.R2	604
33	N4.K2.R1	451
34	N5.K3.R1	174
35	N4.K3.R1	169
36	N5.K2.R1	152
37	N1.K1.R3	136
38	N6.K3.R1	111
39	N6.K2.R1	94
40	N2.K1.R1	82
41	N2.K1.R2	81
42	N3.K1.R1	12
43	N3.K1.R2	11
44	N3.K1.R3	8
45	N2.K1.R3	5
46	N4.K1.R2	5
47	N4.K1.R1	2
48	N5.K1.R3	1
49	N6.K1.R2	1
50	N6.K1.R3	1
	ВСЕГО	428759

Табл. 5. Классификация и определение 50 типов многоквартирных домов
Tab. 5. Classification and definition of 50 types of multi-apartment residential houses

фасадами, облицованными плиткой или камнем. В группу K0, обозначающую типы несущих конструкций, по которым нет данных, были внесены следующие типы: иные, смешанные.

4. При классификации и определении типов МКД по типу системы теплоснабжения группа H1, обозначающая центральную систему теплоснабжения, составлена из следующих типов: центральная, индивидуальный тепловой пункт. При классификации МКД по типу системы теплоснабжения группа H2, обозначающая автономную систему теплоснабжения, составлена из следующих типов: автономная, квартирное отопление, газовая колонка, электроотопление. В группу H0, обозначающую типы несущих конструкций, по которым нет данных, внесены следующие типы: нет данных, отсутствует.

На основе анализа данных определено суммарное количество МКД, имеющих полные данные, с учетом принятых для типизации критериев – 428759 домов, что составляет 59,3 % от общего числа МКД, включенных в региональные программы капитального ремонта общего имущества (722249 домов).

Кроме этого, определено количество МКД, имеющих неполные (отсутствует один и более критериев) исходные данные, – результаты представлены в таблице 4.

Результаты

В результате данного исследования сформированы 50 типов МКД с учетом вариантов конструктивных элементов в разрезе каждого типа дома – таблица 5.

Ввиду малого количества МКД определенных типов, типы МКД с количеством домов 4200 и менее исключены из типизации (таблица 4). При этом количество типов МКД сократилось с 50 до 21 (таблица 6). Таким образом, в результате типизации сформирован основной 21 тип МКД (таблица 6), что составляет 95,04 % от общего количества МКД, имеющих полные данные для типизации (таблица 4).

Расшифровка маркировки основных типов многоквартирных домов:

- Тип 1:
 - N3 – дом, имеющий 5 этажей;
 - K3 – стены выполнены бетонными;
 - R3 – крыша выполнена из рулонных материалов;
- Тип 2:
 - N1 – дом, имеющий от 1 до 2 этажей;
 - K2 – стены выполнены из кирпичной кладки;
 - R1 –крыша выполнена из асбестоцементных листов (шиферная);
- Тип 3:
 - N3 – дом, имеющий 5 этажей;
 - K2 – стены выполнены из кирпичной кладки;
 - R3 – крыша выполнена из рулонных материалов;
- Тип 4:
 - N2 – дом, имеющий от 3 до 4 этажей;
 - K2 – стены выполнены из кирпичной кладки;
 - R1 –крыша выполнена из асбестоцементных листов (шиферная);
- Тип 5:
 - N6 – дом, имеющий более 9 этажей;
 - K3 – стены выполнены бетонными;

- R3 – крыша выполнена из рулонных материалов;
- Тип 6:
 - N5 – дом, имеющий 9 этажей;
 - K3 – стены выполнены бетонными;
 - R3 – крыша выполнена из рулонных материалов;
 - Тип 7:
 - N3 – дом, имеющий 5 этажей;
 - K2 – стены выполнены из кирпичной кладки;
 - R1 – крыша выполнена из асбестоцементных листов (шиферная);
 - Тип 8:
 - N3 – дом, имеющий 5 этажей;
 - K3 – стены выполнены бетонными;
 - R1 – крыша выполнена из асбестоцементных листов (шиферная);
 - Тип 9:
 - N5 – дом, имеющий 9 этажей;
 - K2 – стены выполнены из кирпичной кладки;
 - R3 – крыша выполнена из рулонных материалов;
 - Тип 10:
 - N5 – дом, имеющий 9 этажей;
 - K2 – стены выполнены из кирпичной кладки;
 - R3 – крыша выполнена из рулонных материалов;
 - Тип 11:
 - N3 – дом, имеющий 5 этажей;
 - K2 – стены выполнены из кирпичной кладки;
 - R2 – крыша выполнена из металлических листов;
 - Тип 12:
 - N1 – дом имеет от 1 до 2 этажей;
 - K2 – стены выполнены из кирпичной кладки;
 - R2 – крыша выполнена из металлических листов;
 - Тип 13:
 - N1 – дом, имеющий от 1 до 2 этажей;
 - K3 – стены выполнены бетонными;
 - R1 – крыша выполнена из асбестоцементных листов (шиферная);
 - Тип 14:
 - N1 – дом, имеющий от 1 до 2 этажей;
 - K1 – стены выполнены деревянными;
 - R1 – крыша выполнена из асбестоцементных листов (шиферная);
 - Тип 15:
 - N6 – дом, имеющий более 9 этажей;
 - K2 – стены выполнены из кирпичной кладки;
 - R3 – крыша выполнена из рулонных материалов;
 - Тип 16:
 - N2 – дом, имеющий от 3 до 4 этажей;
 - K2 – стены выполнены из кирпичной кладки;
 - R3 – крыша выполнена из рулонных материалов;
 - Тип 17:
 - N2 – дом, имеющий от 3 до 4 этажей;
 - K3 – стены выполнены бетонными;
 - R1 – крыша выполнена из асбестоцементных листов (шиферная);

Тип МКД	Шифр	Количество МКД, шт.
Тип 1	N3.K3.R3	52310
Тип 2	N1.K2.R1	51373
Тип 3	N3.K2.R3	39595
Тип 4	N2.K2.R1	31622
Тип 5	N6.K3.R3	27552
Тип 6	N5.K3.R3	27346
Тип 7	N3.K2.R1	25653
Тип 8	N3.K3.R1	17335
Тип 9	N2.K2.R2	17046
Тип 10	N5.K2.R3	16916
Тип 11	N3.K2.R2	14319
Тип 12	N1.K2.R2	13719
Тип 13	N1.K3.R1	12214
Тип 14	N1.K1.R1	12074
Тип 15	N6.K2.R3	12023
Тип 16	N2.K2.R3	7866
Тип 17	N2.K3.R1	7216
Тип 18	N2.K3.R3	7203
Тип 19	N3.K3.R2	4941
Тип 20	N1.K2.R3	4895
Тип 21	N4.K2.R2	4271
ВСЕГО		407489

Табл. 6. Основные типы МКД с учетом вариантов конструктивных элементов, инженерных систем и полноты данных

Tab. 6. The main types of multi-apartment residential houses, taking into account the variants of structural elements, engineering systems and completeness of data

18. Тип 18:
- N2 – дом, имеющий от 3 до 4 этажей;
 - K3 – стены выполнены бетонными;
 - R3 – крыша выполнена из рулонных материалов;
19. Тип 19:
- N3 – дом, имеющий 5 этажей;
 - K3 – стены выполнены бетонными;
 - R2 – крыша выполнена из металлических листов;
20. Тип 20:

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лapidус, А. А. Анализ недостатков нормативно-технической и законодательной базы проектирования капитального ремонта жилых зданий / А. А. Лapidус, Е. Билонда Трегубова, В. А. Комаров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 7. – P. 218–224.

2. Fatullaev, R. S. Organizational and Technological Methods for Unscheduled Repair Works / R. S. Fatullaev // Components of Scientific and Technological Progress / Materials of the IX International Scientific Practical Conferene «The Role of Science in the Development of Society (Advanced Technology, Life Sciences)». – 2017. – № 3 (33) – P. 13–18.

3. Ганзен, Е. В. Актуальные вопросы организации работ по капитальному ремонту и реконструкции общественных зданий / Е. В. Ганзен, А. А. Лapidус // Строительное производство. – 2020. – № 4. – С. 44–55.

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

5. Выбор организационно-технологических решений при введении объектов городской среды с использованием метода экспертных оценок / С. И. Экба, Г. Г. Хубулов, М. О. Сигаев, М. М. Складаров // Строительное производство. – 2022. – № 2. –

REFERENCES

1. Analiz nedostatkov normativno-tekhnicheskoy i zakonodatel'noj bazy proektirovaniya kapital'nogo remonta

- N1 – дом, имеющий от 1 до 2 этажей;
- K2 – стены выполнены из кирпичной кладки;
- R3 – крыша выполнена из рулонных материалов;

21. Тип 21:

- N4 – дом, имеющий от 6 до 8 этажей;
- K2 – стены выполнены из кирпичной кладки;
- R2 – крыша выполнена из металлических листов.

Заключение

В результате проделанной работы сформулированы следующие выводы:

1. Проведена классификация и определение типов 100 % МКД, включенных в региональные программы капитального ремонта общего имущества МКД, по которым имеются данные, необходимые для классификации в системе «Реформа ЖКХ» 2.0.
2. Определены критерии отнесения к каждому типу дома (таблица 1).
3. Сформированы типы многоквартирных домов и варианты конструктивных элементов и инженерных систем в разрезе каждого типа дома.

В результате данного исследования впервые проведена типизация многоквартирных домов с присвоением шифра – в зависимости от наибольшего количества этажей, типа фундамента, наличия подвала, типа несущих стен, кровли, количества лифтов, типа системы электро-снабжения, системы теплоснабжения, системы горячего водоснабжения, системы холодного водоснабжения, системы водоотведения, системы газоснабжения, системы вентиляции, системы пожаротушения и типа системы водостока.

Данная предлагаемая система типизации может быть адаптирована под любые параметры и дополнена с целью формирования единого типа многоквартирных домов и вариантов конструктивных элементов и инженерных систем в разрезе каждого типа дома.

С. 15–20.

6. Fatullaev, R. S. Modeling and assessment of a multi-apartment residential house with a planned overhaul / R. S. Fatullaev // E3S Web of Conference / International Science Conference SPbWOSCE-2018 «Business Technologies for Sustainable Urban Development». – 2019. – Vol. 110, iss. 02157.

7. Ekba, S. I. Comprehensive Survey Features Of Bearing Structures Within The Area Of New Construction / S. I. Ekba // Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. – 2019. – Vol. 4, № 3. – P. 28–34.

8. Ekba, S. I. BIM technologies in the inspection of buildings and structures / S. I. Ekba // E3S Web of Conferences / International Science Conference SPbWOSCE-2018 «Business Technologies for Sustainable Urban Development». 2019. – Vol. 110, iss. 01081.

9. Фатуллаев, Р. С. Потребительское качество многоквартирного жилого дома как параметр, влияющий на состав организационно-технологических решений при проведении капитального ремонта / Р. С. Фатуллаев // Наука и бизнес: пути развития / Материалы XII международной научно-практической конференции «Наука на рубеже тысячелетий: перспективные технологии, науки о жизни». – 2019. – № 2 (92). – С. 149–155.

zhilyh zdaniy [Analysis of the shortcomings of the regulatory, technical and legislative framework for the design of capital repairs of residential buildings] / A. A. Lapidus, E. Bilonda Tre-

gubova, V. A. Komarov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki [Proceedings of Tula State University. Technical sciences]. – 2022. – № 7. – 218–224.

2. Fatullaev, R. S. Organizational and Technological Methods for Unscheduled Repair Works / R. S. Fatullaev // Components of Scientific and Technological Progress / Materials of the IX International Scientific Practical Conferene «The Role of Science in the Development of Society (Advanced Technology, Life Sciences)». – 2017. – № 3 (33) – P. 13–18.

3. Ganzen, E. V. Aktual'nye voprosy organizacii rabot po kapital'nomu remontu i rekonstrukcii obshchestvennyh zdaniy [Topical issues of the organization of work on major repairs and reconstruction of public buildings] / E. V. Ganzen, A. A. Lapidus // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 4. – P. 44–55.

4. Ekba, S. I. Vybory parametrov organizacionno-tekhnologicheskikh reshenij etapov zhiznennogo cikla 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 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2021. – № 4. – P. 79–84.

5. Vybory organizacionno-tekhnologicheskikh reshenij pri vvedenii ob'ektov gorodskoj sredy s ispol'zovaniem metoda ekspertnyh ocenok [The choice of organizational and technological solutions for the introduction of objects of the urban environment using the method of expert assessments] // S. I. Ekba, G. G. Hubulov, M. O. Sigaev, M. M. Sklyarov // Stroitel'noe proizvodstvo[Construction production]. 2022. – № 2. –

УДК 69; 62; 681.5

DOI: 10.54950/26585340_2022_4_65

Архитектура автоматизированной инженерной системы для методики определения событий при эксплуатации зданий и сооружений

Automated Engineering System Architecture to the Determining Events Technique during the Operation of Buildings and Structures

Лосев Константин Юрьевич

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы, технологии и автоматизация в строительстве», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, LossevKY@mgsu.ru

Losev Konstantin Yuryevich

Ph. D. in Engineering Science, Docent, Associated Professor of the Department «Information Systems, Technologies and Automation in Construction», National Research Moscow State University of Civil Engineering University (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26, LossevKY@mgsu.ru

Крестелев Дмитрий Игоревич

Аспирант ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ); старший эксперт по технологиям в отделе разработки, АО «СБЕРБАНК-ТЕХНОЛОГИИ», Россия, 117105, Москва, Новоданиловская набережная, 10, dmkretelev@mail.ru

Kretelev Dmitry Igorevich

Postgraduate student of the National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU); Senior technology expert in the Development Department, SBERBANK-TECHNOLOGIES JSC, Russia, 117105, Moscow, Novodanilovskaya naberezhnaya, 10, dmkretelev@mail.ru

Аннотация. Предметной областью данной работы являются автоматизированные инженерные системы, где объектом исследования выступает подход к повышению уровня автоматизации инженерных систем зданий и сооружений на основе киберфизических систем. Целью исследования выступает автоматизация инженерных систем в строительной сфере, поскольку в настоящее время возникает потребность в системах на основе модульной архитектуры, реализующих множество математических методов в рамках алгоритма работы с большими объемами данных, а также с возможностью их применения

P. 15–20.

6. Fatullaev, R. S. Modeling and assessment of a multi-apartment residential house with a planned overhaul / R. S. Fatullaev // E3S Web of Conference / International Science Conference SPbWOSCE-2018 «Business Technologies for Sustainable Urban Development». – 2019. – Vol. 110, iss. 02157.

7. Ekba, S. I. Comprehensive Survey Features Of Bearing Structures Within The Area Of New Construction / S. I. Ekba // Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. – 2019. – Vol. 4, № 3. – P. 28–34.

8. Ekba, S. I. BIM technologies in the inspection of buildings and structures / S. I. Ekba // E3S Web of Conferences / International Science Conference SPbWOSCE-2018 «Business Technologies for Sustainable Urban Development». 2019. – Vol. 110, iss. 01081.

9. Fatullaev, R. S. Potrebitel'skoe kachestvo mnogokvartirnogo zhilogo doma kak parametr, vliyayushchij na sostav organizacionno-tekhnologicheskikh reshenij pri provedenii kapital'nogo remonta [Consumer quality of an apartment building as a parameter affecting the composition of organizational and technological solutions during major repairs] / R. S. Fatullaev // Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and business: ways of development] / Materialy XII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nauka na rubezhe tysyacheletij: perspektivnye tekhnologii, nauki o zhizni» [Materials of the XII International scientific and practical conference «Science at the turn of the Millennium: promising technologies, life sciences»]. – 2019. – № 2 (92). – P. 149–155.

для любых внешних инженерных подсистем. Подобная система сможет решать задачи накопления и использования данных не только в рамках одного здания, но и в рамках других, похожих по виду или способу постройки. В статье обосновывается отнесение таких систем к киберфизическим и предлагается методика определения событий в автоматизированных системах зданий и сооружений на эксплуатационной стадии жизненного цикла. Основная концепция методики заключается в работе со временными срезами и кластеризации информации по ее ближайшей принадлежности к ранее полученным и обработанным

данным. Методика основана на комбинации статистических методов анализа и машинного обучения. Результатом исследования явились концептуальная схема и физическая модель информационной системы. Данная система реализует описанную методику, и в статье описаны преимущества и особенности этой системы.

Abstract. Automated engineering systems are the domain area of this study, where the object of research is a technique to increasing the buildings and structures level of engineering systems automation based on cyber-physical systems. The aim of the study is engineering systems automation in the construction sector, since there is currently a need for the systems mentioned based on modular architecture that implement a variety of mathematical methods within the algorithm of working with big data, as well as with the possibility of their application for any external engineering subsystems. Such a system will be able to solve the problems of data accumulation and use not only within the framework of one building, but also within the framework of others similar in type or method of construction. The article substantiates the attribution of such systems to cyber-physical

Введение

Автоматизация инженерных систем в рамках жизненного цикла зданий и сооружений строительной сферы, не будучи принципиальной новой задачей, получила специфическое развитие в рамках глобальной цифровизации в виде концепции Smart house [1–3]. Если здание и сооружение рассматривать как суперсистему или систему систем (SoS), то объекты, ее составляющие, могут рассматриваться как совокупность киберфизических (КФС) и мультиагентных систем с применением технологий «больших данных» (Big Data) [4–6]. Это относится ко всем трем категориям структур, составляющих здание: строительным системам, несущим конструкциям и инженерным системам.

Предметной областью данной работы являются автоматизированные инженерные системы в жизненном цикле объектов строительства, где объектом исследования выступает подход к повышению уровня автоматизации инженерных систем зданий и сооружений на основе КФС. Данные системы по умолчанию обладают признаками сложных систем [7]. Подобные системы являются открытыми и принимают на вход большое количество внешних параметров, одновременно руководствуясь данными из нормативных документов, которые регламентируют эталонные значения, методы проведения измерений и прочее [8]. Все вышеперечисленное усложняется фактической уникальностью исполнительной документации каждого конкретного типа зданий [9]. Целью исследования выступает автоматизация инженерных систем в строительной сфере, поскольку в настоящее время возникает потребность в КФС на основе модульной архитектуры, реализующих множество математических методов в рамках алгоритма работы с Big Data, с возможностью применения для любых внешних инженерных подсистем [10]. Подобная система сможет решать задачи накопления и использования данных не только в рамках одного здания, но и в рамках других, похожих по виду или способу постройки [11]. Модульность архитектуры позволит масштабировать систему и сделать компоненты полностью независимыми друг от друга, что многократно снизит риск отказа всей системы [12].

В качестве примера системы, в которой требуется автоматизация, можно привести систему контроля микрокли-

Ключевые слова: жизненный цикл зданий, стадия эксплуатации, автоматизированные инженерные системы здания, машинное обучение, лицо принятия решения, определение событий, цифровой двойник, большие данные, предиктивный расчет, модульная архитектура систем.

and provides a technique for determining events in buildings and structures automated systems at the operational stage within its life cycle. The main concept of the methodology is to work with time slices and clustering of information according to its closest affiliation to previously received and processed data. The technique is based on a combination of statistical analysis methods and machine learning. Finally, a conceptual scheme and a physical model of the information system are presented. The information system implements the technique mentioned and the study describes the advantages and features of this system.

Keywords: building life cycle, facility management stage, automated building engineering systems, machine learning, decision-making person, defining events, digital twin, big data, predictive calculation, modular system architecture.

мата. Ситуация в любом помещении не является статичной, так как постоянно происходят различные события, непосредственно влияющие на микроклимат: уменьшение либо увеличение температуры, влажности, давления, количества углекислого газа, скорости воздуха и изменения прочих параметров. Примером событий, происходящих в помещении, могут выступить: рабочее совещание (количество людей в помещении, влажность воздуха, количество углекислого газа увеличивается), обеденный перерыв (количество людей в помещении уменьшается), утренние часы, вечерние часы, изменение внешней температуры, давления и прочее. Данные события не могут быть привязаны к какому-то расписанию, являются динамическими – и не могут управляться в режиме выставления оптимальных параметров.

Также важно заметить, что сама архитектура системы не должна подразумевать автоматизации одной конкретной инженерной системы, а должна предполагать возможность широкого спектра использования. Например, подобная система потенциально может быть использована в агрохозяйстве и тонко реагировать на любые внешние изменения погодных условий, позволяя улучшать урожайность, может быть использована для контроля или управления энергоподачей и энергосбережением помещения или здания для оптимизации расходов, использоваться для контроля других параметров, возникающих на эксплуатационном этапе жизненного цикла любого помещения, которые могут быть измерены и скорректированы при помощи датчиков и исполнительных устройств.

Использование машинного обучения в данном случае должно решить задачу гибкой и тонкой автоматизированной реакции на внутренние и внешние события. На основе прошлого опыта системы в ходе ее работы и за счет возможности использования между похожими зданиями и сооружениями общей базы реакций системы на возникающие события можно добиться высокого уровня стабильности системы автоматизации и точности в поддержании или коррекции параметров в величинах.

Подход и метод

Предполагается, что в управлении строительной инженерной системой здания можно выделить инвариантную (универсальную) часть через выявление повторяющихся паттернов состояний системы и последующую их катего-

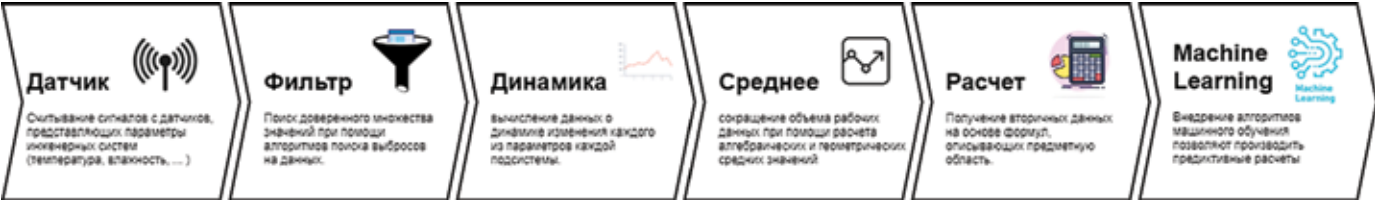


Рис. 1. Последовательность состояний данных в системе
Fig. 1. The state sequence of data in a system

ризацию с выделением событий (Events) на основании:

- граничных условий параметров, составляющих паттерн и заданных нормативными документами;
- правил представления любого параметра в данном методе;
- принадлежности текущего паттерна системы к определенному событию.

Система принимает решение с контролируемой точностью. Контролируемая точность включает в себя как автоматическое выполнение действий системой (внутреннее решение), так и автоматизированную генерацию инфографии для лица, принимающего решения (ЛПР), и ожидание внешнего решения. Роль ЛПР в разных событиях может выполнять пользователь, администратор или даже создатель системы [13].

На основе вышеизложенного предлагается методика определения событий в автоматизированных системах зданий и сооружений на эксплуатационной стадии жизненного цикла.

Значения любого параметра системы представлены в методике в 6 состояниях данных: Датчик (Sensor), Фильтр (Constraints), Расчёт (Physical formula), Динамика (Gradient), Среднее (The Mean), Определение (Machine Learning), где:

- Датчик (Sensor) – исходные сигналы и сообщения, поступающие от сенсоров;
- Фильтр (Constraints) – значения после обработки состояния Датчик и представляющие собой доверенное множество сигналов и сообщений;
- Динамика (Gradient) – градиент данных состояний Фильтр и Расчёт как для значения определенного параметра или группы в пространстве в данный момент (получение «среза состояния системы»), так и для изменений значения определенного параметра системы во времени;
- Среднее (The Mean) – это усреднение данных с использованием алгебраических и геометрических средних для сокращения объема рабочих данных в управлении и аналитике системы и сглаживания быстрых колебаний параметра для наблюдения его качественного поведения по результирующей динамике;
- Расчёт (Physical formula) – это получение вторичных данных на основе групп формул, описывающих предметную область конкретной КФС из данных состояния Фильтр;
- Определение (Machine Learning) – это определение состояния системы через предиктивный расчет на основе алгоритмов машинного обучения.

Структура данных обеспечивает в системе последовательный переход данных из одного состояния в другое, как указано на рисунке 1.

Структурной единицей информационной системы принимается понятие «рабочей зоны». Схема структур-

ных единиц представлена на рисунке 2. Такая структура позволяет масштабировать систему под задачи строительной сферы, то есть связывает методику и ее информационную систему с предметной областью жизненного цикла зданий и сооружений.

Аналогично происходит модульное деление аппаратно-технического комплекса системы согласно архитектурно-строительной терминологии: рабочее место → помещение → функциональная зона (захватка) → этаж → секция → здание (корпус) → область (владение).

Основная концепция методики заключается в работе со временными срезами и кластеризации информации по ее ближайшей принадлежности к ранее полученным и обработанным данным. Полученная с датчиков телеметрическая информация обрабатывается и проверяется на предмет ошибок алгоритмами поиска выбросов [14], после чего в режиме реального времени происходит обработка матрицы состояний через кластеризацию событий, предиктивный анализ на основе нейронной сети [15] и проверка соответствия нормативной документации. Все полученные в ходе обработки данные записываются в базу данных для возможности дальнейшего использования и принятия различных управленческих решений [16]. К примеру, в системах контроля микроклимата подобная система способна автономно принимать решения о температурном режиме, режиме влажности и пр. [17].

Особенность методики – в ее направленности на работу с КФС в строительстве с использованием шести состояний представления каждого параметра системы, па-

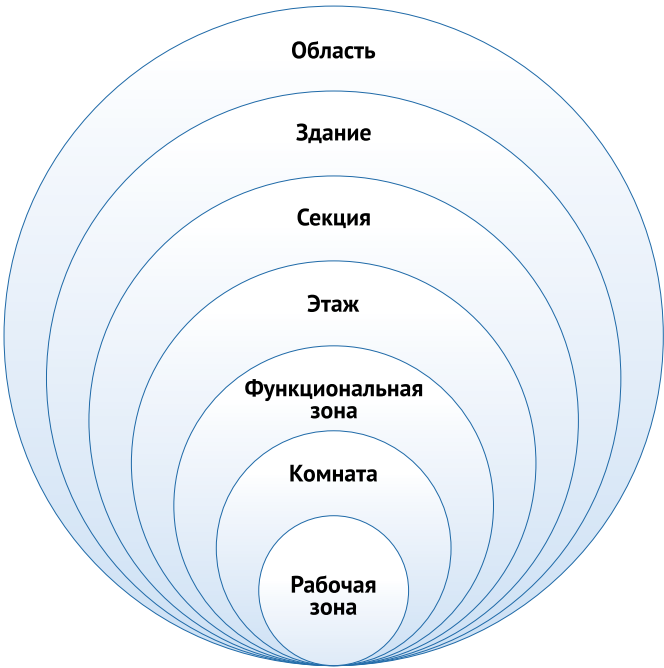


Рис. 2. Структурные единицы системы при ее масштабировании
Fig. 2. The structure items of a system within its scaling

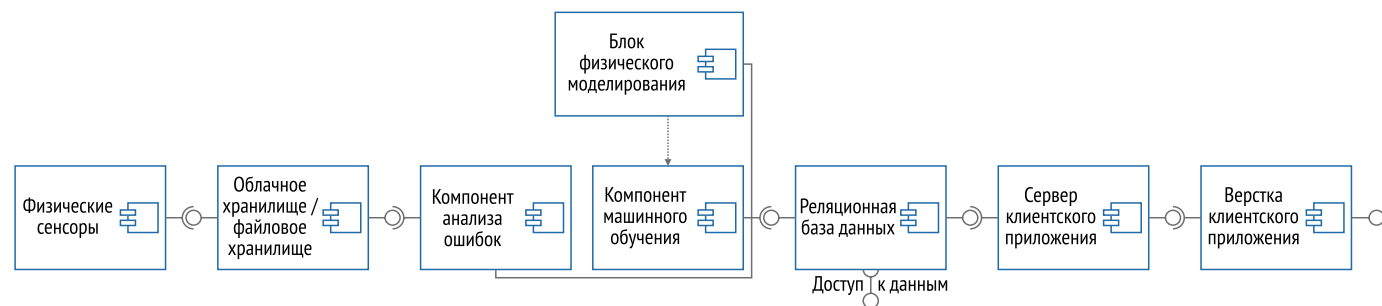


Рис. 3. UML-диаграмма компонентов системы
Fig. 3. The system UML component diagram

раллельной работе с паттернами (мгновенными срезами состояний по всем параметрам) системы для повышения ее интеллектуальной составляющей. Методика направлена и на работу со временными рядами состояний параметров для повышения надежности системы и прогнозируемости поведения ее датчиков. Также необходимо выделить ряд возможностей методики:

- потенциальный выход на трансформацию в метод для технологии любых автоматизированных подсистем зданий и сооружений: для микроклиматических параметров, для энергосистем, для водопроводных систем и прочих инженерно-технических систем [18];
- использование нескольких групп алгоритмов для анализа данных и получение аналитики с данных [19];
- модульный подход, подразумевающий вариации выполнения каждого элемента системы, например, использование облачных серверов вместо физиче-

ских, применение различных физических сенсоров от разных производителей, исполнительных агрегатов различных моделей и фирм [20];

- гибридный подход к размещению и контролю доступа к данным и приложению [4; 21];
- информационная модель рассматривается как цифровой двойник [22], включающий в себя процедуры обработки данных и результатов анализа (первичных и вторичных данных) [18], что соответствует определению «цифрового двойника изделия» по ГОСТ 57700.37-2021: «система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей (при наличии изделия) и(или) его составными частями»;
- обеспечение безопасности на уровне распределенных вычислений [3; 23].

Разрабатываемая система подходит под описание КФС по следующим причинам:

- гибридность системы (наличие аппаратной и ин-

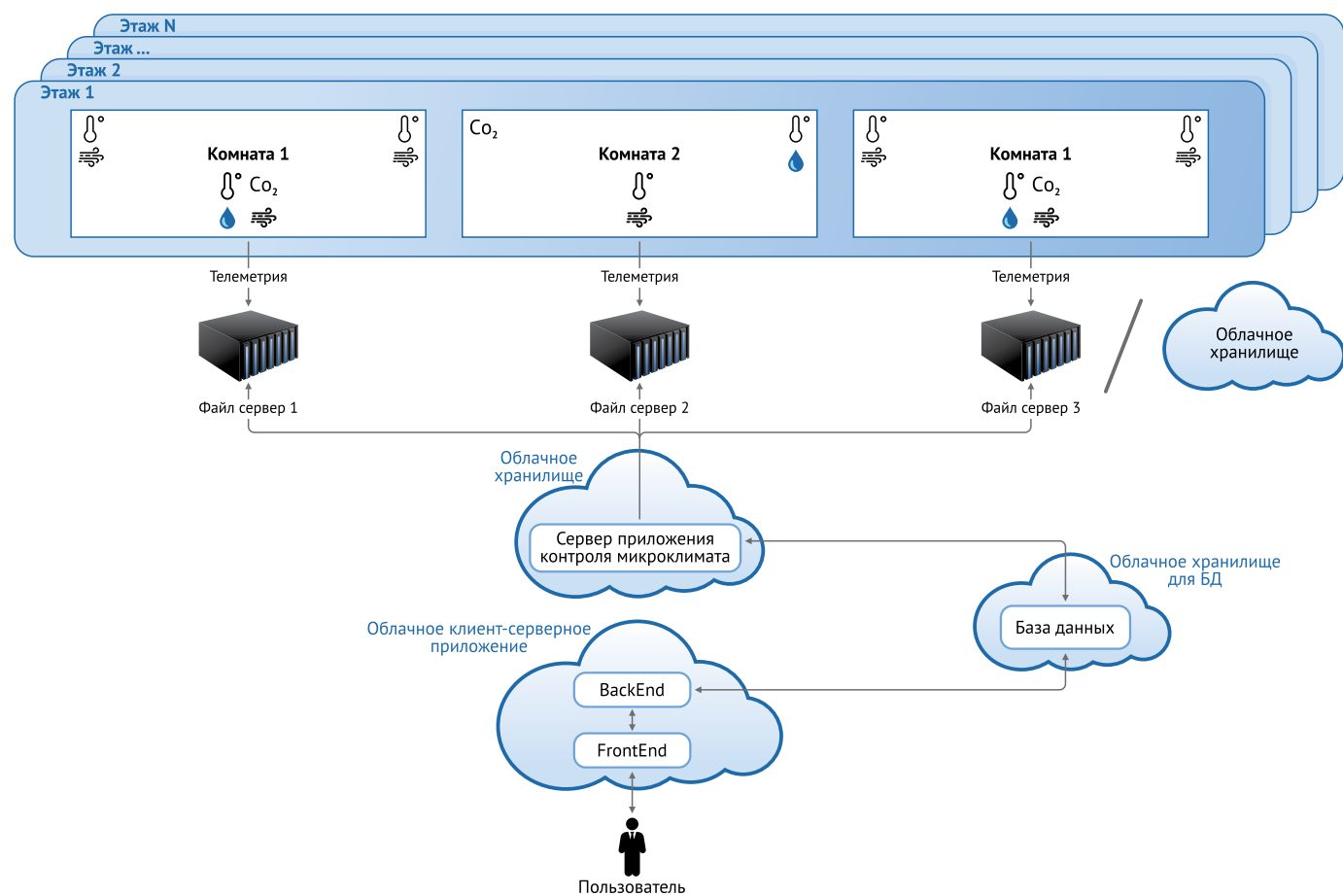


Рис. 4. UML-диаграмма развертывания системы
Fig. 4. The system UML deployment diagram

формационной частей; использование разнородных алгоритмов: линейные, нейросети, категоризация, методы поиска выбросов) [4; 22; 23];

- наличие блока физического моделирования (регулируется нормативными документами) [5; 20];
- машинное обучение с использованием технологий Big Data для анализа получаемой информации [6; 10; 24–28];
- Интернет вещей (сетевое взаимодействие между несколькими аппаратно-техническими системами, такими как датчики, серверы и пр.) [3; 29; 30].

Результаты

В результате объектно-ориентированного моделирования сформировались физическая структура и концептуальная схема информационной системы, которые представлены UML-диаграммами на рисунках 3, 4, 5. Основными компонентами системы являются 8 модулей (рисунок 3):

- модуль физических сенсоров. Выполнен в виде набора групп датчиков, позволяющих вести измерения и сохранять, передавать первичные данные параметров инженерных систем в хранилище данных;
- хранилище информации о замерах. Необходимо для хранения всех первичных данных, переданных сенсорами для последующей постобработки, анализа и аналитики;
- модуль анализа ошибок. Позволяет вычлнить датчики, передающие некорректные физические значения, или нерабочие датчики;
- компонент машинного обучения. Отвечает за поиск паттернов в данных путем категоризации значений параметров;
- компонент физического моделирования. Служит для проверки данных параметров на соответствие нормам и правилам, характерным для данной подсистемы и конкретного параметра. Например, соответствие своду правил или санитарным правилам и нормам;
- модуль базы данных. Отвечает за хранение данных о неисправностях сенсоров и хранит вторичные данные для последующей обработки алгоритмами машинного обучения;
- сервер клиентского приложения. Необходим для скрытия бизнес-логики от пользователя и обеспечения защищенного доступа по ролевой модели к базе данных;
- клиентская часть приложения. Служит для отображения пользователю информации по датчикам, подсистемам и аналитике данных.

Диаграмма, представленная на рисунке 4, показывает требуемые инженерно-технические компоненты, необходимые для функционирования системы. Также диаграмма отображает вариативность программного оснащения или технического оснащения, которая обеспечивается модульностью системы: вместо локальных физических хранилищ можно использовать удаленные облачные хранилища. При необходимости, деление на этажи и комнаты может быть расширено до схемы, указанной на рисунке как «структурные единицы системы при ее масштабировании», или уменьшено до необходимого уровня. Это актуально, когда необходимо оборудовать только одно рабочее пространство или комнату.

Физическая модель системы имеет несколько обязательных частей:

- физические датчики и сенсоры;
- инфраструктура для хранения данных с датчиков;
- инфраструктура для обеспечения работы основного модуля системы контроля микроклимата;
- инфраструктура для базы данных;
- инфраструктура для клиент-серверного приложения.

Для описания концептуальной схемы системы, изображенной на рисунке 5, лучшим вариантом будет рассмотреть ее на основе примера, приближенного к реальному использованию. Для этого требуется определить инженерную систему, которая будет участвовать в автоматизации, и зону автоматизации. В качестве примера можно взять систему контроля микроклимата в офисе формата «открытое пространство» (Open Space). Данная система обладает рядом параметров, которые оказывают влияние на общее состояние человека на рабочем месте: температурой, влажностью, скоростью воздуха.

Обладая вышеуказанной базовой информацией, можно предположить, что требуется установка физических датчиков, позволяющих измерить все вышеуказанные параметры. Для отказоустойчивости и увеличении точности получаемых данных можно продублировать некоторые датчики, например: произвести установку трех датчиков для измерения температуры, двух датчиков для измерения скорости воздуха и одного датчика для замера влажности. В зависимости от каждого конкретного сенсора со своим интервалом могут отправляться данные по параметру и записываться в хранилище данных с форматом, определенным контрактом информационной системы.

Система для каждого заданного интервального значения должна производить мониторинг хранилища данных на наличие новых записей (новых показаний датчиков), после чего высчитывать данные по простому и записывать в оперативную память для обработки алгоритмами поиска выбросов на данных. Данные алгоритмы отсеивают данные с некорректными значениями: нерабочие датчики и ошибки при измерениях. Примем, что один из датчиков температуры вышел из строя и не передает данные, в этом случае в последующую обработку попадут только 2 датчика по температуре (администратору системы будет отправлено оповещение о поломке датчика). После поиска ошибок по данным каждой группы датчиков вычисляются значения среднего геометрического, среднего алгебраического и получение градиента состояний. Это позволит уменьшить количество обрабатываемых данных и покажет динамику изменения значения каждого параметра, к примеру, его постепенное увеличение или уменьшение.

Для фильтрации полученных значений должен быть произведен анализ по документам и нормам предметной области. В случае с выбранным примером таким документом является СанПиН 2.2.4.548-96, обуславливающий требуемые значения параметров температуры, скорости воздуха и влажности для конкретного времени года и типа работы на рабочем месте.

На каждом из вышеуказанных этапов работы системы должна быть произведена запись промежуточных данных в базу данных. По информации из базы данных система при помощи алгоритмов машинного обучения сможет

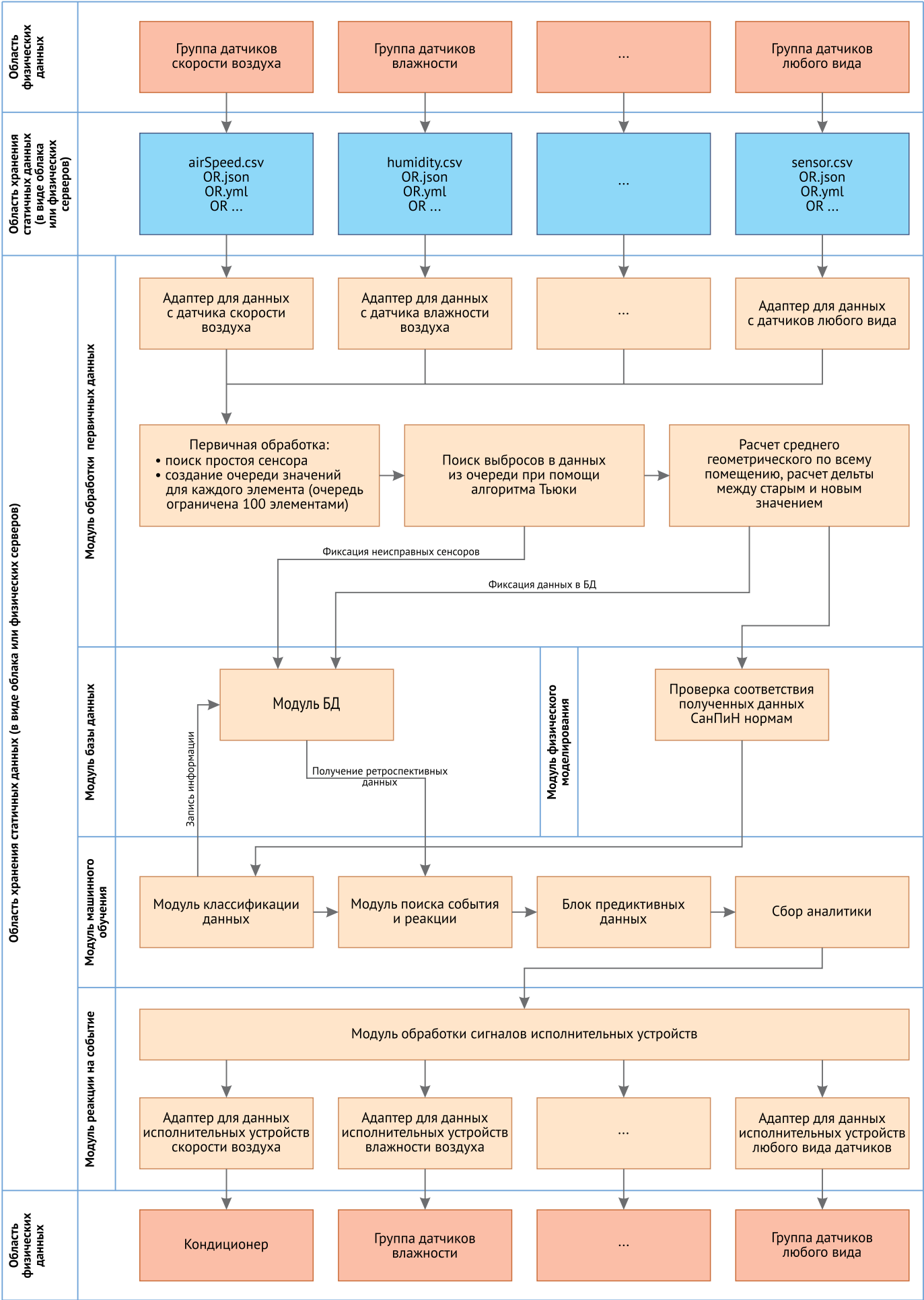


Рис. 5. UML-диаграмма деятельности системы
Fig. 5. The system UML activity diagram

выстроить процесс самообучения и произвести поиск паттернов, характерных для каждого из параметров или синергии параметров. К примеру, система может предсказать ситуацию, что при увеличении температуры через некоторое время снизится влажность воздуха, и предиктивно должна начать постепенно увеличивать влажность в помещении посредством физических агрегатов (кондиционеров, увлажнителей и прочих).

Обсуждение
Проблематика повышения уровня автоматизации инженерных систем зданий и сооружений в рамках эксплуатационной стадии их жизненного цикла позволяет рассматривать здание или сооружение как систему систем, состоящую из отдельных киберфизических и мультиагентных систем, функционирующих в среде «больших данных».

Данная проблематика в инженерных системах может решаться через предложенную методику определения событий и являться элементом управления на стадии эксплуатации жизненного цикла зданий и сооружений.

Предметом дальнейших исследований в последующих статьях будут являться детализация разработки предложенной методики в части машинного обучения данной информационной системы и реализация возможности предварительного симуляционного тестирования системы на инженерных подсистемах здания с учетом фактической уникальности исполнительной документации каждого здания.

Заключение
1. Предлагаемая методика автоматизации инженерных систем зданий и сооружений в рамках эксплуатационной стадии их жизненного цикла, реализованная в концептуальной схеме системы, имеет следующие особенности:
а) использование алгоритмов «больших данных»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yang, L. A New Architecture of Smart House Control System / L. Yang, F. Mao, J. Tan. – DOI 10.1007/978-3-319-73830-7_8 // Proceedings of International Conference «Smart Computing and Communication», SmartCom 2017, Shenzhen, China, December 10-12, 2017. – 2017. – P. 81–89.
2. Costin, B. An overview of smart home environments: architectures, technologies and applications / B. Costin, B. Marius, B. Amelia // Local Proceedings of the Sixth Balkan Conference in Informatics. – 2013. – Vol. 1036. – P. 78–85.
3. A review: Secure Internet of thing System for Smart Houses / M. Albany, E. Alsahafi, I. Alruwili, S. el Khediri. – DOI 10.1016/j.procs.2022.03.057 // The Proceedings 13th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies, Porto, Portugal, Procedia Computer Science. – 2022. – Vol. 201. – P. 437–444.
4. Sanfelice, R. G. Analysis and design of cyber-physical systems: A hybrid control approach / R. G. Sanfelice. – DOI 10.1201/b19290-3 // Cyber-physical systems: from theory to practice. – Boca Raton, FL, USA : CRC Press, 2016.
5. Лосев, К. Ю. Киберфизические системы стадии проектирования в жизненном цикле объекта строительства / К. Ю. Лосев // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы : VI Международная научная конференция «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании», Москва, 14–16.11.2018. – Москва : МИСИ – МГСУ, 2018. – С. 168–171.
6. Sathi, A. Big Data Analytics: Disruptive Technologies for Changing the Game / A. Sathi. – MC Press, 2012. – 96 p.

(BigData) для анализа данных и предиктивной реакции;
б) определение 6 состояний, в которых данные находятся в информационной системе;
в) наличие в системе 7 структурных единиц, каждая из которых определяет уровень масштабирования системы при ее развертывании;
г) работа со временными срезами информационной системы и кластеризация данных на их основе;
д) способность установки норм для различных физических параметров в соответствии с нормативными документами;
е) гибридный подход к размещению и доступу в отношении данных и приложений;
ж) использование нескольких групп алгоритмов анализа данных, уточняющих друг друга и позволяющих получать их аналитику;
з) возможность обеспечения безопасности на уровне распределенных вычислений;
и) возможность применения в любых автоматизированных системах и подсистемах здания или сооружения.
2. Физическая модель информационной системы как инструмента реализации методики автоматизации имеет следующие основные преимущества:
а) модульный подход (включая внутреннюю архитектуру приложения и внешние подключения), состоящий из 8 программно-аппаратных модулей с возможностью подключения различных аппаратно-технических устройств, управление которыми будет происходить посредством обратной реакции на события;
б) уменьшение износа компонентов системы и предотвращение критических поломок.

7. Колесников, А. А. Синергетические методы управления сложными системами: Энергетические системы / А. А. Колесников, Г. Е. Веселов, А. Н. Попов. – Москва : КД Либроком, 2013. – 248 с.
8. Информационные технологии и вычислительные системы. Открытые системы / под ред. С. В. Емельянова. – Москва : Ленанд, 2006. – 120 с.
9. Гусев, Н. М. Строительная физика / Н. М. Гусев, П. П. Климов. – Москва : Стройиздат, 1965. – 228 с.
10. Park, G. A Reference Model for Big Data Analytics / G. Park, S. Park, V. Sugumaran. – DOI 10.1109/UEMCON.2018.8796710 // 9th IEEE Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON 2018), New York, NY, USA, 08-10 November 2018. – 2018. – № 18907086.
11. Волков, А. А. Информационная поддержка жизненного цикла объектов строительства / А. А. Волков, Ю. Г. Лосев, К. Ю. Лосев // Вестник МГСУ. – 2012. – № 11. – С. 253–258.
12. Крестелев, Д. И. Постановка задачи контроля микроклимата в проектом бюро / Д. И. Крестелев // Дни студенческой наук : сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института экономики, управления и информационных систем в строительстве и недвижимости НИУ МГСУ, Москва, 1–5.03.2021. – Москва : МИСИ – МГСУ, 2021. – С. 573–577.
13. Мозохин, А. Е. Методика обеспечения комфортного состояния микроклимата умного дома с использованием ансамбля нечетких искусственных нейронных сетей / А. Е. Мозохин. – DOI https://doi.org/10.15622/ia.20.6.9 // Труды СПИИРАН. Информатика и автоматизация. – 2021. – Вып. 6, Т. 20. –

- С. 418–1447.
14. Информационные системы и технологии управления / Под ред. Г. А. Титоренко. – Москва : ЮНИТИ, 2013. – 591 с.
 15. A review of artificial neural network learning rule based on multiple variant of conjugate gradient approaches / A. G. Farizawani, M. Puteh, Y. Marina, A. Rivaie. – DOI 10.1088/1742-6596/1529/2/022040 // Journal of Physics Conference Series. – 2020. – Vol. 1529 – № 022040.
 16. Вальков, В. Б. Автоматизированные системы управления технологическими процессами / В. Б. Вальков. – Ленинград : Политехника, 1991. – 269 с.
 17. Емельянов, С. Г. Адаптивные нечетко-логические системы управления : монография / С. Г. Емельянов. – Москва : АРГА-МАК-МЕДИА, 2013. – 184 с.
 18. Интеллектуальные системы управления организационно-техническими системами / А. Н. Антамошин, О. В. Блинова, А. В. Бобов, А. А. Большаков, В. В. Лобанов, И. Н. Кузнецова ; 2-е изд., стереотип. – Москва : ГЛТ, 2016. – 160 с.
 19. Левитин, А. В. Алгоритмы: введение в разработку и анализ / А. В. Левитин. – Москва : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 576 с.
 20. Миков, А. И. Информационные процессы и нормативные системы в IT: Математические модели. Проблемы проектирования. Новые подходы / А. И. Миков. – Москва : КД Либроком, 2013. – 256 с.
 21. Ворона, В. А. Системы контроля и управления доступом / В. А. Ворона, В. А. Тихонов. – Москва : ГЛТ, 2011. – 272 с.
 22. Losev, K. Infographic oriented management model of cyber-physical systems during a building life cycle / K. Losev, V. Chulkov. – DOI 10.1051/e3sconf/201913802009 // E3S Web of Conferences CATPID-2019. – 2019. – Vol. 138, Iss. 02009.
 23. Евменов, В. П. Интеллектуальные системы управления: пре-

REFERENCES

1. Yang, L. A New Architecture of Smart House Control System / L. Yang, F. Mao, J. Tan. – DOI 10.1007/978-3-319-73830-7_8 // Proceedings of International Conference «Smart Computing and Communication», SmartCom 2017, Shenzhen, China, December 10-12, 2017. – 2017. – P. 81–89.
2. Costin, B. An overview of smart home environments: architectures, technologies and applications / B. Costin, B. Marius, B. Amelia // Local Proceedings of the Sixth Balkan Conference in Informatics. – 2013. – Vol. 1036. – P. 78–85.
3. A review: Secure Internet of thing System for Smart Houses / M. Albany, E. Alsahafi, I. Alruwili, S. el Khediri. – DOI 10.1016/j.procs.2022.03.057 // The Proceedings 13th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies, Porto, Portugal, Procedia Computer Science. – 2022. – Vol. 201. – P. 437–444.
4. Sanfelice, R. G. Analysis and design of cyber-physical systems: A hybrid control approach / R. G. Sanfelice. – DOI 10.1201/b19290-3 // Cyber-physical systems: from theory to practice. – Boca Raton, FL, USA : CRC Press, 2016.
5. Losev, K. Y. Kiberfizicheskie sistemy stadii proektirovaniya v zhiznennom tsikle ob'ekta stroitel'stva [Cyberphysical systems of the design stage in the life cycle of a construction object] / K. Y. Losev // Sistemotekhnika stroitel'stva. Kiberfizicheskie stroitel'nye sistemy : VI Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya «Integratsiya, partnerstvo i innovatsii v stroitel'noj nauke i obrazovanii», Moskva, 14–16.11.2018 [System engineering of construction. Cyberphysical Building Systems : VI International Scientific Conference «Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education» Moscow, 14-16.11.2018]. – Moscow : MISI – MGSU, 2018. – P. 168–171.
6. Sathi, A. Big Data Analytics: Disruptive Technologies for Changing the Game / A. Sathi. – MC Press, 2012. – 96 p.
7. Kolesnikov, A. A. Sinergeticheskie metody upravleniya slozhnyimi sistemami: Energeticheskie sistemy [Synergetic methods

- восходство искусственного интеллекта над естественным интеллектом? / В. П. Евменов. – Москва : КД Либроком, 2016. – 304 с.
24. Losev, K. Innovative Types of Buildings and Materials Reorganization as Systems in the Cyberphysics of Techno-Science / K. Losev, V. O. Chulkov, B. E. Nazirov. – DOI 10.1088/1757-899X/753/2/022001 // IOP Conferences Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 753, iss. 022001.
 25. Варжапетян, А. Г. Системы управления. Инжиниринг качества / А. Г. Варжапетян. – Москва : Вузовская книга, 2012. – 320 с.
 26. Cooley, J. W. An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series / J. W. Cooley, J. W. Tukey // Mathematics of Computation. – 1965. – Vol. 19, iss. 90. – P. 297–301.
 27. Schmidhuber, J. Deep learning in neural networks: An overview / J. Schmidhuber // Neural Networks. – 2015. – Vol. 61. – P. 85–117.
 28. Лapidус, А. А. Искусственные нейронные сети как инструмент оптимизации производственных процессов в строительстве / А. А. Лapidус, И. Ндайрагидже // Технология и организация строительного производства. – 2018. – № 4. – С. 3–6.
 29. Artificial Intelligence in Protecting Smart Building's Cloud Service Infrastructure from Cyberattacks / P. Vähäkainu, M. Lehto, A. Kariluoto, A. Ojalainen. – DOI 10.1007/978-3-030-35746-7 // Cyber Defence in the Age of AI, Smart Societies and Augmented Humanity, Switzerland, Springer Cham, 2020, – 2020. – P. 289–315.
 30. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы / Д. П. Ким. – Москва : Физматлит, 2007. – 440 с.

- of control of complex systems: Energy systems] / A. A. Kolesnikov, G. E. Veselov, A. N. Popov. – Moscow : KD Librokom, 2013. – 248 p.
8. Informationsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy. Otkrytye sistemy [Information technologies and computing systems. Open Systems] / Pod red. [ed. by] S. V. Emelyanov. – Moscow : Lenand, 2006. – 120 p.
 9. Gusev, N. M. Stroitel'naya fizika [Construction physics] / N. M. Gusev, P. P. Klimov. – Moscow : Strojizdat, 1965. – 228 p.
 10. Park, G. A Reference Model for Big Data Analytics / G. Park, S. Park, V. Sugumaran. – DOI 10.1109/UEMCON.2018.8796710 // 9th IEEE Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON 2018), New York, NY, USA, 08-10 November 2018. – 2018. – № 18907086.
 11. Volkov, A. A. Informationsionnaya podderzhka zhiznennogo tsikla ob'ektov stroitel'stva [Information support of the life cycle of construction objects] / A. A. Volkov, Y. G. Losev, K. Y. Losev // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2012. – № 11. – P. 253–258.
 12. Kretelev, D. I. Postanovka zadachi kontrolya mikroklimata v proektnom byuro [Setting the task of microclimate control in the design bureau] / D. I. Kretelev // Dni studencheskoj nauk : sbornik dokladov nauchno-tekhnicheskoj konferentsii po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot studentov instituta ehkonomiki, upravleniya i informationsionnykh sistem v stroitel'stve i nedvizhimosti NIU MGSU, Moskva, 1–5.03.2021 [Days of Student Science : a collection of reports of a scientific and technical conference on the results of research works of students of the Institute of Economics, Management and Information Systems in Construction and Real Estate of the NRU MGSU, Moscow, 1-5.03.2021]. – Moscow : MISI – MGSU, 2021. – P. 573–577.
 13. Mozokhin, A. E. Metodika obespecheniya komfortnogo sostoyaniya mikroklimata umnogo doma s ispol'zovaniem ansamblya nechetkikh iskusstvennykh neyronnykh setej [Methodology for ensuring a comfortable state of the microclimate of a smart home using an ensemble of fuzzy artificial neural

- networks] / A. E. Mozokhin. – DOI https://doi.org/10.15622/ia.20.6.9 // Trudy SPIIRAN. Informatika i avtomatizatsiya [Proceedings of SPIIRAN. Computer science and automation]. – 2021. – Iss. 6, vol. 20. – P. 1418–1447.
14. Informationsionnye sistemy i tekhnologii upravleniya [Information systems and management technologies] / Pod red. [edited by] G. A. Titorenko. – Moscow : YUNITI, 2013. – 591 p.
 15. A review of artificial neural network learning rule based on multiple variant of conjugate gradient approaches / A. G. Farizawani, M. Puteh, Y. Marina, A. Rivaie. – DOI 10.1088/1742-6596/1529/2/022040 // Journal of Physics Conference Series. – 2020. – Vol. 1529 – № 022040.
 16. Valkov, V. B. Avtomatizirovannye sistemy upravleniya tekhnologicheskimi protsessami [Automated process control systems] / V. B. Valkov. – Leningrad : Politekhnik, 1991. – 269 p.
 17. Emelyanov, S. G. Adaptivnye nechetko-logicheskie sistemy upravleniya : monografiya [Adaptive fuzzy logic control systems : monograph] / S. G. Emelyanov. – Moscow : ARGAMAK-MEDIA, 2013. – 184 p.
 18. Intellektual'nye sistemy upravleniya organizatsionno-tehnicheskimi sistemami [Intelligent management systems of organizational and technical systems] / A. N. Antamoshin, O. V. Bliznova, A. V. Bobov, A. A. Bol'shakov, V. V. Lobanov, I. N. Kuznetsova ; 2-e izd., stereotip. – Moscow : GLT, 2016. – 160 p.
 19. Levitin, A. V. Algoritmy: vvedenie v razrabotku i analiz [Algorithms: introduction to development and analysis] / A. V. Levitin. – Moscow : Izdatel'skiy dom «Vil'yams», 2006. – 576 p.
 20. Mikov, A. I. Informationsionnye protsessy i normativnye sistemy v IT: Matematicheskie modeli. Problemy proektirovaniya. Novye podkhody [Information processes and regulatory systems in IT: Mathematical models. Design problems. New approaches] / A. I. Mikov. – Moscow : KD Librokom, 2013. – 256 p.
 21. Vorona, V. A. Sistemy kontrolya i upravleniya dostupom [Access control and management systems] / V. A. Vorona, V. A. Tikhonov. – Moscow : GLT, 2011. – 272 p.
 22. Losev, K. Infographic oriented management model of cyber-physical systems during a building life cycle / K. Losev, V. Chulkov. – DOI 10.1051/e3sconf/201913802009 // E3S Web

УДК 004.021

Подготовка файлов информационных моделей для передачи в программы выявления коллизий

Preparation of Information Model Files for Transmission to Collision Detection Programs

Макиша Елена Владиславовна

Кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, MakishaEV@mgsu.ru

Makisha Elena Vladislavovna

Ph. D., Associate Professor, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26, makishaev@mgsu.ru

Семёнова Кристина Сергеевна

Магистр, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, semeonowp@yandex.ru

Semenova Kristina Sergeevna

Master student, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26, semeonowp@yandex.ru

Аннотация. Цель. Целью данного исследования является выявление общих требований к подготовке информационных моделей строительных объектов для передачи в программы выявления коллизий в целях повышения эффективности проводимых проверок и, как следствие, повышения качества проектной документации.

- of Conferences CATPID-2019. – 2019. – Vol. 138, iss. 02009.
23. Evmenov, V. P. Intellektual'nye sistemy upravleniya: prevoskhodstvo iskusstvennogo intellekta nad estestvennym intellektom? [Intelligent control systems: the superiority of artificial intelligence over natural intelligence?] / V. P. Evmenov. – Moscow : KD Librokom, 2016. – 304 p.
 24. Losev, K. Innovative Types of Buildings and Materials Reorganization as Systems in the Cyberphysics of Techno-Science / K. Losev, V. O. Chulkov, B. E. Nazirov. – DOI 10.1088/1757-899X/753/2/022001 // IOP Conferences Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 753, iss. 022001.
 25. Varzhapetyan, A. G. Sistemy upravleniya. Inzhiniring kachestva [Control systems. Quality Engineering] / A. G. Varzhapetyan. – Moscow : Vuzovskaya kniga, 2012. – 320 p.
 26. Cooley, J. W. An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series / J. W. Cooley, J. W. Tukey // Mathematics of Computation. – 1965. – Vol. 19, iss. 90. – P. 297–301.
 27. Schmidhuber, J. Deep learning in neural networks: An overview / J. Schmidhuber // Neural Networks. – 2015. – Vol. 61. – P. 85–117.
 28. Lapidus, A. A. Iskusstvennye neyronnye seti kak instrument optimizatsii proizvodstvennykh protsessov v stroitel'stve [Artificial neural networks as a tool for optimizing production processes in construction] / A. A. Lapidus, I. Ndajiragidzhe // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – 2018. – № 4. – P. 3–6.
 29. Artificial Intelligence in Protecting Smart Building's Cloud Service Infrastructure from Cyberattacks / P. Vähäkainu, M. Lehto, A. Kariluoto, A. Ojalainen. – DOI 10.1007/978-3-030-35746-7 // Cyber Defence in the Age of AI, Smart Societies and Augmented Humanity, Switzerland, Springer Cham, 2020, – 2020. – P. 289–315.
 30. Kim, D. P. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya. T. 2. Mnogomernye, nelinejnye, optimal'nye i adaptivnye sistemy [Theory of automatic control. Vol. 2. Multidimensional, nonlinear, optimal and adaptive systems] / D. P. Kim. – Moscow : Fizmatlit, 2007. – 440 p.

DOI: 10.54950/26585340_2022_4_73

данной работе стал анализ.

Результаты. По результатам анализа были выявлены общие правила, по которым происходит предварительная настройка файлов информационных моделей. По данным требованиям разработан обобщенный алгоритм подготовки информационных моделей и построена его блок-схема.

Выводы. Безусловно, невозможно составить алгоритм действий, учитывающий особенности различных программных комплексов, имеющих свои форматы хранения данных, структуру и принципы работы. Также требования могут отличаться внутри одной организации на разных проектах. Тем не менее, в данной статье были определены общие для всех программ-

Abstract. Aim of the research. The purpose of this study is to identify general requirements for the preparation of building information models for further transmission to collision detection programs to increase the efficiency of inspections and, as a result, improve the quality of project documentation.

Methods. The widely applicable collision detection programs were reviewed, and the requirements for models that must be met before their export were determined to evaluate general rules for models preparing for further transfer to collision detection programs. Thus, the main method of research in this work was analysis.

Results. Based on the analysis results, general rules were identified according to which the information model files should be preliminary configured. According to these requirements, a generalized algorithm for preparing information models has been developed and its block diagram has been constructed.

Введение

Строительство, как и любая другая система, обладает свойством историчности, подразумевающей под собой существование системы в виде последовательного перехода между фазами жизненного цикла. Успешная реализация проекта зависит от эффективности организации взаимодействия элементов системы на каждом этапе. Одной из ключевых фаз жизненного цикла строительного объекта является проектирование.

Качество проектирования заметно повысилось в ходе внедрения и развития информационного моделирования. Для создания, управления и сопровождения моделей существует множество программ, имеющих свой уникальный формат хранения данных. Поэтому с развитием технологий информационного моделирования (ТИМ) [1; 2] появилась необходимость обеспечения интероперабельности моделей, созданных в различных программных продуктах. Специалисты должны передавать модели и оперативно взаимодействовать не только внутри своего отдела, но и с проектировщиками других разделов [3] (архитектурные решения (АР), конструктивные решения (КР), отопление и вентиляция (ОВ), водоснабжение и канализация (ВК), автоматическое управление пожаротушением (АУПТ), слаботочные системы (СС) и прочие дисциплины по инженерному оборудованию и сетям (ИОС)), руководителями проекта и рабочей группы.

Взаимодействие специалистов, занимающихся разработкой отдельных разделов, осложняется тем, что при объединении моделей, выполненных ими, зачастую возникают коллизии. Коллизии – это некорректные пересечения элементов информационной модели между собой. В существующей зарубежной и отечественной практике применения информационного моделирования по причине возникновения можно выделить три вида коллизий:

1. «Жесткие» коллизии: возникают, когда проверяемые элементы модели пересекаются;

ных продуктов требования и разработан алгоритм подготовки файлов информационных моделей строительных объектов к передаче в программы выявления коллизий. Данный алгоритм может быть дополнен с учетом особенностей конкретной программы для проведения проверки. В дальнейшем процесс подготовки файлов информационных моделей следует автоматизировать.

Ключевые слова: информационное моделирование, проверка информационных моделей, выявление коллизий, требования к информационным моделям, экспорт информационных моделей, совместная работа при информационном моделировании.

Conclusions. It is impossible to create a versatile algorithm of actions that takes into account the features of various software systems that have their own data storage formats, structures, and principles of operation. In addition, the requirements may differ within the same organization for different projects. Nevertheless, in this article, the requirements common to all software products were defined, and an algorithm was developed for preparing files of information models of construction objects for transmission to collision detection programs. This algorithm can be supplemented by taking into account the specifics of a specific program for verification. In the future, the process of preparing information model files should be automated.

Keywords: information modelling, information models validation, collision detection, requirements to information models, export of information models, joint work within information modeling.

2. «Мягкие» коллизии: возникают, когда проверяемые элементы модели непосредственно не пересекаются, но пересекаются пространства вокруг них, представляющие нормируемые зоны доступа (обслуживания) или нормируемые расстояния между элементами;

3. Пространственно-временные коллизии: происходят внутри календарного графика строительства объекта.

Появление коллизий в информационных моделях строительных объектов приводит к ошибкам в формируемой на их основе проектной документации, которые могут препятствовать успешному прохождению экспертизы [4]. Не выявленные на этапе проектирования коллизии могут привести к ошибкам при возведении объекта, устранение которых увеличит сроки и стоимость строительства, а также может сказаться на безопасности построенного здания или сооружения.

Обнаружение коллизий [5; 6] может выполняться вручную – специалистом – или автоматизировано – с применением соответствующих программных продуктов. Первый способ является достаточно трудоемким и занимает много времени. Кроме того, при проверке модели вручную есть риск пропустить некоторые из имеющихся коллизий.

Для проведения автоматизированных проверок цифровые информационные модели [7; 8] подготавливаются и экспортируются в необходимый формат. Каждый специалист, особенно начинающий, понимает процесс подготовки по-разному, ориентируясь только на программный продукт, в котором была разработана модель. При этом корректная подготовка модели напрямую влияет на скорость и качество проверки. В связи с этим авторы предполагают, что выявление общих требований к подготовке информационных моделей строительных объектов к передаче в программы выявления коллизий существенно повысит эффективность проводимых проверок и, как следствие, приведет к повышению качества проектной

документации, что и стало целью данного исследования.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1. Анализ наиболее используемых программ выявления коллизий с определением требований к моделям, которые необходимо соблюдать для их передачи в данные программы.
2. Анализ требований и формирование общего набора правил для подготовки информационных моделей к дальнейшему импорту в программы выявления коллизий.
3. Формирование алгоритма действий для подготовки информационных моделей строительных объектов по выявленным требованиям.

Научной новизной исследования является определение общих требований для подготовки информационных моделей строительных объектов к передаче в программы выявления коллизий на основе анализа требований отдельных программных продуктов. Данный результат позволит осуществлять проверку информационных моделей без существенной привязки к конкретному программному обеспечению. Это, в свою очередь, даст возможность при необходимости быстро и эффективно перейти от использования одного программного обеспечения, предназначенного для выявления коллизий, к другому в условиях импортозамещения или требований заказчика.

Материалы и методы

В целях выявления общих требований к подготовке моделей для дальнейшей передачи в программы выявления коллизий необходимо рассмотреть наиболее используемые программы выявления коллизий и определить требования к моделям, которые необходимо соблюдать для их экспорта в данные программы. Поэтому основной метод исследования в данной работе – анализ.

Наиболее распространенным программным обеспечением [9] для проверки коллизий являются Autodesk Navisworks, Pilot-BIM и Solibri Office.

Autodesk Navisworks – это комплексное решение для анализа проектов, которое поддерживает моделирование в формате 5D, координацию, анализ и передачу информации о замысле и конструктивности проекта [10]. В данном программном продукте можно производить следующие проверки:

- 1) на пересечение – определение фактического пересечения геометрии;
- 2) на близость – определение пересечения геометрии с учетом заданного отступа;
- 3) на дублирование – определение повторяющихся элементов геометрии в одном месте.

Проверки на коллизии можно проводить, сопоставляя файлы или поисковые наборы. Navisworks работает с собственными форматами .nwc, .nwd, .nwd.

- a) NWC – кэшированная версия геометрии в 3D-виде;
- b) NWD – геометрия и специальные параметры

Спецификация и стандарт Specification and standard	IFC 2 x 3 TC1 – ISO 16736:2005	IFC 4 ADD2 TC1 – ISO 16739:2018
MVD	Coordination View 2.0 (CV2.0)	Reference View (RV1.2)
		Design Transfer View (DTV 1.1)
В IFC-файле должны быть заданы Should be defined in IFC-file	GUID, IfcSite	

Табл. 1. Требования к IFC
Tab. 1. Requirements for IFC

Navisworks для элементов;

- в) NWF – редактируемый формат, содержащий ссылку на исходную модель.

Для проверки моделей используют форматы .nwc и .nwf. Также может быть использован открытый формат представления данных IFC, разработанный компанией BuildingSMART [11]. Данный формат позволяет производить импорт и экспорт между различными программными продуктами информационного моделирования. В ходе его использования упрощается взаимодействие, а риск потери данных в ходе такого обмена сводится к минимуму. То есть на первом этапе подготовки информационной модели к проверке в Navisworks необходимо экспортировать ее в один из перечисленных выше форматов.

Еще одним требованием является подготовка 3D-вида с именем Navisworks, содержащего все элементы, необходимые для проверки, и их максимальные упрощения отображения для ускорения процесса конвертации и передачи. Помимо этого, для облегчения файла информационной модели также следует очистить ее от неиспользуемых элементов, загруженных в проект, и удалить все связи и импортированные файлы, используемые в роли подложки, если такие имеются.

Следующая программа, часть функционала которой предназначена для обнаружения коллизий [12], – Pilot-BIM, разработанная отечественной компанией «Аскон». Данный программный продукт представляет собой среду общих данных проектов информационного моделирования [13] для автоматического формирования и экспертизы консолидированной модели.

В Pilot-BIM рассматриваются два типа пересечений:

- 1) фактические пересечения геометрии, которые необходимо исправить;
- 2) слабые пересечения – если взаимное проникновение геометрии меньше заданного значения.

Импортируемым форматом для передачи из программ информационного моделирования в Pilot-BIM является IFC [14–16], к которому предъявляются требования, представленные в таблице 1, где MVD (Model View Definitions) – определенная выборка элементов из модели IFC для конкретной задачи, которая может быть следующих видов:

- Coordination View 2.0 (CV2.0) – пространственные объекты для координации проектов различных дисциплинарных разделов;
- Reference View (RV1.2) – упрощенное геометрическое представление пространственных объектов для координации проектов различных дисциплинарных разделов;
- Design Transfer View (DTV 1.1) – улучшенное геометрическое представление пространственных объектов для координации проектов различных дисциплинарных разделов с возможностью односторонней передачи данных моделирования.

GUID – уникальный глобальный идентификатор, который не должен меняться на протяжении всего жизненного цикла объекта. Для привязки здания к точке площадки используется IfcSite, позволяющий осуществлять координацию объектов.

Для конвертации в IFC каждый элемент модели должен иметь свой код классификатора, позволяющий однозначно его идентифицировать. Структура кода описана по следующей схеме [17]:

- Поле 1 Поле 2 Поле 3 Поле 4 Поле 5
- Поле 1 – буквенное поле, имеет фиксированное значение, обозначающее наименование классификатора (пример: топографическая съемка – TC).
- Поле 2 – числовое поле, обозначает код категории объекта.
- Поле 3 – числовое поле, обозначает код типа локализации, принимает следующие фиксированные значения:
- 00 – точечные объекты,
 - 10 – линейные объекты,
 - 20 – площадные объекты,
 - 30 – надписи.
- Поле 4 – числовое поле, обозначающее код класса объекта.
- Поле 5 – числовое поле, обозначающее код подкласса объекта.

Шаг приращения для значений кодов полей 2, 4 и 5 равен 1.

Емкость классификатора составляет 4 млн объектов. Так же как и для Navisworks, для Pilot-BIM важны детализация и геометрическое представление объектов, которые настраиваются непосредственно в программе.

- Существует три типа представления:
- 1) SweptSolid – представление геометрии с помощью набора параметров, редактирование значений которых приведет к изменению формы элемента;
 - 2) Vrep – представление геометрии с помощью ребер и поверхностей, которые не подлежат редактированию;
 - 3) Tessellation – представление геометрии с помощью разбиения сложных поверхностей на сетку, элементарной частью которой является треугольник.

Перед экспортом модели в формат IFC из программы, предназначенной для моделирования, необходимо настроить вид так, чтобы на нем остались только элементы, которые нужно проверять на пересечения. Это делается для того, чтобы уменьшить размер данных, преобразующихся в открытый формат, и для увеличения скорости экспорта и импорта.

Еще одна программа выявления коллизий – Solibri Office, разработчиком которой является Solibri. Данная

Требование	Условия выполнения требования
Наличие атрибутивной информации в модели	Указание кода классификатора элемента
	Указание GUID
Подготовка модели к экспорту	Удаление неиспользуемых элементов
Подготовка 3D-вида к экспорту	Скрытие элементов, не участвующих в проверке
Настройка координат	Совмещение моделей по координатам генплана
Формат передачи модели	IFC
Уровень проработки модели	Согласно ВЕР, не ниже LOD300

Табл. 2. Общие требования к передаваемым моделям
Tab. 2. General requirements for transmitted models

программа предназначена для объединения информационных моделей [18] в сводную и ее проверку.

В Solibri можно проводить следующие проверки:

- 1) на наличие пересечений геометрии;
- 2) на наличие заполненных параметров элементов модели;
- 3) на соответствие элементов принятым нормам.

Форматы входящих данных, с которыми работает данный программный продукт: .ifc, .ifczip, .dwg.

Перед импортом файлов модели можно настроить параметры для .ifc и .dwg. Для .ifc существует возможность выбора кодировки и набора свойств, который в дальнейшем будет проигнорирован программой. Если используется формат .dwg, то предварительно заполняется таблица, где каждому слою присваивается соответствующий ему компонент .ifc. Не обязательным правилом является предварительное очищение модели от неиспользуемых элементов.

После подготовки моделей они загружаются непосредственно в программу выявления коллизий, используемую в компании. Но перед запуском проверок необходимо посмотреть корректность вставки моделей по координатам. Если проектировщики задали различные координаты базовой точки, то геометрия модели будет вставляться неправильно относительно друг друга, что может привести к дополнительным коллизиям, а существующие пересечения могут быть не определены. После того, как специалисты удостоверились в корректности выполненных действий, описанных выше, запускается проверка, результатом которой будет отчет в выбранном формате представления данных [19].

Результаты

После проведения анализа требований наиболее популярных программных комплексов для поиска коллизий были выявлены общие правила, по которым происходит предварительная настройка файлов информационных моделей.

Сформированы следующие требования:

- 1) передаваемая модель должна быть очищена от неиспользуемых элементов;
- 2) на виде, предназначенном для экспорта, должны быть скрыты элементы, не предназначенные для проверки;
- 3) для каждого элемента модели должна быть заполнена необходимая для экспорта атрибутивная информация (код классификатора, GUID и т. п.);
- 4) файлы должны быть импортированы в формат IFC;
- 5) информационные модели одного проекта предварительно должны быть совмещены относительно

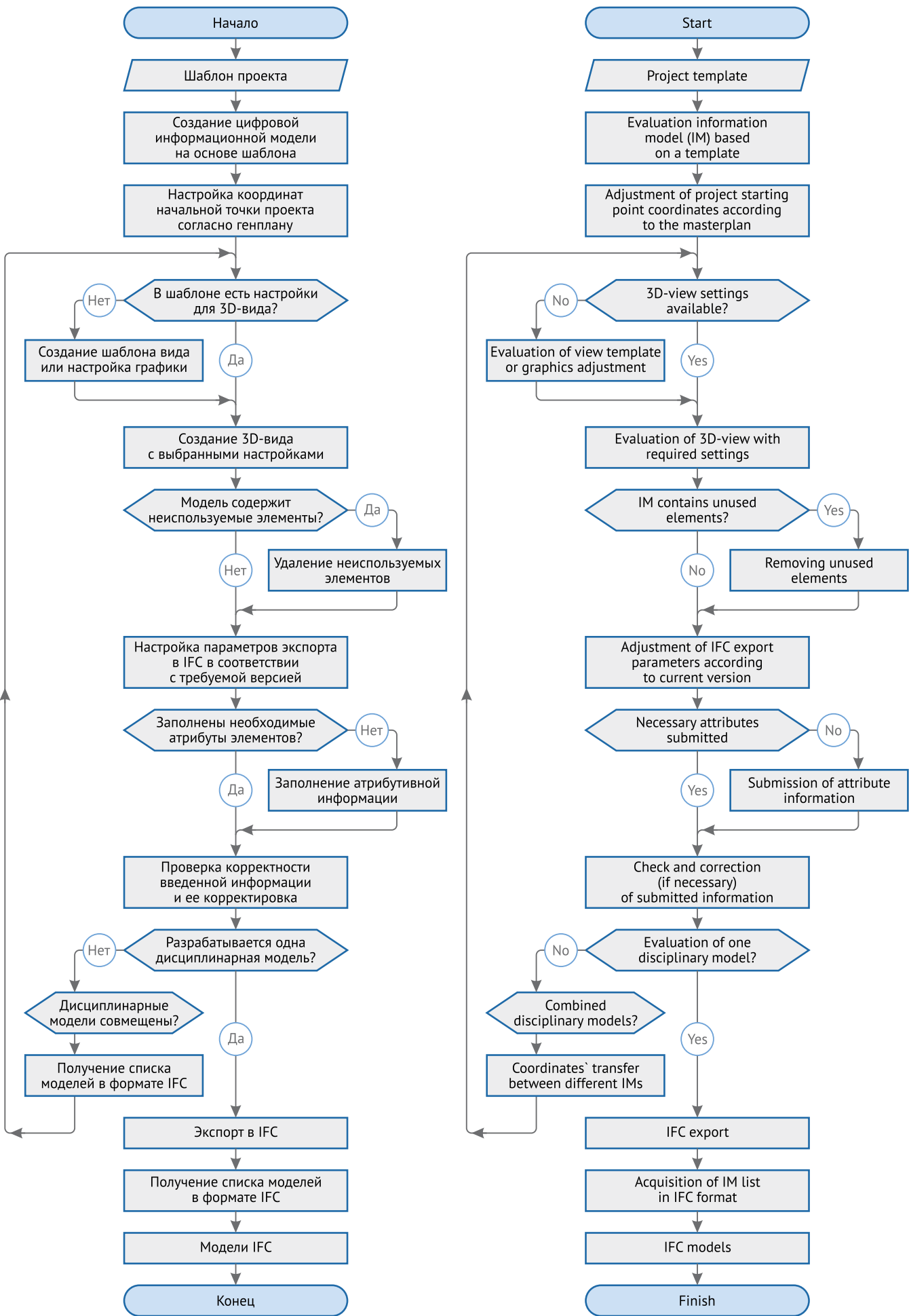


Рис. 1. Блок-схема алгоритма подготовки информационной модели для проверки в программах выявления коллизий
Fig.1. An algorithm for preparing an information model for verification in collision detection programs

координат базовой точки. Данные требования были систематизированы в таблице 2.

По данным требованиям разработан обобщенный алгоритм подготовки цифровых информационных моделей (рисунок 1).

Обсуждение

Безусловно, невозможно составить алгоритм действий, учитывающий особенности различных программных комплексов, имеющих свои форматы хранения данных, структуру и принципы работы. Также требования могут отличаться внутри одной организации на разных проектах. При выборе программы для проверки многие ориентируются на программные продукты от компаний-разработчиков программ, в которых происходит непосредственное моделирование, тем самым используя «устоявшиеся связи», где обмен данными происходит напрямую.

Тем не менее, в данной статье были определены общие требования и разработан алгоритм подготовки файлов информационных моделей строительных объектов к передаче в программы выявления коллизий в целях повышения качества проектной документации. Данный алгоритм может быть дополнен с учетом особенностей конкретной программы для проведения проверки.

На основе представленной последовательности действий можно написать код, ориентированный на программный комплекс, в котором разрабатывались исходные модели. Также она может служить для обучения начинающих специалистов, которым предстоит выполнять ряд задач, связанных с подготовкой моделей к даль-

нейшей выгрузке в сторонние программные продукты или компании.

Заключение

Систематические проверки на всевозможные коллизии, образующиеся в сводной мультидисциплинарной модели, являются одним из эффективных способов повышения качества проектной документации. По сформированным отчетам в программах выявления коллизий проектировщикам легче определить и исправить возникающие ошибки и пересечения. Их оперативное устранение на этапе проектирования обойдется в несколько раз дешевле, чем при выявлении и исправлении на стройке. Для уменьшения человеческого фактора в процессе взаимодействия, передачи информации и контроля за выпускаемой документацией [20] используются специализированные программные продукты, имеющие свой уникальный формат хранения данных. Для подготовки моделей необходима разработка алгоритма, предназначенного для создания настроенного вида и конвертации модели в указанный формат.

В дальнейшем следует автоматизировать процесс [21] подготовки файлов информационных моделей при условии стандартизации ранее сформулированных правил. Грамотная организация среды общих данных и автоматизация процессов уменьшит риски потери передаваемой информации между проектировщиками и программными комплексами, которые могут возникать при ручной передаче файлов. В итоге автоматизация описанного алгоритма сэкономит время, трудовые и материальные ресурсы, затрачиваемые на обмен данными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теличенко, В. И. Информационное моделирование технологий и бизнес-процессов в строительстве / В. И. Теличенко, А. А. Липидус, А. А. Морозенко. – Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 144 с.
2. Шемякина, Т. Ю. Производственный менеджмент. Управление качеством (в строительстве) : учебное пособие / Т. Ю. Шемякина, М. Ю. Селивохин. – Москва : Альфа М, 2013. – 272 с.
3. Постановление Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. № 1431 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в пункт 6 Положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства» : вступ. в силу с 30 сентября 2020 г. и действ. до 1 марта 2023 г. // Гарант: информационно-правовое объединение. – URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/74644278/paragraph/1:0> (дата обращения: 28.11.2022).
4. Чайка, Ю. О. Совершенствование системы планирования, контроля и регулирования строительных проектов на основе модели зрелости / Ю. О. Чайка // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 6. – С. 59–60.
5. Макиша, Е. В. Состояние и перспективы применения систем проверки информационных моделей строительных объектов / Е. В. Макиша, К. А. Мочкин // Строительство: наука и образование. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 70–86. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_47995064_63177621.pdf (дата обращения: 28.11.2022).

6. Галкина, Е. В. Перспективы использования систем проверки информационных моделей в России / Е. В. Галкина // Научное обозрение. – 2017. – № 21. – С. 159–161.
7. Green BIM. How Building Information Modeling is Contributing to Green Design and Construction. – McGraw-Hill Construction, 2010.
8. Singh, V. A Theoretical Framework of a BIM-Based MultiDisciplinary Collaboration Platform / V. Singh, N. Gu, X. Wang // Automation in Construction. – 2011. – № 20. – P. 134–144.
9. Галкина, Е. В. Анализ инструментов верификации проектной документации / Е. В. Галкина // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – № 6. – С. 95–97.
10. Autodesk : официальный сайт : [Электронный ресурс]. – URL: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/RUS/Navisworks-Freedom/files/GUID-82273D46-50EB-42F1-A1BC-0F60DF68621D-htm.html> (дата обращения: 21.10.2022).
11. Solihin, W. Classification of rules for automated BIM rule checking development / W. Solihin, C. Eastman. – DOI 10.1016/j.autcon.2015.03.003 // Automation in Construction. – 2015. – Vol. 53. – P. 69–82.
12. JBIM Journal of Building Information Modeling. – Текст : электронный. – 2009. – С. 52. – URL: <https://studylib.net/doc/12032696/jbim-journal-of-building-information-modeling> (дата обращения: 28.11.2022).
13. Sampaio, A. Z. BIM as a Computer-Aided Design Methodology in Civil Engineering / A. Z. Sampaio // Journal of Software Engineering and Applications. – 2017. – № 10. – P. 194–210.
14. Han, C. Client/server framework for on-line building code checking / C. Han, J. Kunz, K. Law // Journal on Computing in Civil Engineering, ASCE. – 1998. – № 12 (4). – P. 181–194.
15. Han, C. Building design services in a distributed architecture /

C. Han, J. Kunz, K. Law. // Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE. – 1999. – № 13 (1). – P. 12–22.

16. Han, C. Compliance Analysis for Disabled Access / C. Han, J. Kunz, K. Law. // Advances in Digital Government Technology, Human Factors, and Policy. – Kluwer, Boston, MA, 2002. – P. 149–163.
17. Классификаторы для информационного моделирования. Описание системы. Редакция 4.0 : Текст : электронный / Московская государственная экспертиза. – Москва, 2019. – URL: <https://www.npmaap.ru/images/docs/bim/000.pdf>.
18. Sydora, C. Rule-based compliance checking and generative design for building interiors using BIM / C. Sydora, E. Stroulia // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 120, iss. 103368. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103368>.

REFERENCES

1. Telichenko, V. I. Informatsionnoe modelirovanie tekhnologij i biznes-protsessov v stroitel'stve [Information modeling of technologies and business processes in construction] / V. I. Telichenko, A. A. Lapidus, A. A. Morozenko. – Moscow : Izdatel'stvo Assotsiatsii stroitel'nykh vuzov [Publishing House of the Association of Construction Universities], 2008. – 144 p.
2. Shemyakina, T. Y. Proizvodstvennyj menedzhment. Upravlenie kachestvom (v stroitel'stve) : uchebnoe posobie [Production anagement. Quality management (in construction) : textbook] / T. Y. Shemyakina, M. Y. Selivokhin. – Moscow : Al'fa M, 2013. – 272 p.
3. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 15 sentyabrya 2020 g. № 1431 «Ob utverzhdenii Pravil formirovaniya i vedeniya informatsionnoj modeli ob'ekta kapital'nogo stroitel'stva, sostava svedenij, dokumentov i materialov, vlyuchaemykh v informatsionnyu model' ob'ekta kapital'nogo stroitel'stva i predstavlyaemykh v forme ehlektronnykh dokumentov, i trebovanij k formatam ukazannykh ehlektronnykh dokumentov, a takzhe o vnesenii izmeneniya v punkt 6 Polozheniya o vypolnenii inzhenernykh izyskanij dlya podgotovki proektnoj dokumentatsii, stroitel'stva, rekonstruksii ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva» [Decree of the Government of the Russian Federation No. 1431 dated September 15, 2020 «On Approval of the Rules for the Formation and Maintenance of an Information Model of a Capital Construction Object, the Composition of Information, Documents and Materials Included in the Information Model of a Capital Construction Object and Submitted in the Form of Electronic Documents, and Requirements for the Formats of these Electronic documents, as well as Amendments to item 6 of the Regulations on the performance of engineering surveys for the preparation of project documentation, construction, reconstruction of capital construction facilities»] : vstup. v silu s 30 sentyabrya 2020 g. i dejstv. do 1 marta 2023 g. [effective from September 30, 2020 and valid. until March 1, 2023] // Garant: informatsionno-pravovoe ob'edinenie [Guarant: information and legal association]. – URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/74644278/paragraph/1:0> (accessed: 28.11.2022).
4. Chaika, Y. O. Sovershenstvovanie sistemy planirovaniya, kontrolya i regulirovaniya stroitel'nykh proektov na osnove modeli zrelosti [Improving the system of planning, control and regulation of construction projects based on the maturity model] / Y. O. Chaika // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2014. – № 6. – P. 59–60.
5. Makisha, E. V. Sostoyanie i perspektivy primeneniya sistem proverki informatsionnykh modelej stroitel'nykh ob'ektov [The state and prospects of application of systems for checking information models of construction objects] / E. V. Makisha, K. A. Mochkin // Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie [Construction: science and education]. – 2021. – Vol. 11, № 4. – P. 70–86. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_47995064_63177621.pdf (accessed: 28.11.2022).
6. Galkina, E. V. Perspektivy ispol'zovaniya sistem proverki infor-

19. Серебряков, С. В. Геоинформационная технология 8-уровневой ответственности / С. В. Серебряков, В. В. Комоско, В. М. Строков // Управление развитием территории. – 2016. – № 3. – С. 56–60. – URL: <http://opds.info/wp-content/uploads/2021/04/1-serebryakov-geoinformaczionnaya-tehnologiya-8-urovnevoj-otvetstvennosti-short.pdf>.
20. Han, C. Making automated building code checking a reality / C. Han, J. Kunz, K. Law // Facility Management Journal. – 1997. – P. 22–28.
21. Beach, T. H. Towards the adoption of automated regulatory compliance checking in the built environment / T. H. Beach, J.-L. Hippolyte, Y. Rezgui // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 118, iss. 103285. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103285>.

matsionnykh modelej v Rossii [Prospects for the use of information model verification systems in Russia] / E. V. Galkina // Nauchnoe obozrenie [Scientific Review]. – 2017. – № 21. – P. 159–161.

7. Green BIM. How Building Information Modeling is Contributing to Green Design and Construction. – McGraw-Hill Construction, 2010.
8. Singh, V. A Theoretical Framework of a BIM-Based MultiDisciplinary Collaboration Platform / V. Singh, N. Gu, X. Wang // Automation in Construction. – 2011. – № 20. – P. 134–144.
9. Galkina, E. V. Analiz instrumentov verifikatsii proektnoj dokumentatsii [Analysis of project documentation verification tools] / E. V. Galkina // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ya [Scientific and Technical Bulletin of the Volga region]. – 2018. – № 6. – P. 95–97.
10. Autodesk : [official website]. – URL: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/RUS/Navisworks-Freedom/files/GUID-82273D46-50EB-42F1-A1BC-0F60DF68621D-htm.html> (accessed: 21.10.2022).
11. Solihin, W. Classification of rules for automated BIM rule checking development / W. Solihin, C. Eastman. – DOI 10.1016/j.autcon.2015.03.003 // Automation in Construction. – 2015. – Vol. 53. – P. 69–82.
12. JBIM Journal of Building Information Modeling. – Text : electronic. – 2009. – P. 52. – URL: <https://studylib.net/doc/12032696/jbim-journal-of-building-information-modeling> (accessed: 28.11.2022).
13. Sampaio, A. Z. BIM as a Computer-Aided Design Methodology in Civil Engineering / A. Z. Sampaio // Journal of Software Engineering and Applications. – 2017. – № 10. – P. 194–210.
14. Han, C. Client/server framework for on-line building code checking / C. Han, J. Kunz, K. Law // Journal on Computing in Civil Engineering, ASCE. – 1998. – № 12 (4). – P. 181–194.
15. Han, C. Building design services in a distributed architecture / C. Han, J. Kunz, K. Law. // Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE. – 1999. – № 13 (1). – P. 12–22.
16. Han, C. Compliance Analysis for Disabled Access / C. Han, J. Kunz, K. Law. // Advances in Digital Government Technology, Human Factors, and Policy. – Kluwer, Boston, MA, 2002. – P. 149–163.
17. Klassifikatory dlya informatsionnogo modelirovaniya. Opisanie sistemy. Redaktsiya 4.0 : Tekst : ehlekronnyj [Classifiers for information modeling. Description of the system. Revision 4.0 : Text : electronic] / Moskovskaya gosudarstvennaya ehksper-tiza [Moscow State Expertise]. – Moscow, 2019. – URL: <https://www.npmaap.ru/images/docs/bim/000.pdf>.
18. Sydora, C. Rule-based compliance checking and generative design for building interiors using BIM / C. Sydora, E. Stroulia // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 120, iss. 103368. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103368>.
19. Serebryakov, S. V. Geoinformatsionnaya tekhnologiya 8-urovnevoj otvetstvennosti [Geoinformation technology of 8-level responsibility] / S. V. Serebryakov, V. V. Komosko,

V. M. Stokov // Upravlenie razvitiem territorii [Territory development management]. – 2016. – № 3. – P. 56–60. – URL: <http://opds.info/wp-content/uploads/2021/04/1-serebryakov-geo-informaczionnaya-tehnologiya-8-urovnevoj-otvetstvennosti-short.pdf>.
22. Han, C. Making automated building code checking a reality / C. Han, J. Kunz, K. Law // Facility Management Journal. – 1997. –

P. 22–28.
23. Beach, T. H. Towards the adoption of automated regulatory compliance checking in the built environment / T. H. Beach, J.-L. Hippolyte, Y. Rezgui // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 118, iss. 103285. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103285>.

УДК 658.2 DOI: 10.54950/26585340_2022_4_80

Практикоориентированный подход к формированию стандарта входного контроля оценки квалификации персонала

A Practice-Oriented Approach to the Formation of the Standard of Incoming Control of Personnel Qualification Assessment

Морозенко Андрей Александрович

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

Morozenko Andrey Aleksandrovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Construction of Thermal and Nuclear Energy Facilities», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, morozenkoaa@mgsu.ru

Швец Наталья Сергеевна

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

Shvets Natalia Sergeevna

Graduate student of the Department «Construction of Thermal and Nuclear Energy Facilities», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, lam@nsergeevna.ru

Аннотация. В данной статье были освещены вопросы целесообразности и практикоориентированности применения инструмента входного контроля квалификации строительно-монтажного персонала для целей сооружения АЭС за рубежом. Освещены теоретические исследования по теме подготовки персонала, в том числе рассмотрены различные подходы: с использованием учебных заведений, внутрикорпоративного обучения, ускоренной подготовки работников. Были собраны и обработаны статистические данные по результатам входного контроля локального персонала. Представлена организационная модель подготовки локального строительно-монтажного персонала и управления им на строительно-технологическом этапе жизненного цикла сооружения АЭС, включая фазы подготовительного и основного периодов СМР. Изучены особенности отбора и обучения строительно-монтажного персонала,

учитывающие аспект образовательной инфраструктуры страны присутствия, наличие в стране квалификационных требований к представителям рабочих профессий, а также уровень начальной профессиональной подготовки работников. Предложен практикоориентированный подход к формированию Стандарта входного контроля оценки квалификации персонала, состоящего из модели компетенций специалиста, чек-листа по навыкам (субнавыкам), контрольно-оценочного задания, карт технологических процессов и инфраструктурного листа. Сделаны выводы о возможности применения разработанного инструмента контроля квалификации к различным отраслям и категориям профессий.

Ключевые слова: входной контроль квалификации, кадровый потенциал, модель подготовки персонала, стандарт входного контроля оценки квалификации, АЭС.

Abstract. In this article, the issues of expediency and practicality of the application of the input control tool for the qualification of construction and installation personnel for the construction of nuclear power plants abroad were highlighted. Theoretical studies on the topic of personnel training are highlighted, including various approaches are considered: using educational institutions, intra-corporate training, accelerated training of employees. Statistical data on the results of the entrance control of local personnel were collected and processed. The organizational model of training of local construction and installation personnel and their management at the construction and technological stage of the life cycle of the NPP construction, including the phases of the preparatory and main periods of the SMR, is presented. The features of the selection and training of construction and installation personnel, taking into account the aspect of the educa-

tional infrastructure of the country of presence, the presence in the country of qualification requirements for representatives of working professions, as well as the level of initial professional training of employees, are studied. A practice-oriented approach to the formation of a Standard for the input control of personnel qualification assessment is proposed, consisting of a specialist competence model, a checklist for skills (sub-skills), a control and evaluation task, process maps and an infrastructure sheet. Conclusions are drawn about the possibility of applying the developed qualification control tool to various industries and categories of professions.

Keywords: entrance control of qualifications, personnel potential, staff training model, standard of entrance control of qualification assessment, NPP.

Введение

На сегодняшний день Госкорпорация «Росатом» (далее – Госкорпорация либо Росатом), является мировым

лидером по количеству одновременно сооружаемых блоков АЭС. При этом 80 % этого проектного портфеля приходится на АЭС, размещаемые за пределами Российской

Федерации. Это означает, что для того, чтобы реализовать требования взятых на себя контрактных обязательств по обеспечению всех проектов сооружения работниками в требуемом количестве и с ожидаемым уровнем профессионализма, занятых на общестроительных и теплоэнергетических работах, инженеринговому дивизиону Росатома, выступающему в качестве генерального подрядчика, следует обобщить группы рисков деятельности предприятия и быть готовым к нивелированию негативных событий, связанных с решением следующих проблем:

- 1) большое количество разнородных видов работ на нескольких сооружаемых одновременно блоках;
- 2) локализация высококвалифицированного персонала в соответствии с требованиями контракта;
- 3) мультинациональность коллектива, принципиально влияющая на подходы к организации труда;
- 4) необходимость обеспечения проекта персоналом в условиях минимизации издержек и сокращения затрат;
- 5) выполнение контрактных обязательств с условием локализации трудовых ресурсов.

Обеспечение качественной и безопасной работы в данных условиях диктует необходимость формировать трудовые коллективы из сотрудников, способных на самом высоком профессиональном уровне реализовать поставленные перед ними задачи. Это определяется, в первую очередь, их профессиональной квалификацией, инструменты и подходы к оценке и повышению которой предлагается рассмотреть в настоящей статье на примере сооружаемой и практически подготовленной к вводу в эксплуатацию (в 2024 г.) АЭС «Руппур» в Бангладеш, в настоящее время наиболее наглядную и выразительную зарубежную практику ГК «Росатом».

Научная новизна исследования состоит в постановке проблемы необходимости пересмотра и адаптации программ подготовки строительно-монтажного персонала для реализации проектов по сооружению АЭС за рубежом, а также в разработке организационной модели подготовки рабочего локального персонала с использованием инструмента входного контроля квалификации.

Обзор литературы

Вопросам подготовки работников различных отраслей посвящено большое количество публикаций и изданий. В них рассматриваются варианты подготовки персонала с участием образовательных учреждений-партнеров, создания собственных центров подготовки работников, методов самообучения и применения дистанционных форматов подготовки сотрудников.

По мнению Е. Безлепкиной, обучение персонала – это развитие профессиональных знаний, умений и навыков сотрудников с учетом целей соответствующих подразделений, которые, в свою очередь, определяются стратегией компании. Благополучная, стабильная организация думает о своем будущем, готова вкладывать в него деньги.

Профессиональное обучение – процесс формирования у сотрудников организации специфических профессиональных навыков посредством специальных методов обучения [1].

Авторы Зинатуллина Э. И. [2] и Кязимов К. Г. [3], в свою очередь, подробно рассматривают вопросы организации корпоративного образования в крупных промышленных корпорациях нефтяной и газовой сферы.

Ганченкова М. Г. и Бойко О. В. в своем исследовании делают фокус на стремительно меняющихся технологиях и запросах работодателей-производителей высокотехнологичных продуктов, на все новых вызовах и требованиях, предъявляемых к системе образования, росте запросов на ускоренную подготовку кадров и ее большой практикоориентированности [4], подтверждая гипотезу, что новые материалы и оборудование, новые технологии производства работ, наращивание объемов производства принципиально меняют характер требований к уровню профессиональной подготовки специалистов.

В то же время Бахтин М. Г. в качестве основной проблемы в области обучения и развития молодых специалистов видит несоответствие подготовки требуемым компетенциям (28 %) и низкий уровень подготовки выпускников вузов (18 %). Однако результаты других исследований показывают, что 52 % опрошенных работодателей не готовы предоставлять возможность стажировки студентам старших курсов, при этом 30 % выпускников не откликнулись бы на подобное предложение. В результате одни теряют потенциальных работников, а другие – еще не приобретенную квалификацию и возможность работать по специальности [5].

Можно сделать вывод, что в российском образовании вопрос включения работодателя в профобразование остается открытым [6].

Ориентация на внутрифирменное обучение в настоящее время является ведущей тенденцией в сфере дополнительного обучения и повышения квалификации персонала. Об этом свидетельствуют результаты опроса, проведенного журналом «Корпоративные университеты»: 44 % опрошенных респондентов указывают на наличие в организации корпоративного университета, 38 % – на наличие учебного центра, в 6 % случаев корпоративный университет в процессе формирования и только 12 % респондентов констатируют его отсутствие [7].

Научным центром в России, занимающимся вопросами строительства АЭС, является кафедра строительства объектов тепловой и атомной энергетики Московского государственного строительного университета. Сотрудниками кафедры подготовлен и опубликован целый ряд публикаций научного и учебного характера, однако в первую очередь эти работы нацелены на решение вопросов организационно-технологического характера с привлечением отечественных трудовых ресурсов, подготовленных в системе российских образовательных стандартов (обучение, профессиональная переподготовка, повышение квалификации), и в меньшей степени затрагивают проблематику подготовки кадров для реализации проектов атомного строительства за рубежом.

Аспект подготовки кадров для атомной отрасли исследовался в работах Носырева Н. А. [8], Путилова А. В., Стриханова М. Н., Тихомирова Г. В. [9]. При этом необходимо подчеркнуть, что речь в них идет о подготовке персонала для эксплуатации станций в РФ, а не их строительства, не затрагиваются вопросы массовой единовременной подготовки кадров для различных видов работ на сооружаемых блоках и не рассматривается горизонт сооружения блоков за рубежом.

Вместе с упомянутым ранее коллективом авторов-атомщиков, заслуженный энергетик России А. М. Буринский, рассуждая о профессиональном обучении пер-

сонала для атомных станций, также уделяет внимание эксплуатационному персоналу, делая акцент при этом на необходимости использования при обучении технических средств, включая тренажеры различных типов, и целесообразности отработки действий при возможных нарушениях, включая аварии [10].

При этом если посмотреть на выводы по вопросам перспектив развития строительной отрасли, то Международная организация труда (МОТ) еще в 2001 г. провела анализ ситуации на рынке труда в строительстве в различных регионах мира. По результатам анализа был опубликован соответствующий отчет «Строительная отрасль в XXI веке: ее изображение, перспективы трудоустройства и требования к квалификации» [11]. Так, авторами исследования отмечается тенденция повсеместного недостатка высококвалифицированного строительного и инженерно-технического персонала, снижение престижа профессии строителя, а также увеличение количества проектов сооружения в регионах со сложной климатической обстановкой, отсутствием качественной инфраструктуры для жизни работников.

По итогам проведенного анализа результатов исследований можно сделать следующие выводы.

1. В работах авторов, занимающихся исследованием

процессов в атомной отрасли, большое внимание уделено вопросам подготовки персонала для целей эксплуатации АЭС, при этом не рассматриваются вопросы подготовки строительно-монтажного персонала для целей сооружения АЭС за пределами РФ, учитывающие специфику нормативов и требований, отраженных в ПНАЭ и прочих внутренних документах.

2. Периметр представленных исследований охватывает вопросы подготовки/оценки квалификации сотрудников РФ. Вместе с тем для ответа на вызовы, связанные с необходимостью реализации проектов в мультинациональной среде, важно проанализировать специфику и подходы к подготовке локального персонала – как основной рабочей силы на зарубежных площадках сооружения АЭС.

3. Не определены подходы к оценке целесообразности внедрения инструмента входного контроля квалификации как основы формирования работающей модели профессиональной подготовки персонала строительных организаций.

Материалы и методы

Анализируя подходы к подготовке персонала для атомного строительства, можно сделать вывод о том, что

№ п/п	Профессия	2019–2022 гг					
		Статус	Разряд (квалификация)				Итого
			3	4	5	6	
1	Арматурщик	Подтвердили	16	3	0	0	19
		Подтвердили с обучением	112	36	11	5	164
		Не подтвердили	1435	247	15	2	1699
2	Бетонщик	Подтвердили	45	64	2	0	111
		Подтвердили с обучением	276	48	15	2	341
		Не подтвердили	1289	313	36	5	1643
3	Монтажник СИЖБК	Подтвердили	58	24	12	2	96
		Подтвердили с обучением	324	46	10	8	388
		Не подтвердили	514	114	36	9	673
4	Монтажник ТО	Подтвердили	28	47	35	9	119
		Подтвердили с обучением	117	196	37	23	373
		Не подтвердили	467	95	28	16	606
5	Монтажник ТТ	Подтвердили	46	64	17	6	133
		Подтвердили с обучением	186	69	41	12	308
		Не подтвердили	422	115	36	29	602
6	Слесарь-ремонтник	Подтвердили	8	25	12	1	46
		Подтвердили с обучением	34	27	27	2	90
		Не подтвердили	49	65	18	0	132
7	Электромонтажник	Подтвердили	64	14	11	1	90
		Подтвердили с обучением	35	29	8	5	77
		Не подтвердили	42	28	16	32	118
8	Сварщик	Подтвердили	58	37	15	23	133
		Подтвердили с обучением	201	65	31	22	319
		Не подтвердили	512	233	42	14	801
Итого		Подтвердили	323	278	104	42	747
		Подтвердили с обучением	1285	516	180	79	2060
		Не подтвердили	4730	1210	227	107	6274

Табл. 1. Результаты входного контроля квалификации локального персонала по основным рабочим профессиям
Tab. 1. Results of the input control of the qualification of local personnel in the main working professions

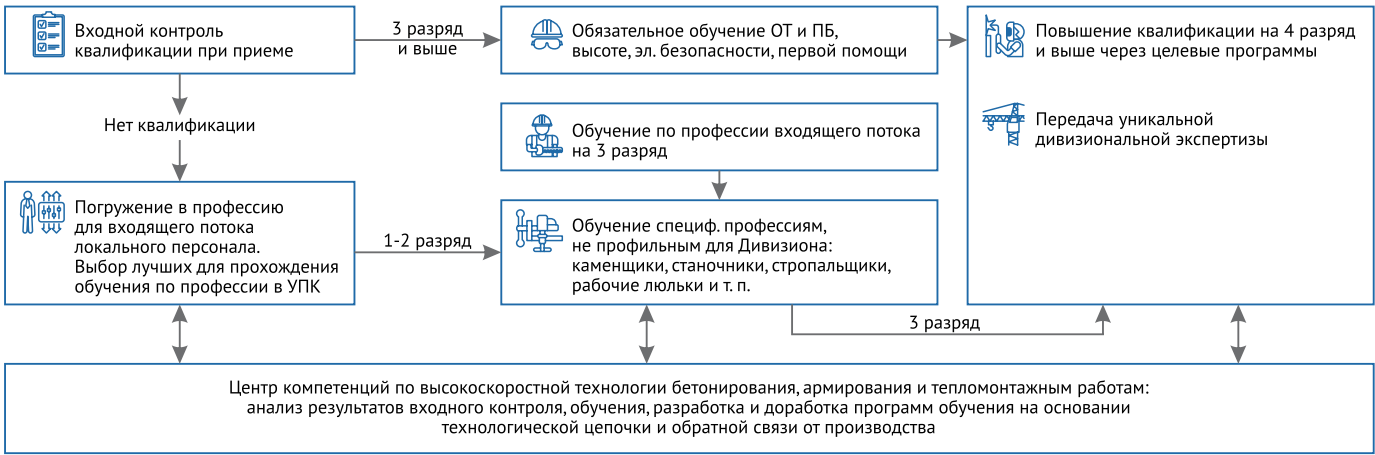


Рис. 1. Организационная модель подготовки рабочего локального персонала с использованием инструмента входного контроля квалификации
Fig. 1. Organizational model of training of working local personnel using the input qualification control tool

существующие методы оценки квалификации и профессиональной подготовки имеют определенное количество упущений, которые, в свою очередь, прямо и косвенно оказывают влияние на выполнение производственной программы сооружения, реализацию в сроки всех ключевых событий, получение планируемых финансовых результатов и, конечно, обеспечение безопасности на всех этапах жизненного цикла АЭС. Назрела объективная необходимость пересмотра организационной модели подготовки строительно-монтажного персонала путем доработки и адаптации используемых ранее подходов инфраструктурными и методологическими компонентами.

Одним из ключевых условий реализации производственной программы по сооружению АЭС является грамотное формирование подходов к отбору и обучению строительно-монтажного персонала, принимающее во внимание аспект образовательной инфраструктуры страны присутствия, наличие в стране квалификационных требований к представителям рабочих профессий, а также уровень начальной профессиональной подготовки работников.

При этом стоит обратить внимание, что система квалификационных требований к представителям рабочих строительных профессий в странах присутствия Росатома значительно разнится. Так, к примеру, европейские страны обладают собственной системой квалификации, основанной на международных стандартах ISO и нормах МАГАТЭ, а страны юго-восточной Азии и Африки нуждаются в систематизации имеющихся инструментов, внесении новых подходов к профессиональной подготовке сотрудников и формировании трудовых коллективов с высоким уровнем профессионализма.

Отвечая на вопрос о целесообразности организации мероприятий по входному контролю квалификации в условиях ограниченных временных и финансовых ресурсов, стоит обратиться к анализу данных по результатам входного контроля квалификации локального персонала для сооружения АЭС «Руппур» (таблица 1).

По результатам входного контроля квалификации локального персонала объективно видно, что за исследуемый период 6274 работника не подтвердили свою квалификацию при трудоустройстве (69,1 % от кандидатов на прием), 2060 человек (22,7 %) подтвердили свою квалификацию только после пройденного обучения и 8,2 % кандидатов подтвердили свою квалификацию при

приеме. Таким образом, можно сделать вывод об объективной необходимости применения инструмента входного контроля квалификации при приеме для целей найма действительно квалифицированных работников, способных к обучению, для целей качественного и корректного распределения работ в соответствии с профессиональными навыками, знаниями и умениями.

При этом если ранее формат проведения входного контроля утверждался и принимался на уровне строительного предприятия, принимающего персонал в штат, то в связи с выходом на международные рынки и необходимостью формирования единых подходов, понятных и прозрачных для потенциального иностранного контрагента, появилась необходимость разработки унифицированных подходов к контролю квалификации, основанных на требованиях внутренних нормативных документов и признанных мировых практиках.

Результаты исследования

Для того чтобы обеспечить профессиональную подготовку рабочих по требуемым профессиям с нуля в стране присутствия, была разработана и внедрена в практическую реализацию организационная модель подготовки рабочего локального персонала с использованием инструмента входного контроля квалификации при приеме (рис. 1).

Данная модель представляет собой комплексный и многоэтапный процесс работы с входящим потоком кандидатов с целью отбора, оценки квалификации «при входе» на проект, погружения в профессию, промежуточного контроля знаний, а также полноценной подготовки по рабочей профессии и нормам в области обеспечения безопасности и охраны труда, с дальнейшим повышением квалификации.

Для стандартизации процедуры оценки в этой связи целесообразно было разработать единый документ – Стандарт входного контроля оценки квалификации (далее – Стандарт), включающий все основные навыки по профессии и критерии их оценки – на основе ГОСТ по специальностям и профилям, с особым акцентом на те навыки, которые в наибольшей степени востребованы в атомном строительстве.

Описание навыков и система их оценки дополнены требованиями охраны труда и техники безопасности – специфичными для данных профессий. Кроме того, система оценки приведена в соответствие с действующими

профессиональными стандартами, федеральными государственными образовательными стандартами, а также Перечнем профессий рабочих, должностей и служащих. Стандарт содержит также рекомендации по организации оценочных процедур, инфраструктурный лист – перечень необходимого оборудования, материальных ресурсов, расходных материалов.

Важнейшей особенностью Стандарта является также соответствие международным нормам – требованиям международной организации по стандартизации (ISO) и передовому опыту и рекомендациям международного движения WorldSkills.

Ориентация на стандарты ISO является обычной практикой для компаний, ориентированных на экспорт или активно работающих на внешних рынках в разных регионах мира. В госкорпорации «Росатом» принятые Стандарты были разработаны с учетом стандартов ISO, а также национальных стандартов РФ – ГОСТ Р ИСО и ПНАЭ, разработанных и принятых на их основе. Однако в силу специфики атомного строительства могут применяться более строгие значения уровня качества, обусловленные технологическим процессом.

Вторым важным компонентом при формировании Стандартов стал опыт и рекомендации (технические описания компетенций) международного движения WorldSkills.

Далее остановимся подробнее на качественном анализе разработанных Стандартов по профессиям, которые наиболее востребованы в подготовке кадров для строительства АЭС на зарубежных площадках с привлечением локального персонала:

- по профессии *сварщик* – как наиболее сложной для освоения, с большим набором навыков и компетенций, высокими рисками, предусматривающей, как правило, прохождение сложных процедур подтверждения квалификации, аттестации;
- по профессиям *арматурщик, бетонщик, монтажник опалубочных систем* – как наиболее массовых;
- по профессии *монтажник технологических трубопроводов* – как сочетающую факторы массовости и сложности.

В результате работы по сопоставлению утвержденных на уровне нормативов и требований, анализа проектов организации строительства, консультаций с экспертами отрасли и Инжинирингового дивизиона, ответственными за рассматриваемые сферы, анализа практического опыта проведения соответствующих работ были разработаны Стандарты – комплексы контрольно-оценочных материалов для оценки уровня владения профессиональными навыками специалистами прикладных профессий атомной отрасли.

Каждый из разработанных Стандартов выстроен по определенной структуре, состоит из нескольких блоков.

Первый блок – модель компетенции специалиста по видам работ по профилям. Модель включает требования к организации работы и охраны труда, конкретные производственные технологии, применяемые материалы, методы обеспечения качества и для контроля испытания.

Второй блок – чек-листы для оценки владения навыками (субнавыками) по группам навыков, с обозначением весовых коэффициентов и комментариями по назначению оценок. Для прозрачности и объективности оценки

блок обеспечен чек-листом по каждому виду работ и профилю.

Третий блок – контрольно-оценочное задание. Если первые блоки ориентированы на оценку наличия «обязательных» знаний и навыков для подтверждения квалификации, то блок с контрольным заданием позволяет оценить профессиональный уровень, мастерство и кадровый потенциал работника применительно к специфике заказчика. В рамках этого этапа участники получают инструкцию, рабочие чертежи и заготовки контрольных соединений. Задание может содержать как один, так и несколько модулей, а также отдельные контрольные образцы из разных модулей, которые выполняются последовательно. Оценка производится как в отношении качества выполненных работ заданий модулей, так и в отношении процесса выполнения практического задания. Для оценки результатов применяются критерии «подготовка, сборка и техника безопасности» (по чек-листу) и визуально-измерительный контроль, по каждому разделу установлены проходные баллы.

К каждой оцениваемой трудовой функции относится необходимое для качественной и полной оценки количество аспектов. В таблице критериев оценки аспекты делятся на три типа: отсекающие – измеримые аспекты, невыполнение которых приводит к прекращению дальнейшей оценки, за задание автоматически выставляется 0 баллов; бинарные – измеримые аспекты, которые оцениваются по шкале «полностью выполнено / не выполнено», не допускающей частичность выполнения; и дискретные – аспекты, по которым предполагается возможность частичного выполнения. Каждый из аспектов, за исключением отсекающих, имеет определенную значимость (вес) в оценке трудовой функции, который указывается в баллах.

Четвертый блок Стандарта включает подробные карты технологических процессов по видам работ и профилю.

Пятый блок Стандарта – инфраструктурный лист – перечень необходимого оборудования (со спецификацией), материально-технического обеспечения, мебели, расходных материалов, а также средств индивидуальной защиты – в расчете по каждому участнику, эксперту и в целом для обеспечения площадок. Кроме того, предусмотрены требования к обеспечению экзаменационных площадок (коммуникации, подключения и т. д.). Для перспективных целей организации учебных центров Стандарт включает также примерный план застройки площадки.

Выводы

Опыт применения разработанных Стандартов показал их универсальность, применимость, достоинства использования на предприятиях отрасли «внутренних» единых методик оценки персонала, проведения «входного контроля» по единым высоким «атомным» стандартам. В настоящее время применение указанных стандартов рекомендовано экспертным сообществом и руководством Госкорпорации «Росатом» для апробационного применения при входном контроле локального персонала в целях сооружения АЭС на зарубежных площадках.

Применение Стандартов соответствует целям деятельности Госкорпорации «Росатом» в области устойчивого развития: понимая значимость масштаба своих операций в России и за рубежом, корпорация признает свою ответственность перед широким кругом заинтересованных сто-

рон за обеспечение ядерной, радиационной, пожарной, экологической, промышленной безопасности, охраны труда, здоровья работников организаций атомной отрасли, персонала подрядчиков и населения и осуществления своей деятельности в целом таким образом, чтобы это способствовало долгосрочному устойчивому развитию в регионах присутствия. В этом смысле разработка и применение Стандартов способствует обеспечению безопас-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безлепкина, Е. Современные методы обучения персонала : [Текст электронный] / Е. Безлепкина. – URL: <http://www.ngpc.ru/forum2010/Articles/Learning%20methods.pdf> (дата обращения: 01.12.2022).
2. Зинатуллина, Э. И. Система непрерывного образования при подготовке квалифицированных рабочих кадров нефтяного профиля / Э. И. Зинатуллина // Вестник ГОУ ДПО ТО «ИПК и ППРО ТО». – 2016. – № 4. – С. 99–102.
3. Кязимов, К. Г. Обучение персонала газового хозяйства: учебное пособие для СПО / К. Г. Кязимов. – Москва : Юрайт, 2019. – 303 с.
4. Ганченкова, М. Г. Индустриально-ориентированные адаптивные образовательные программы / М. Г. Ганченкова, О. В. Бойко // Высшее образование в России. – 2019. – Т. 28, № 11. – С. 126–133.
5. Бахтин, М. Б. Развитие партнерских отношений современной организации, как составляющая кадровой стратегии, в ситуации конкурентного внешнего окружения / М. Б. Бахтин // Интернет-журнал «Науковедение» : [Электронный ресурс]. – 2014. – № 2 (21). – URL: <http://naukovedenie.ru/sbornik6/4.pdf> (дата обращения: 05.09.2022).
6. Романова, А. И. Концепция продвижения образовательных услуг в сфере жилищно-коммунального хозяйства / А. И. Романова // Управление экономическими системами. – 2018. –

REFERENCES

1. Bezlepina, E. Sovremennye metody obucheniya personala : [Modern methods of personnel training: [Electronic text]] / E. Bezlepina. – URL: <http://www.ngpc.ru/forum2010/Articles/Learning%20methods.pdf> (date of application: 01.12.2022).
2. Zinatullina, E. I. Sistema nepreryvnogo obrazovaniya pri podgotovke kvalifitsirovannykh rabochikh kadrov neftyanogo profilya [System of continuing education in the preparation of qualified oil workers] / E. I. Zinatullina // Vestnik GOU DPO TO «IPK i PPRO TO» [Bulletin of GO DPO TO «IPK and PPRO TO»]. – 2016. – № 4. – P. 99–102.
3. Kyazimov, K. G. Obuchenie personala gazovogo khozyajstva: uchebnoe posobie dlya SPO [Training of gas industry personnel: textbook for SPO] / K. G. Kyazimov. – Moscow : Yurajt, 2019. – 303 p.
4. Ganchenkova, M. G. Industrial'no-orientirovannye adaptivnye obrazovatel'nye programmy [Industrially-oriented adaptive educational programs] / M. G. Ganchenkova, O. V. Bojko // Vysshee obrazovanie v Rossii [Higher education in Russia]. – 2019. – Vol. 28, № 11. – P. 126–133.
5. Bakhtin, M. B. Razvitie partnerskikh otnoshenij sovremennoj organizatsii, kak sostavlyayushaya kadrovoy strategii, v situatsii konkurentnogo vneshnego okruzheniya [Development of partnership relations of a modern organization as a component of personnel strategy in a competitive external environment] / M. B. Bakhtin // Internet-zhurnal «Naukovedenie» [Online journal «Science Studies»]. – 2014. – № 2 (21). – URL: <http://naukovedenie.ru/sbornik6/4.pdf> (date of application: 05.09.2022).
6. Romanova, A. I. Kontseptsiya prodvizheniya obrazovatel'nykh uslug v sfere zhilishhno-kommunal'nogo khozyajstva [The concept of promoting educational services in the field of

ности и эффективности производственных процессов, развитию технологий, повышению профессионального уровня работников организаций атомной отрасли, персонала подрядчиков, локального населения, максимальному раскрытию их кадрового потенциала, принципа «человекоцентричности» и непрерывного развития работников.

№ 3 (109). – С. 28.

7. Корпоративному университету – 50! Что изменилось? // Корпоративные университеты. – 2011. – № 30. – URL: <http://www.corporate-education.ru/analytics/> (дата обращения: 15.11.2022).
8. Носырев, Н. А. Ренессанс ядерной энергетики и корпоративная система подготовки кадров для атомной промышленности / Н. А. Носырев // Вестник ЮУрГУ. – 2006. – № 2 (57). – С. 89–92.
9. Путилов, А. В. Подготовка кадров для развивающейся атомной энергетики / А. В. Путилов, М. Н. Стриханов, Г. В. Тихомиров // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2019. – № 2. – С. 208–218.
10. Букринский, А. М. Безопасность атомных станций по федеральным нормам и правилам России и стандартам МАГАТЭ (Сравнение основных принципов и требований по обеспечению безопасности) / А. М. Букринский // Труды НТЦ ЯРБ. – Третье обновленное издание. – Москва : НТЦ ЯРБ, 2019. – 196 с.
11. The construction industry in the twentyfirst century: Its image, employment prospects and skill requirements // International labour organization : [Электронный ресурс]. – Geneva, 2001. – URL: <http://www.ilo.org/public/english/standards/relm/gb/docs/gb283/pdf/tmcitr.pdf> (дата обращения: 05.10.22).

housing and communal services] / A. I. Romanova // Upravlenie ehkonomicheskimi sistemami [Management of economic systems]. – 2018. – № 3 (109). – P. 28.

7. Korporativnomu universitetu – 50! Chto izmenilos'? [Corporate University – 50! What has changed?] // Korporativnye universitety [Corporate universities]. – 2011. – № 30. – URL: <http://www.corporate-education.ru/analytics/> (date of application: 15.11.2022).
8. Nosyrev, N. A. Renessans yadernoj ehnergetiki i korporativnaya sistema podgotovki kadrov dlya atomnoj promyshlennosti [Renaissance of nuclear energy and corporate system of personnel training for the nuclear industry] / N. A. Nosyrev // Vestnik YUUrGU [Bulletin of SUSU]. – 2006. – № 2 (57). – P. 89–92.
9. Putilov, A. V. Podgotovka kadrov dlya razvivayushhejsya atomnoj ehnergetiki [Training of personnel for developing nuclear energy] / A. V. Putilov, M. N. Strikhanov, G. V. Tikhomirov // Izvestiya vuzov. Yadernaya ehnergetika [Izvestiya vuzov. Nuclear power engineering]. – 2019. – № 2. – P. 208–218.
10. Bukrinskij, A. M. Bezopasnost' atomnykh stantsij po federal'nym normam i pravilam Rossii i standartam MAGATEH (Svravnenie osnovnykh printsipov i trebovanij po obespecheniyu bezopasnosti) [Safety of nuclear power plants according to federal norms and rules of Russia and IAEA standards (Comparison of basic principles and requirements for safety)] / A. M. Bukrinskij // Trudy NTTS YARB [Proceedings of the Scientific Research Center of the NRS]. – Tre'te obnovennoe izdanie. – Moscow : NTTS YARB, 2019. – 196 p.
11. The construction industry in the twentyfirst century: Its image, employment prospects and skill requirements // International labour organization : [Electronic resource]. – Geneva, 2001. – URL: <http://www.ilo.org/public/english/standards/relm/gb/docs/gb283/pdf/tmcitr.pdf> (date of application: 05.10.22).

Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах

Analysis of the complexity of repair work in different countries

Фатуллаев Рустам Сейфуллаевич

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, FatullaevRS@mgsu.ru

Fatullaev Rustam Seifullayevich

Candidate of Technical Sciences, 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'shosses, 26, FatullaevRS@mgsu.ru

Бидов Тембот Хасанбиевич

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, BidovTH@mgsu.ru

Bidov Tembot Hasanbievich

Candidate of Technical Sciences, 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'shosses, 26, BidovTH@mgsu.ru

Хубаев Алан Олегович

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, KhubaevAO@mgsu.ru

Khubaev Alan Olegovich

Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department «Technologies and Organization of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'shosses, 26, KhubaevAO@mgsu.ru

Кузьмина Татьяна Константиновна

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

Kuzmina Tatiana Konstantinovna

Ph. D. in Technical Sciences, Docent, Docent of the Department «Technologies and Organization of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'shosses, 26, kuza@mgsu.ru

Аннотация. Интеграция зарубежных технологий в строительстве является неотъемлемой частью развивающейся системы. Технологические процессы в строительстве представляют собой систему сложных взаимодействий различных участников, средств механизации, внешних и экономических условий. Заимствование технологий в строительстве требует значительных трудовых и финансовых затрат. Отсутствует механизм предынвестиционной оценки возможности заимствования технологии, используемой в другом государстве. Чтобы создать механизм, который позволит оценить возможность заимствования технологий, необходимо сначала изучить взаимосвязь между организационными и технологическими параметрами существующих технологий. Для всестороннего изучения взаимосвязей были сформированы группы работ. Группы были сформированы таким образом, чтобы изучить весь комплекс работ, включенных в строительную систему, в том числе: возведение конструкций, отделочные работы, монтаж оборудования, ремонтные работы, ввод в эксплуатацию.

Abstract. Integration of foreign technologies in construction is an integral part of the developing system. Technological processes in construction are a system of complex interactions of various participants, means of mechanization, external and economic conditions. Borrowing technologies in construction requires significant labor and financial costs. There is no mechanism for pre-investment assessment of the possibility of borrow-

ing technology used in another state. To create a mechanism that will allow assessing the possibility of borrowing technologies, it is necessary to first study the relationship between the organizational and technological parameters of existing technologies. For a comprehensive study of the relationships, groups of works were formed. The groups were formed in such a way as to study the entire set of works included in the construction system, including repair work, equipment installation, repair work, commissioning. This article discusses the stable connections between the works in the repair work group. The group of major repairs was formed on the basis of specially developed conditions. When studying the works, it was important to form a list of works that represent a wide range of works within the group under consideration and are widely used in the countries under consideration. As a result of studying the totality of groups, it is assumed to determine a complex indicator of the

Ключевые слова: организационно-технологическое моделирование, нормирование в строительстве, ТСН-2001, БЕДЕС, заимствование строительных норм, нормативная трудоемкость, ремонтные работы.

ing technology used in another state. To create a mechanism that will allow assessing the possibility of borrowing technologies, it is necessary to first study the relationship between the organizational and technological parameters of existing technologies. For a comprehensive study of the relationships, groups of works were formed. The groups were formed in such a way as to study the entire set of works included in the construction system, in-

cluding: construction of structures, finishing works, installation of equipment, repair work, commissioning. This article discusses the stable connections between the works in the repair work group. The group of major repairs was formed on the basis of specially developed conditions. When studying the works, it was important to form a list of works that represent a wide range of works within the group under consideration and are widely used in the countries under consideration. As a result of studying the totality of groups, it is assumed to determine a complex indicator of the

Введение

Процесс создания новых строительных технологий и материалов продолжается. Большинство создаваемых технологий не находит практического применения или не выдерживает рыночной конкуренции. Другая часть становится продвинутой и устанавливает новые стандарты в определенных областях применения. Но даже самые успешные технологии заменяются новыми, более технологичными и эффективными. В эпоху глобализации и высоких скоростей передачи данных процесс заимствования технологий для использования в строительстве на другом конце света является обычной практикой [1].

Но этот процесс содержит много этапов, на которые влияют разные участники. Эти этапы включают в себя: оценку экономической эффективности технологии, оценку конкурентоспособности на рынке, оценку возможности адаптации в климатических условиях, поиск владельца прав интеллектуальной собственности на технологию, решение юридических аспектов, налаживание логистических цепочек, маркетинг, стандартизацию и сертификацию, обучение персонала и т. д. [2]. Одним из наиболее важных этапов является стандартизация процесса, т. е. интеграция технологии в рамки существующих стандартов [3]. Это позволяет использовать технологию в рамках строительства критически важных сооружений, а также планировать время и стоимость работ, выполняемых с использованием этой технологии, как часть процесса строительства в целом [4].

Целью данного исследования является изучение устойчивых взаимосвязей между параметрами сложности всей совокупности ремонтных работ. Данные, полученные в результате исследования, станут основой математической базы для изучения комплексного показателя возможности заимствования произведений из нормативных баз других стран.

В данной статье продолжается изучение устойчивых взаимосвязей между трудоемкостью одного и того же вида работ, которые содержатся в нормативных кодексах разных стран. В предыдущих работах рассматривались данные о сложности работ по возведению конструкций из монолитного железобетона [5], а также отделочных работ [6]. В текущем исследовании предлагается рассмотреть работы, связанные с повторной парной работой. Несмотря на то, что в исследовании рассматриваются нормативные базы двух стран с очень разными климатическими условиями, результаты этого исследования представляют особый интерес, поскольку на данном этапе мы рассматриваем гипотезу о возможности интеграции работы независимо от внешних условий. Если комплексная оценка выборочных исследований показывает невозможность интеграции в соответствии с этим принципом, предполагается, что будут введены дополнительные условия, которые ограничат внешние факторы, влияющие на выполнение рассматриваемой работы.

relationship between works in different states. As part of the assessment of stable relationships in the repair work group, a stable relationship was identified, which indirectly indicates the possibility of creating a universal tool for integrating foreign standards when obtaining similar results.

Keywords: organizational and technological modeling, rationing in construction, TSN-2001, BEDEC, borrowing of building codes, regulatory labor intensity, repair work.

Материалы и методы

Метод корреляционного анализа используется для оценки стабильности взаимосвязей между интенсивностью труда внутри группы по виду работы. Метод заключается в сравнении параллельных рядов, группировании данных и линейных графиков, которые в нашем случае являются данными о трудоемкости работы. Местоположение точек показывает то, какая взаимосвязь существует между изучаемыми показателями – прямолинейная или изогнутая [7]. Самым простым методом оценки взаимосвязи между двумя показателями является корреляционно-регрессионный анализ, который позволяет установить близость, направление взаимосвязи и форму этой взаимосвязи между переменными [8]. Основной задачей корреляционного анализа является количественная оценка близости взаимосвязи между параметрами в парной коммуникации и между эффективными и многофакторными признаками в многофакторной коммуникации и статистическая оценка надежности установленной связи [9]. Корреляционная зависимость – это «неполная» зависимость, которая проявляется только в средних значениях при достаточно большом количестве случаев [10].

Результаты

На основании результатов, полученных в ходе исследования по выявлению корреляции между организационными и технологическими моделями в группах 1 и 2 (рисунок 1), разработанными на основе отечественных и иностранных элементных сметных нормативов, было принято решение провести дополнительное исследование, направленное на повышение уровня объективности результатов, полученных в совокупности исследований [11]. Проведение дополнительных исследований по различным группам позволяет нам сформировать наиболее объективное мнение относительно возможности создания универсального инструмента [12]. Данная статья посвящена оценке устойчивых взаимосвязей между трудоемкостью ремонтных работ, относящихся к группе 4 (рисунок 1).

Нормативная база для двух стран использовалась так же, как и в предыдущих исследованиях. Для России использовалась база ТСН-2001. Для Испании использовалась база BEDEC.

Для исследования были отобраны работы, которые имеют наиболее приблизительный состав работ и уровень механизации [13].

Следующие работы были отобраны как подходящие в соответствии с критериями:

- Демонтаж полимерной кровли,
- Демонтаж бетонной стяжки,
- Демонтаж отливов,
- Устройство бетонной стяжки,
- Устройство полимерной кровли,
- Сливное устройство.

Трудоемкость нормативных баз для отдельных работ приведена ниже.

Наименование затрат	Единицы измерения	Количество
Трудозатраты рабочих	чел.-ч	14,38

Табл. 1. Демонтаж кровельных покрытий из рулонных материалов (100 м²), Россия
Tab. 1. Dismantling of roofing coverings from rolled materials (100 m²), Russia

Наименование затрат	Единицы измерения	Количество
Трудозатраты рабочих	чел.-ч	8,93

Табл. 2. Разборка бетонных оснований под полами на гравии (1 м³), Россия
Tab. 2. Disassembly of concrete foundations under floors on gravel (1 m³), Russia

Наименование затрат	Единицы измерения	Количество
Трудозатраты рабочих	чел.-ч	9,1

Табл. 3. Демонтаж небольших покрытий и подкладок из листовой стали: поясов, песчаных камней, желобов, отливов, выступов и т.д. (100 м), Россия
Tab. 3. Dismantling of small coatings and linings made of sheet steel: belts, sandstones, gutters, tides, ledges, etc. (100 m), Russia

Наименование затрат	Единицы измерения	Количество
Трудозатраты рабочих	чел.-ч	35,6

Табл. 4. Демонтаж стяжки (100 м), Россия
Tab. 4. Dismantling of the screed (100 m), Russia

Наименование затрат	Единицы измерения	Количество
Трудозатраты рабочих	чел.-ч	14,36

Табл. 5. Устройство плоских кровель из наплавляемых материалов в два слоя (100 м²), Россия
Tab. 5. The device of flat roofs made of surfaced materials in two layers (100 m²), Russia

Наименование затрат	Единицы измерения	Количество
Трудозатраты рабочих	чел.-ч	41,41

Табл. 6. Устройство облицовки из листовой стали (пояски, скандрики, отливы, карнизы) шириной до 0,4 м (100 м), Россия
Tab. 6. The device of facing made of sheet steel (belts, sandriks, ebbs, cornices) with a width of up to 0,4 m (100 m), Russia

Наименование работы	Единицы измерения	Трудоемкость Россия	Трудоемкость Испания
Демонтаж кровельных покрытий из рулонных материалов	1 м²	0,14	0,169
Разборка бетонных оснований под полами на гравии	1 м²	8,93	10,73
Демонтаж небольших покрытий и подкладок из листовой стали: поясов, песчаных камней, желобов, отливов, выступов и т.д.	1 м.п.	0,091	0,034
Демонтаж небольших покрытий и подкладок из листовой стали: поясов, песчаных камней, желобов, отливов, выступов и т.д.	1 м.п.	0,356	0,67
Устройство плоских кровель из наплавляемых материалов в два слоя	1 м²	0,1436	0,4
Устройство облицовки из листовой стали (пояски, скандрики, отливы, карнизы) шириной до 0,4 м	1 м.п.	0,41	0,12

Табл. 13. Сводная таблица трудоемкостей для двух стран
Tab. 13. Summary table of labor intensity for two countries

Наименование затрат	Единицы измерения	Количество
Трудозатраты рабочих	чел.-ч	16,9

Табл. 7. Демонтаж кровельных покрытий из рулонных материалов (100 м²), Испания
Tab. 7. Dismantling of roofing coverings from rolled materials (100 m²), Spain

Наименование затрат	Единицы измерения	Количество
Трудозатраты рабочих	чел.-ч	10,73

Табл. 8. Разборка бетонных оснований под полами на гравии (1 м³), Испания
Tab. 8. Disassembly of concrete foundations under floors on gravel (1 m³), Spain

Наименование затрат	Единицы измерения	Количество
Трудозатраты рабочих	чел.-ч	9,1

Табл. 9. Демонтаж небольших покрытий и подкладок из листовой стали: поясов, песчаных камней, желобов, отливов, выступов и т.д. (100 м), Испания
Tab. 9. Dismantling of small coatings and linings made of sheet steel: belts, sandstones, gutters, tides, ledges, etc. (100 m), Spain

Наименование затрат	Единицы измерения	Количество
Трудозатраты рабочих	чел.-ч	67,0

Табл. 10. Устройство стяжек из цемента толщиной 20 мм (100 м²), Испания
Tab. 10. The device of cement screeds with a thickness of 20 mm (100 m²), Spain

Наименование затрат	Единицы измерения	Количество
Трудозатраты рабочих	чел.-ч	40,0

Табл. 11. Демонтаж небольших покрытий и подкладок из листовой стали: поясов, песчаных камней, желобов, отливов, выступов и т.д. (100 м), Испания
Tab. 11. The device of flat roofs made of surfaced materials: in two layers (100 m), Spain

Наименование затрат	Единицы измерения	Количество
Трудозатраты рабочих	чел.-ч	12,0

Табл. 12. Устройство облицовки из листовой стали (пояски, скандрики, отливы, карнизы) шириной до 0,4 м (100 м), Испания
Tab. 12. The device of facing made of sheet steel (belts, sandriks, ebbs, cornices) with a width of up to 0,4 m (100 m), Spain

Обобщим все нормативные показатели трудоемкости к базовым единицам измерения для выявления взаимосвязи (таблица 13).

Для объективной оценки связи между параметрами был выбран метод парной регрессии. Для этого был сформирован график, где по оси ординат были отложены значения Y , а по оси абсцисс – значения признака X [5].

На основании поля корреляции можно выдвинуть гипотезу о том, что связь между всеми возможными значениями X и Y носит линейный характер.

Линейное уравнение регрессии имеет вид: $y = bx + a$. Для расчета параметров регрессии построим расчетную таблицу (таблица 14).

x	y	x^2	y^2	$x \cdot y$
0,14	0,169	0,0196	0,02856	0,02366
8,93	10,73	79,7449	115,1329	95,8189
0,091	0,034	0,00828	0,00116	0,00309
0,356	0,67	0,1267	0,4489	0,2385
0,1436	0,4	0,02062	0,16	0,05744
0,41	0,12	0,1681	0,0144	0,0492
10,0706	12,123	80,0882	115,7859	96,1908

Табл. 14. Расчетная таблица параметров
Tab. 14. Calculation table of parameters

Для рассматриваемой совокупности данных система уравнений имеет вид:

$$6a + 10,071 \cdot b = 12,123, \tag{1}$$

$$10,071 \cdot a + 80,088 \cdot b = 96,191. \tag{2}$$

Домножив уравнение (1) системы на (–1.679), получим систему, которую решим методом алгебраического сложения:

$$-10,071a - 16,909b = -20,355, \tag{3}$$

$$10,071 \cdot a + 80,088 \cdot b = 96,191. \tag{4}$$

Получаем:

$$63,179 \cdot b = 75,836, \tag{5}$$

$$\text{откуда } b = 1,2003. \tag{6}$$

Теперь вычислим коэффициент a из уравнения (1):

$$6a + 10,071 \cdot b = 12,123, \tag{7}$$

$$6a + 10,071 \cdot 1.2003 = 12,123, \tag{8}$$

$$6a = 0,0345, \tag{9}$$

$$a = 0,00583. \tag{10}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефимов, В. В. Основные проблемы обследовании объектов культурного наследия / В. В. Ефимов, Е. С. Щуров // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 4 (88). – С. 289–296.
2. Фатуллаев, Р. С. Использование современных строительных материалов как фактор, влияющий на эффективность организационно-технологических решений при проведении капитального ремонта / Р. С. Фатуллаев, Т. Э. Хаев // Перспективы науки. – 2019. – № 5 (116). – С. 224–228.
3. Фатуллаев, Р. С. Оценка возможности повышения эффективности организационно-технологической модели возводимого здания за счет применения иностранных единичных сметных нормативов на строительные работы / Р. С. Фатуллаев, В. М. Гергаулова, Б. А. Айдаров. – DOI

В результате получаем эмпирические коэффициенты регрессии: $b = 1,2003$, $a = 0,00583$.

Уравнение регрессии (эмпирическое уравнение регрессии):

$$y = 1,2003x + 0,00583. \tag{11}$$

Коэффициент регрессии $b = 1,2$ показывает среднее изменение результативного показателя (в единицах измерения y) с повышением или понижением величины фактора x на единицу его измерения. В данном примере с увеличением на 1 единицу y повышается в среднем на 1,2.

Коэффициент $a = 0,00583$ формально показывает прогнозируемый уровень y , но только в том случае, если $x = 0$ находится близко к выборочным значениям.

Но если $x = 0$ находится далеко от выборочных значений x , то буквальная интерпретация может привести к неверным результатам, и даже если линия регрессии довольно точно описывает значения наблюдаемой выборки, нет гарантий, что так же будет при экстраполяции влево или вправо.

Подставив в уравнение регрессии соответствующие значения x , можно определить выровненные (предсказанные) значения результативного показателя $y(x)$ для каждого наблюдения.

Связь между y и x определяет знак коэффициента регрессии b (если > 0 – прямая связь, иначе – обратная). В нашем примере связь прямая.

Рассчитываем показатель тесноты связи. Таким показателем является выборочный линейный коэффициент корреляции, который рассчитывается по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\bar{x} \cdot \bar{y} - \bar{\bar{x}} \cdot \bar{\bar{y}}}{S(x) \cdot S(y)} = \frac{16,032 - 1,678 \cdot 2,021}{3,245 \cdot 3,901} = 0,999. \tag{12}$$

Линейный коэффициент корреляции принимает значения от –1 до +1.

В нашем примере связь между признаком Y и фактором X весьма высокая и прямая.

Заключение

Изучена зависимость показателей трудоемкости идентичных работ в России и Испании. Полученные параметры рассмотренной модели можно интерпретировать в следующем виде: увеличение показателя трудоемкости в России на 1 ед. изм. приводит к увеличению показателя трудоемкости в Испании в среднем на 1,2 ед. изм.

Результаты исследования показывают, что между исследуемыми параметрами существует высокая корреляционная связь. Это говорит о том, что для ремонтных работ линейная зависимость между данными испанских и российских нормативных документов достаточно сильная.

10.54950/26585340_2021_1_64 // Строительное производство. – 2021. – № 1. – С. 64–70.
4. Бидов, Т. Х. Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471 // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 466–471.
5. Хубаев, А. О. Описание эксперимента при расчете потенциала производства зимнего бетонирования / А. О. Хубаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 2. – С. 247–252.
6. Лапидус, А. А. Оценка потенциала проведения внеплановых ремонтных работ многоквартирных жилых домов /

А.А. Лapidус, Р.С. Фатуллаев // Научное обозрение. – 2017. – № 19. – С. 10–13.

7. Фатуллаев, Р. С. Потребительское качество многоквартирного жилого дома как параметр, влияющий на состав организационно-технологических решений при проведении капитального ремонта / Р. С. Фатуллаев // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 2 (92). – С. 149–155.

8. Шестерикова, Я. В. Оценка экономической эффективности повышения качества многоэтажных жилых зданий / Я. В. Шестерикова. – DOI 10.54950/26585340_2020_4_34 // Строительное производство. – 2020. – № 4. – С. 34–37.

9. Фатуллаев, Р. С. Строительство малоэтажного жилого фонда по каркасной технологии. Анализ и оценка использования каркасного метода строительства / Р. С. Фатуллаев // Перспективы науки. – 2022. – № 1 (148). – С. 43–46.

10. Бидов, Т. Х. Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий /

Т.Х. Бидов, А.О. Хубаев, А.А. Шабанова. – DOI 10.15593/2224-9826/2021.2.02 // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15–25.

11. Фатуллаев, Р. С. Оценка факторов, влияющих на эффективность организационно-технологических решений при проведении капитального ремонта в домах с разной формой собственности / Р. С. Фатуллаев, С. Р. Айдаров // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 12 (102). – С. 119–122.

12. Оценка организационно-технологических и конструктивных аспектов метода бетонирования перекрытий с применением сталефибробетона / С.Р. Айдаров, А. Де Ла Фуэнте, Р.С. Фатуллаев, Е. М. Пугач. – DOI 10.54950/26585340_2020_2_17 // Строительное производство. – 2020. – № 2. – С. 17–22.

13. Лapidус, А. А. Формирование организационно-технологических платформ в строительстве / А. А. Лapidус. – DOI 10.54950/26585340_2022_1_2 // Строительное производство. – 2022. – № 1. – С. 2–6.

parameter affecting the composition of organizational and technological solutions during major repairs] / R. S. Fatullaev // Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and business: ways of development]. – 2019. – № 2 (92). – P. 149–155.

8. Shesterikova, Y. V. Otsenka ehkonomicheskoy effektivnosti povysheniya kachestva mnogoetazhnykh zhilykh zdaniy [Assessment of the economic efficiency of improving the quality of multi-storey residential buildings] / Y.V. Shesterikova. – DOI 10.54950/26585340_2020_4_34 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 4. – P. 34–37.

9. Fatullaev, R. S. Stroitel'stvo maloetazhnogo zhilogo fonda po karkasnoj tekhnologii. Analiz i otsenka ispol'zovaniya karkasnogo metoda stroitel'stva [Construction of low-rise housing stock using frame technology. Analysis and evaluation of the use of the frame construction method] / R. S. Fatullaev // Perspektivy nauki [Prospects of science]. – 2022. – № 1 (148). – P. 43–46.

10. Bidov, T. H. Organizatsionno-tekhnicheskoe modelirovanie kompleksnoj sistemy proizvodstva betonnykh rabot v zimnij period pri vozvedenii zhilykh zdaniy [Organizational and technical modeling of a complex system for the production of concrete works in winter during the construction of residential buildings] / T. H. Bidov, A. O. Hubaev, A. A. Shabanova. – DOI 10.15593/2224-9826/2021.2.02// Construction and Geotechnics [Construction and Geotechnics]. – 2021. – Vol. 12, № 2. – P. 15–25.

11. Fatullaev, R. S. Otsenka faktorov, vliyayushchikh na effektivnost' organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij pri provedenii kapital'nogo remonta v domakh s raznoj formoj sobstvennosti [Assessment of factors affecting the effectiveness of organizational and technological solutions during major repairs in houses with different forms of ownership] / R. S. Fatullaev, S. R. Ajdarov // Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and Business: ways of development]. – 2019. – № 12 (102). – P. 119–122.

12. Otsenka organizatsionno-tekhnologicheskikh i konstruktivnykh aspektov metoda betonirovaniya perekrytij s primeneniem stalefibrobetona [Evaluation of organizational, technological and constructive aspects of the method of concreting floors using steel fiber concrete] / S. R. Ajdarov, A. De La Fuente, R. S. Fatullaev, E. M. Pugach. – DOI 10.54950/26585340_2020_2_17 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 2. – P. 17–22.

13. Lapidus, A. A. Formirovanie organizatsionno-tekhnologicheskikh platform v stroitel'stve [Formation of organizational and technological platforms in construction] / A. A. Lapidus. – DOI 10.54950/26585340_2022_1_2 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2022. – № 1. – P. 2–6.

REFERENCES

1. Efimov, V. V. Osnovnye problemy obsledovaniy ob'ektov kul'turnogo naslediya [The main problems of the survey of cultural heritage objects] / V. V. Efimov, E. S. Shchurov // Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2022. – № 4 (88). – P. 289–296.

2. Fatullaev, R. S. Ispol'zovanie sovremennykh stroitel'nykh materialov kak faktor, vliyayushchij na effektivnost' organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij pri provedenii kapital'nogo remonta [The use of modern building materials as a factor affecting the effectiveness of organizational and technological solutions during major repairs] / R. S. Fatullaev, T. E. Haev // Perspektivy nauki [Prospects of science]. – 2019. – № 5 (116). – P. 224–228.

3. Fatullaev, R. S. Otsenka vozmozhnosti povysheniya effektivnosti organizatsionno-tekhnologicheskoy modeli vozvodi-mogo zdaniya za schet primeneniya inostrannykh edinichnykh smetnykh normativov na stroitel'nye raboty [Assessment of the possibility of improving the efficiency of the organizational and technological model of the building being erected through the use of foreign single estimated standards for construction work] / R. S. Fatullaev, V. M. Gergaulova, B. A. Ajdarov. – DOI 10.54950/26585340_2021_1_64 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2021. – № 1. – P. 64–70.

4. Bidov, T. H. Sistematizatsiya proizvodstvenno-tekhnicheskoy dokumentatsii pri vozvedenii monolitnykh konstruksij zhilykh zdaniy v zimnij period [Systematization of production and technical documentation for the construction of monolithic structures of residential buildings in winter] / T. H. Bidov, A. O. Hubaev. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471 // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskies nauki [Proceedings of Tula State University. Technical sciences]. – 2022. – № 2. – P. 466–471.

5. Hubaev, A. O. Opisaniye eksperimenta pri raschete potentsiala proizvodstva zimnego betonirovaniya [Description of the experiment in calculating the production potential of winter concreting] / A. O. Hubaev // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskies nauki [Izvestiya Tula State University. Technical sciences]. – 2020. – № 2. – P. 247–252.

6. Lapidus, A. A. Otsenka potentsiala provedeniya vneplanovykh remontnykh rabot mnogokvartirnykh zhilykh domov [Assessment of the potential for unscheduled repair work of apartment buildings] / A. A. Lapidus, R. S. Fatullaev // Nauchnoe obozrenie [Scientific Review]. – 2017. – № 19. – P. 10–13.

7. Fatullaev, R. S. Potrebitel'skoe kachestvo mnogokvartirnogo zhilogo doma kak parametr, vliyayushchij na sostav organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij pri provedenii kapital'nogo remonta [Consumer quality of an apartment building as a pa-

УДК 624.05

DOI: 10.54950/26585340_2022_4_91

Особенности строительного контроля на объектах гражданского высотного строительства

Features of Construction Control at Civil High-Rise Construction Objects

Топчий Дмитрий Владимирович

Доктор технических наук, профессор кафедры «Испытания сооружений», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, dvtopchiy0405@gmail.com

Topchiy Dmitry Vladimirovich

Ph. D. in Engineering Science, Professor of the Department «Testing of Structures», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, dvtopchiy0405@gmail.com

Кочурина Екатерина Олеговна

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

Kochurina Ekaterina Olegovna

Postgraduate student of the Department «Technology and Organization of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, ponyjohn@yandex.ru

Кочетков Алексей Юрьевич

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

Kochetkov Alexey Yurievich

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

Чернигов Виталий Сергеевич

Аспирант кафедры «Испытания сооружений», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, vitaha-rock@mail.ru

Chernigov Vitaly Sergeevich

Postgraduate student of the Department «Testing of Structures», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, vitaha-rock@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению особенностей формирования организационной структуры строительного контроля на объектах гражданского высотного строительства. Этап строительства является лакмусовой бумажкой при выявлении слабых звеньев, связанных на подготовительных этапах с целью оптимизации временных и экономических решений при возведении гражданских зданий. На основании получаемых из различных источников данных, как от первых лиц, так и от тех, кто пользуется готовым продуктом, экономические затраты оптимизируются зачастую в области, относящейся к строительному контролю, а именно – в части его объемов и качества.

Для выбора оптимального объема видов и методов строительного контроля необходима разработка методики по количественной и качественной оценке рисков при устройстве

глубоких котлованов, высотных этажей на урбанизированных территориях в условиях плотной городской застройки.

Природа проявления рисков может быть различной – начиная от недовольства шумными работами соседей строительной площадки, что затрагивает экологическую сторону вопроса, но зачастую носит лишь рекомендательный характер, заканчивая невозможностью обеспечения механической безопасности конструкций, что может повлечь за собой причинение вреда жизни или здоровью граждан. Однако нельзя исключать из рисков и такой аспект, как «человеческий фактор».

Ключевые слова: контроль строительных процессов, структура строительного контроля, инновационные методы испытаний, фундаменты глубокого заложения, развитие городской среды, урбанизация городов, плотная городская застройка.

from those who use the finished product, economic costs are often optimized in the area related to construction control, namely, in terms of its volume and quality.

To select the optimal range of types and methods of building control, it is necessary to develop a methodology for quantitative and qualitative risk assessment in the construction of deep pits, high-rise floors in urban areas in dense urban areas.

Abstract. The article is devoted to the study of the features of the formation of the organizational structure of construction control at civil high-rise construction sites. The construction phase is a litmus test in identifying the weak links associated with the preparatory phases in order to optimize time and economic solutions in the construction of civil buildings. On the basis of data obtained from various sources, both from the first persons and

The nature of the manifestation of risks can be different, ranging from dissatisfaction with the noisy work of the neighbors of the construction site, which affects the environmental side of the issue, but often is only advisory in nature, ending with the inability to ensure the mechanical safety of structures, which may result in harm to life or health of citizens. However, such an aspect as the

Введение
Урбанизация в России большими темпами захватывает все больше городов. По результатам переписи населения в 2021 году установлено, что средний показатель урбанизации в стране составляет 75 %, что на 3 % больше по сравнению в 2010 годом.

На конец 2022 года можно выделить несколько городов-миллионников, к ним относятся: Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Екатеринбург и еще двенадцать городов.

Несмотря на то, что, согласно открытым данным Федеральной службы государственной статистики, с 2018 года наблюдается стабильный отрицательный прирост населения, численность населения городов продолжает расти, увеличивая не только роль городов в развитии общества в целом, но и, в частности, нагрузку на существующие здания и сооружения в городах в техническом и моральном аспекте [1].

В 2017 году в Москве стартовала программа реновации жилья, регулируемая Федеральным законом от 01.07.2017 № 141-ФЗ «О внесении изменений в Закон Российской Федерации "О статусе столицы Российской Федерации" и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части установления особенностей регулирования отдельных правоотношений в целях реновации жилищного фонда в субъекте Российской Федерации – городе федерального значения Москве», направленная на застройку территорий, занимаемых ранее ветхим многоэтажным жилым фондом, дата постройки которого включает 1957–1968 годы. Также вышедший в конце 2020 года Федеральный закон от 30.12.2022 № 494-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Фе-

Субъекты Российской Федерации	Введено в действие общей площади жилых домов на 1000 человек населения	
	2010 год, м ²	2021 год, м ²
Москва	154	617
Краснодарский край	690	1105
Санкт-Петербург	546	644
Казань	535	774
Уфа	493	725
Екатеринбург	411	675
Ростовская область	423	645
Новосибирская область	518	720
Воронежская область	450	812
Самарская область	324	574
Челябинская область	308	503
Новгородская область	382	522
Красноярский край	349	472
Пермский край	288	513
Волгоградская область	255	324
Омская область	357	338

Табл. 1. Количество жилых площадей на 1000 человек населения
Tab. 1. Number of residential areas per 1000 people

«human factor» cannot be excluded from the risks.

Keywords: control of building processes, construction control structure, innovative test methods, deep foundations, development of the urban environment, urbanization of cities, dense urban development.

дерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в целях обеспечения комплексного развития территорий» направлен на комплексное развитие территорий с целью «создания благоприятных условий проживания граждан, обновления среды жизнедеятельности и территорий общего пользования поселений, городских округов» (п. 34 ст. 1 ГрК РФ).

Материалы и методы
Разработка и вступление в силу как минимум двух выше представленных федеральных законов говорит о том, что глобальная урбанизация сильно влияет на быстрое развитие городов. В таблице 1 представлена диаграмма, показывающая динамику введенных в действие общих площадей жилых домов на 1000 человек населения в регионах-миллионниках в 2021 году по сравнению с 2010 годом [2].

На рисунке 1 показан процентный прирост введенных в эксплуатацию площадей в 2021 году по сравнению в 2010 годом. На диаграмме видно, что Москва является лидером по вводу жилья в эксплуатацию. Данный факт обусловлен в том числе вступлением в силу Федерального закона от 01.07.2017 № 141-ФЗ, что позволило этому городу к 2021 году стать лидером среди российских городов по качеству городской среды и жизни в целом.

На сегодняшний день плотность городской застройки в Москве составляет 30 тысяч кв. м жилья на 1 га земли, наряду с тем, что плотность среднего европейского города, исключая плотно застроенные центры с небоскребами, – около 6–7 тысяч кв. м на 1 га.

Данный факт, обусловленный колоссальным ростом городского населения, вынуждает экспертов в области строительства ставить перед собой задачи по увеличению

Subjects of the Russian Federation	The total area of residential buildings put into operation per 1000 people	
	2010 год, m ²	2021 год, m ²
Moscow	154	617
Krasnodar region	690	1105
Saint Petersburg	546	644
Kazan	535	774
Ufa	493	725
Ekaterinburg	411	675
Rostov region	423	645
Novosibirsk region	518	720
Voronezh region	450	812
Samara region	324	574
Chelyabinsk region	308	503
Novgorod region	382	522
Krasnoyarsk region	349	472
Perm region	288	513
Volgograd region	255	324
Omsk region	357	338

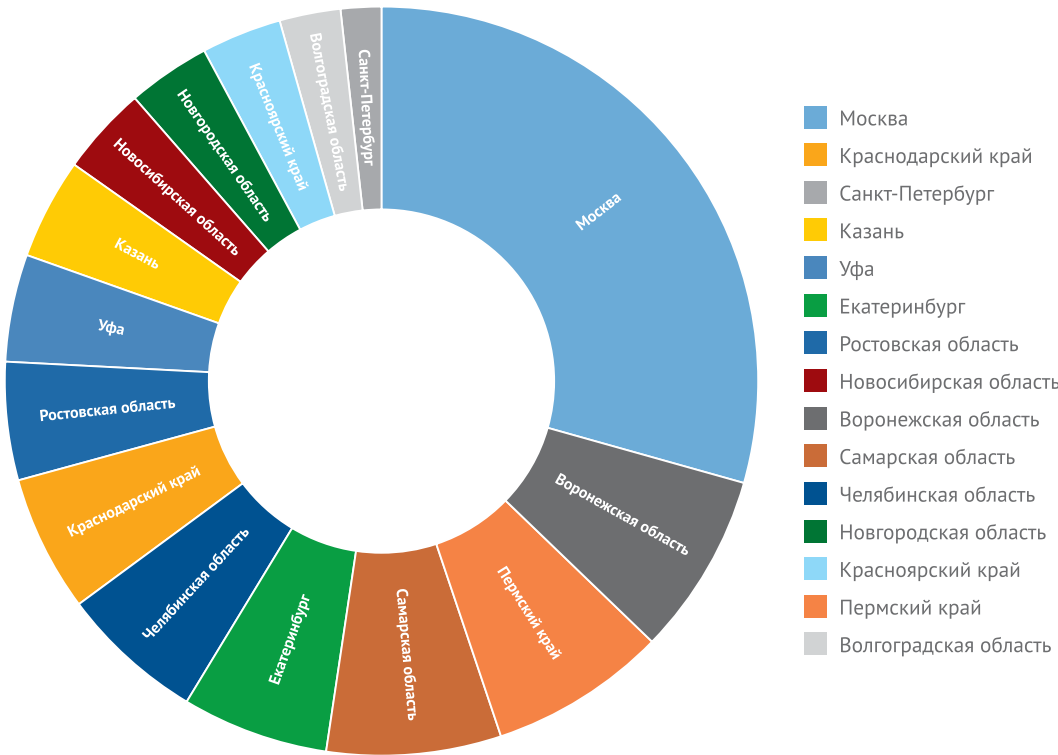


Рис. 1. Процентный прирост введенных в эксплуатацию площадей в 2021 году по сравнению с 2010 годом
Fig. 1. Percentage increase in commissioned space in 2021 compared to 2010

городской территории. Данный формат реализуется в вертикальном планировании городского пространства [3].

Однако данное решение по реализации строительства влечет за собой ряд проблем, связанных с безопасностью при строительстве и изменением сложившегося историко-культурного облика города [4].

Результаты
Объекты гражданского высотного строительства, наряду с обыкновенными зданиями и сооружениями, при формировании структуры строительно-монтажных работ имеют ряд отличительных особенностей, связанных с этапами, сроками и сложностью выполнения технологических работ [5].

Так, на этапе выполнения земляных работ по устройству котлована необходимо учитывать такой параметр, как глубина залегания, которая напрямую влечет за собой усложнение всех процессов, в особенности при выполнении работ в стесненных условиях.

В настоящий момент существует множество технологий разработки котлованов, в том числе методом «Top-Down» [6], при которых ограждающие конструкции являются в том числе и несущими, разработка грунтов дна котлована происходит параллельно с омоноличиванием нижележащих этажей.

Такой метод возведения зданий влечет за собой более сложное выполнение работ, в особенности при сложных гидрогеологических условиях. Подготовка основания под фундамент и его последующее бетонирование выполняются практически непрерывно для того, чтобы не допустить подтопления котлована грунтовыми водами, поэтапная разработка грунта с его выемкой осуществляется «с колес».

Преимущественно это относится к использованию техники и материалов, которые, в свою очередь, в значительной степени отличаются от материалов, используемых при обыкновенном строительстве. Например, при не-

возможности устройства внешнего гидроизоляционного слоя подземных конструкций застройщик вынужден применять гидрофобные бетоны, что значительно увеличивает экономические затраты [7].

Для высотного и уникального строительства наиболее характерно использование свайного основания из буронабивных свай. Для контроля и мониторинга подтверждения правильности такого решения используются тензометры, а для контроля длины сплошности используется ультразвуковая дефектоскопия, нормированной и утвержденной методики осуществления контроля для которой нет [8]. Методик или стандартов, которые указывают на обязательность подобного вида контроля, не утвердили на сегодняшний день, однако в настоящий момент есть необходимость проведения мониторингов, для того чтобы избежать негативных последствий.

При высотном строительстве фундаменты здания из-за большого давления на грунт выполняются сверхмассивными, что, в свою очередь, требует от застройщика разработки специальных мероприятий по предотвращению негативного воздействия от перепадов температур от центра конструкции к ее краям и возможного возникновения дефектов. Для зданий, классифицируемых как уникальные, а также для высотного строительства – до 100 м – наиболее характерно применение высокопрочных бетонов.

Стоит отметить, что с введением новых стандартов применение универсальных методик оценки прочностных характеристик бетона не допускается. В связи с этим необходимо проводить работы по изучению материалов, используемых для приготовления бетонных смесей, в лабораторных условиях, перед началом строительно-монтажных работ для получения более достоверной информации об их свойствах, сроках и интенсивности твердения, подвижности и иных характеристиках получаемого бетонного камня [9].

Способы возведения конструкций на отметке выше нуля при высотном строительстве в общем мало чем отличаются от обычного строения, кроме материалов, используемых при проведении СМР.

Для уникальных объектов, чья высота более 100 м, отдельным этапом следует выделить фасадное остекление, для которого, с учетом ветровых, а также дополнительных вертикальных нагрузок, используются специально разработанные проекты. Кроме того, здания, попадающие в категорию КС-3, к которым относятся и уникальные, необходимо осуществлять НТСС, включая геологический, геотехнический мониторинги [10].

Заключение

Строительный контроль является неотъемлемой частью строительного процесса. Управление качеством строительных работ с учетом технологических особенностей возводимых зданий становится систематическим поиском возможностей улучшения строительной деятельности. Существуют различные методы управления качеством работ, включая технологии информационного моделирования объекта, что повышает качество и эффективность строительного производства, формирует стратегии, позволяющие оперативно принять инвестиционные решения [7].

Однако существует важнейших фактор, критически влияющий на качество реализации строительного кон-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дисиков, Ю. Ю. Современные тенденции проектирования и строительства уникальных зданий и сооружений / Ю. Ю. Дисиков // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. – 2017. – № 2-2. – С. 66–68.
2. Леонтьев, Е. В. Научно-техническое сопровождение при проектировании объектов производственного и гражданского назначения повышенного уровня ответственности / Е. В. Леонтьев, Р. Ю. Газизов // Вестник государственной экспертизы. – 2020. – № 1. – С. 54–59.
3. Олейник, П. П. Строительный контроль как стратегия повышения качества зданий и сооружений / П. П. Олейник, А. Д. Улитина. – DOI 10.33622/0869-7019.2020.04.22-27 // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – № 4. – С. 22–27.
4. Талапов, В. Жизненный цикл здания и его связь с внедрением технологии BIM / В. Талапов // САПР и графика. – 2017. – № 2 (244). – С. 8–12.
5. Construction supervision during capital construction, reconstruction and re-profiling / D. V. Topchy, A. Y. Yurgaitis, E. S. Babushkin, D. D. Zueva. – DOI 10.1051/mateconf/201926507022 // MATEC Web of Conferences : Международный геотехнический симпозиум «Геотехническое строительство гражданских и транспортных сооружений азиатско-тихоокеанского региона» (GCCETS 2018), Южно-Сахалинск, 04–07 июля 2018 года. – 2019. – Vol. 265, iss. 9. – P. 07022.

REFERENCES

1. Disikov, Y. Y. Sovremennye tendentsii proektirovaniya i stroitel'stva unikal'nykh zdaniy i sooruzhenij [Modern trends in the design and construction of unique buildings and structures] / Y. Y. Disikov // Novaya nauka: Teoreticheskij i prakticheskij vzglyad [New Science: Theoretical and Practical View]. – 2017. – № 2-2. – P. 66–68.
2. Leontiev, E. V. Nauchno-tehnicheskoe soprovozhdenie pri proektirovanii ob'ektov proizvodstvennogo i grazhdanskogo

троля на объектах уникального строительства, а именно – кадровый состав специалистов, осуществляющих данные работы, в частности, их уровень квалификации. Реализовать основополагающие задачи, поставленные и описанные в Кодексе РФ от 29.12.2004 № 190-ФЗ, Федеральном законе от 30.12.2009 № 384-ФЗ и Федеральном законе от 27.12.2002 № 184-ФЗ, такие как защита жизни и здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества; охрана окружающей среды, жизни и здоровья животных и растений; а также обеспечение надлежащего качества объектов строительства путем применения прогрессивных технических и технологических решений, становится затруднительным на фундаментальном уровне в связи с тем, что до реализации проектов по возведению уникальных зданий и сооружений могут быть допущены физические лица, не имеющие минимально необходимых знаний и компетенций, предусмотренных в образовательных программах, регламентированных Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 31.05.2017 № 483, в связи с тем, что Кодекс РФ от 29.12.2004 № 190-ФЗ не предъявляет обязательных требований к уровню квалификации лиц, осуществляющих строительство уникальных зданий и сооружений.

6. Лapidus, A. A. Научно-техническое сопровождение изысканий, проектирования и строительства как обязательный элемент достижения требуемых показателей проекта / А. А. Лapidus. – DOI 10.22227/1997-0935.2019.11.1428-1437 // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14, № 11. – С. 1428–1437.
7. 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. – № 3. – URL: <https://esj.today/PDF/52SAVN319.pdf>
8. Лapidus, A. A. Успешный опыт управления строительными проектами / А. А. Лapidus // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2008. – № 6 (113). – С. 86–88.
9. Controlling methods of buildings' energy performance characteristics / D. V. Topchy, A. Yu. Yurgaitis, A. Kravchuk, D. Shevchuk. – DOI 10.1051/e3sconf/20199102026 // E3S Web of Conferences «Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics» (TPACEE 2018). – 2019. – P. 2026.
10. Topchy, D. V. Construction supervision at the facilities renovation / D. V. Topchy, A. A. Lapidus. – DOI: 10.1051/e3sconf/20199108044 // E3S Web of Conferences «Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics» (TPACEE 2018). – 2019. – P. 08044.

naznacheniya povyshennogo urovnya otvetstvennosti [Scientific and technical support in the design of industrial and civil facilities of a high level of responsibility] / E. V. Leontiev, R. Y. Gazizov // Vestnik gosudarstvennoj ehkspertizy [Bulletin of State Expertise]. – 2020. – № 1. – P. 54–59.

3. 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. – DOI 10.33622/0869-

7019.2020.04.22-27 // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2020. – № 4. – P. 22–27.

4. Talapov, V. Zhiznennyj tsikl zdaniya i ego svyaz' s vnedreniem tekhnologii BIM [The life cycle of a building and its connection with the introduction of BIM] / V. Talapov // SAPR i grafika [CAD technology and graphics]. – 2017. – № 2 (244). – P. 8–12.
5. Construction supervision during capital construction, reconstruction and re-profiling / D. V. Topchy, A. Y. Yurgaitis, E. S. Babushkin, D. D. Zueva. – DOI 10.1051/mateconf/201926507022 // MATEC Web of Conferences : Mezhdunarodnyj geotekhnicheskij simpozium «Geotekhnicheskoe stroitel'stvo grazhdanskikh i transportnykh sooruzhenij aziatsko-tikhookeanskogo regiona» (GCCETS 2018), Yuzhno-Sakhalinsk, 04–07 iyulya 2018 goda [MATEC Web of Conferences : International Geotechnical Symposium «Geotechnical construction of civil and Transport structures of the Asia-Pacific region» (GCCETS 2018), Yuzhno-Sakhalinsk, 04-07 July 2018]. – 2019. – Vol. 265, iss. 9. – P. 07022.
6. Lapidus, A. A. Nauchno-tehnicheskoe soprovozhdenie izyskanij, proektirovaniya i stroitel'stva kak obyazatel'nyj ehlement dostizheniya trebuemykh pokazatelej proekta [Scientific and technical support of surveys, design and construction as an obligatory element of achieving the required project indicators] / A. A. Lapidus. – DOI 10.22227/1997-0935.2019.11.1428-1437 // Bulletin of MGSU [Vestnik MGSU]. – 2019. – Vol. 14,

УДК 69.003

DOI: 10.54950/26585340_2022_4_95

Степень влияния технического потенциала на результаты деятельности строительных организаций

The Degree of Influence of the Technical Potential on the Performance Results of Construction Organizations

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, lapidus58@mail.ru

Lapidus Azarij Abramovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, the 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

Тускаева Залина Руслановна

Кандидат экономических наук, доцент, декан Архитектурно-строительного факультета, ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)» (СКГМИ (ГТУ)), Россия, 362021, Республика Северная Осетия – Алания, Владикавказ, улица Николаева, 44, tuskaevazalina@yandex.ru

Tuskayeva Zalina Ruslanovna

Ph. D. Economic Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Architecture and Construction, North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University) (NCIMM (STU)), Russia, 362021, Republic of North Ossetia – Alania, Vladikavkaz, Nikolaeva ulitsa, 44, tuskaevazalina@yandex.ru

Аннотация. Вопрос технической оснащенности является весьма значимым в оценке деятельности любой строительной организации. Это, прежде всего, объясняется разнообразной номенклатурой, высокой материалоемкостью строительства, объемами и уровнем механизации строительных работ. Поэтому требуется соответствующий анализ состояния вопроса, необходимы разработка методов его количественной оценки и анализ влияния на конечные результаты деятельности организации.

Состоянию вопроса технической оснащенности, технического потенциала, на взгляд авторов, в отечественной научной и методической литературе последние десятилетия уделялось

№ 11. – P. 1428–1437.

7. Topchiy, 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 technology] / D. V. Topchiy, A. Y. Tokarsky // Vestnik Evrazijskoj nauki [Bulletin of Eurasian Science]. – 2019. – № 3. – URL: <https://esj.today/PDF/52SAVN319.pdf>.
8. Lapidus, A. A. Uspeshnyj opyt upravleniya stroitel'nyimi proektami [Successful experience in managing construction projects] / A. A. Lapidus // Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka [Construction materials, equipment, technologies of the XXI century]. – 2008. – № 6 (113). – P. 86–88.
9. Controlling methods of buildings' energy performance characteristics / D. V. Topchy, A. Yu. Yurgaitis, A. Kravchuk, D. Shevchuk. – DOI 10.1051/e3sconf/20199102026 // E3S Web of Conferences «Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics» (TPACEE 2018). – 2019. – P. 2026.
10. Topchy, D. V. Construction supervision at the facilities renovation / D. V. Topchy, A. A. Lapidus. – DOI: 10.1051/e3sconf/20199108044 // E3S Web of Conferences «Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics» (TPACEE 2018). – 2019. – P. 08044.

недостаточное внимание. Это можно объяснить резким и достаточно сложным переходом от плановой экономики к рыночной, когда прежние механизмы организации и управления деятельностью оказались недостаточно приспособленными к новым условиям и одновременно заимствование существующих методов рыночной экономики, действенных в других странах, оказалось не эффективным без соответствующей адаптации. Поэтому многие направления научных исследований на какое-то время были забыты. Следует отметить, что в создавшихся условиях требуется переосмысление многих важных вопросов, касающихся управления строительным производством.

Авторы статьи в проведенных исследованиях, касающихся

технического потенциала, предлагают собственные подходы к решению проблемы технической оснащенности и технического потенциала (определение понятий рассматривается далее в статье).

Abstract. The issue of technical equipment is very significant in assessing the activities of any construction organization. This is primarily due to the diverse range of products, the high material consumption of construction, the volume and level of mechanization of construction work. Therefore, an appropriate analysis of the state of the issue is required, the need to develop methods for its quantitative assessment and analysis of the impact on the final results of the organization's activities.

In the opinion of the authors, insufficient attention has been paid to the state of the issue of technical equipment and technical potential in the domestic scientific and methodological literature in recent decades. This can be explained by a sharp and rather complicated transition from a planned economy to a market economy. When the old mechanisms for organizing and managing activities turned out to be insufficiently adapted to the new

Введение

Анализ статистических данных за последние десятилетия вызывает много вопросов в части наличия, состояния и эффективного использования строительной техники [1–4].

Вполне естественно, что в период дефицита финансовых средств необходим достоверный анализ и тщательная, эффективная проработка проблемы с последующей выработкой правильных подходов к планированию и управлению.

Динамика показателей, которая касается состояния основных фондов, убеждает в необходимости проведения серьезных исследований в данной области строительной деятельности, что подтверждается данными таблиц 1, 2.

Таблицы 1 и 2 демонстрируют динамику роста машин, выработавших свой ресурс (см. таблицу 1) при наблюдающемся недостаточном обновлении основных фондов (см. таблицу 2). Это объясняется отсутствием в отрасли финансовых возможностей качественного восстановления и обновления парка машин.

Материалы и методы

Анализ состояния активной части основных производственных фондов (машин и механизмов) нацеливает на необходимость пересмотра вопросов, связанных с планированием данного аспекта деятельности организаций [5–8].

Методы хозяйствования, используемые с 90-х годов, носят, отчасти, несколько стихийный, не достаточно спланированный характер, поэтому требуется пересмотр

Показатели	2005	2015	2019	2020
В % отношении структура основных фондов:				
сооружения	9,90	13,80	71,4	70,7
здания	26,20	26,80	11,7	11,5
транспорт	18,40	18,20	3,5	3,7
машины и оборудование	42,10	38,00	13,0	13,7
прочие	3,40	3,20	2,4	2,4
Степень износа, %	42,00	47,30	51,9	51,9
Удельный вес основных фондов (полностью изношенных) в % от общего	12,20	14,00	19,3	19,3

Табл. 1. Состояние основных фондов в строительстве
Tab. 1. State of fixed assets in construction

Ключевые слова: частные (локальные) показатели технического потенциала, интегральный показатель уровня технического потенциала, организационные структуры.

conditions, and at the same time borrowing the existing methods of a market economy that are effective in other countries, it turned out to be ineffective without appropriate adaptation. Therefore, many areas of scientific research, for some time, were forgotten. It should be noted that under the current conditions, a rethinking of many important issues related to the organization, planning and management of construction production is required.

The authors of the article, in their studies on technical potential, offer their own approaches to solving the problem of technical equipment and technical potential (the definition of concepts is discussed later in the article).

Keywords: private (local) indicators of technical potential, integral indicator of the level of technical potential, organizational structures.

многих вопросов сферы управления технической оснащенностью, в более широком понимании – техническим потенциалом. На повестке дня – разработка методов оценки и анализа технического потенциала организаций строительной сферы [9–11].

«Технический потенциал строительного производства – это часть производственного потенциала, человеко-машинная система, объединяющая техническую и трудовую составляющие касаясь строительной техники, обеспечивающая выполнение определенных видов работ по производству строительной продукции за единицу времени при соответствующем организационном регулировании» [11].

Авторами в ранее проведенных исследованиях предложена система локальных показателей оценки технического потенциала [12].

Сформированная по представлениям авторов настоящей статьи система показателей включает как материальную, так и трудовую составляющие. В ходе проведения исследований применен соответствующий математический аппарат для оценки достоверности. Он подтвержден полученными результатами расчета как средней оценки предложений, так дисперсии и среднеквадратического отклонения.

Получено соответствующее уравнение уровня технического потенциала:

$$U_{\text{тп}} = 0,102 \cdot K_o + 0,085 \cdot K_k + 0,078 \cdot K_{\text{н.э}} + 0,087 \cdot K_{\text{э.пр}} + 0,104 \cdot K_{\text{е}} + 0,100 \cdot K_{\text{ц}} + 0,062 \cdot K_{\text{эк}} + 0,07 \cdot K_{\text{ца}} + 0,104 \cdot K_{\text{ом}} + 0,103 \cdot K_{\text{кл}} + 0,085 \cdot K_{\text{пр.зн}},$$

где K_i – дискретные значения факторов в долях от единицы.

Результаты

Для определения значений и последующего анализа каждого из локальных показателей авторами ранее предложены следующие формализованные расчеты [12–15].

Показатели	2015	2016	2017	2018	2019
Коэффициент выбытия основных фондов	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7
Коэффициент обновления основных фондов	3,9	4,4	4,3	4,7	4,7

Табл. 2. Коэффициенты выбытия и обновления
Tab. 2. Retirement and renewal rates

«Оснащенность базовыми машинами:

$$K_o = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^j \frac{V_{ji} \cdot N_{ji}}{V_{\text{общ}} \cdot j},$$

где в формулах предусматривается количество машин от 1 до i , количество разновидностей – от 1 до j ;
 V_{ji} – выработка;
 N_{ji} – количество машин;
 $V_{\text{общ}}$ – объем выработки машины за планируемый, анализируемый период.
Комплектность строительной техники:

$$K_k = \sum_{i=1}^n \frac{V_{ki}}{V_{\text{общ}}},$$

где V_{kj} – объем, выполняемый комплектным способом для i -го вида работы;
 $V_{\text{общ}}$ – общий объем работ i -го вида.
Вес машин со сроком, не превышающим нормативный срок эксплуатации:

$$K_{\text{н.э}} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^j \frac{N_{ji \text{ до } 5 \text{ лет}}}{N_{ji}},$$

где $N_{ji \text{ до } 5 \text{ лет}}$ – количество единиц техники j -го вида до 5 лет;
 N_{ji} – общее количество единиц техники этого вида.
Вес импортной техники:

$$K_{\text{э.пр}} = \sum_{j=1}^n \frac{N_{j \text{ э.пр}}}{N_{\text{общ}}},$$

где $N_{j \text{ э.пр}}$ – количество единиц j -го вида зарубежного производства;
 $N_{\text{общ}}$ – общее количество машин этого вида.
Готовность базовых машин:

$$K_{\text{г}} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^j \frac{N_{ji} \cdot K_{\text{без } ji}}{N_{\text{общ}}},$$

где N_{ji} – количество машин;
 $N_{\text{общ}}$ – общее количество;
 $K_{\text{без } ji}$ – коэффициент безотказности работы;

$$K_{\text{без } ji} = \frac{t_{\text{жпр}}}{t_{\text{жоб.эк}}},$$

где $t_{\text{жпр}}$ – время простоев;
 $t_{\text{жоб.эк}}$ – общее время эксплуатации.

№ п/п	Наименование	Обозначение	min значение	Наиболее оптимальное значение	max значение	Среднее значение по конкретному региону
1	Оснащенность базовыми машинами	K_o	0,67	0,95	0,95	0,81
2	Комплектность строительной техники	K_k	0,36	0,85	0,95	0,65
3	Вес машин со сроком, не превышающим срок эксплуатации 5 лет	$K_{\text{н.э}}$	0,58	0,9	0,95	0,765
4	Удельный вес техники импортного производства	$K_{\text{э.пр}}$	0,11	0,7	0,95	0,53
5	Готовность базовых машин	$K_{\text{е}}$	0,53	0,95	0,95	0,74
6	Интенсивность использования техники	$K_{\text{ц}}$	0,42	0,75	0,95	0,685
7	Соблюдение экологических требований техники	$K_{\text{эк}}$	0,21	0,7	0,95	0,58
8	Уровень использования амортизационных отчислений	$K_{\text{ца}}$	0,34	0,85	0,95	0,645
9	Обеспеченность машинистами	$K_{\text{ом}}$	0,8	1	1	0,9
10	Коэффициент классности машинистов	$K_{\text{кл}}$	0,7	1	1	0,85
11	Уровень использования прогрессивных форм оплаты труда	$K_{\text{пр.зн}}$	0,36	0,75	0,95	0,63

Табл. 3. Область изменения показателей уровня технического потенциала
Tab. 3. Area of changes in private indicators of the level of technical potential

СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО № 4 (44) 2022

Интенсивности использования строительной техники:

$$K_{\text{и}} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^j \frac{t_{\text{ф } ji}}{t_{\text{н } ji}},$$

где $t_{\text{ф } ji}$ – фактическое время работы машин в году (в часах);
 $t_{\text{н } ji}$ – нормативное время работы машин в году (в часах).
Соблюдение экологических требований:

$$K_{\text{эк}} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^j \frac{N_{ji \text{ до } 5 \text{ лет}}}{N_{\text{общ}}},$$

где $N_{ji \text{ до } 5 \text{ лет}}$ – количество единиц техники до 5 лет;
 $N_{\text{общ}}$ – общее количество.
Процент (уровень) использования амортизационных отчислений:

$$K_{\text{ца}} = \frac{A_{\text{уф}}}{\sum_{i=1}^n A_{\text{нф}}},$$

где $A_{\text{уф}}$ – используемый по назначению амортизационный фонд за анализируемый период;
 $A_{\text{нф}}$ – нормативный амортизационный фонд за анализируемый период для i -го количества машин, находящихся на балансе.

Обеспеченность машинистами:

$$K_{\text{ом}} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^j \frac{M_{ji} \cdot f}{N_{ji} \cdot K_{\text{см}}},$$

где M_{ji} – списочная численность машинистов на машины i -го типа, j -ой разновидности;
 f – коэффициент учета машинистов (пребывания на рабочем месте);
 N_{ji} – количество машин;
 $K_{\text{см}}$ – коэффициент сменности работы машин.
Коэффициент классности машинистов:

$$K_{\text{кл}} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^j \frac{M_{\text{жск}}}{M_{\text{жю}}},$$

где $M_{\text{жск}}$ – количество машинистов, соответствующих уровню классности по типам и видам машин;
 $M_{\text{жю}}$ – общее количество машинистов.
Уровень использования прогрессивных форм оплаты труда:

$$K_{\text{пр.зн}} = \sum \frac{3_{\text{прм}}}{3_{\text{общм}}},$$

где $Z_{\text{прм}}$ – заработная плата с применением прогрессивных форм оплаты труда машинистов;

$Z_{\text{общм}}$ – общая заработная плата машинистов» [12].
Далее проведен сбор статистических данных и определены числовые значения выбранных показателей.

На основе проведенных исследований, произведенных расчетов сформирован диапазон изменения величины показателей (см. таблицу 3).

Значимость любого предлагаемого исследователями комплексного показателя должна оцениваться с точки зрения влияния на основные, наиболее весомые показатели деятельности организации. Для установления значимости предложенного комплексного показателя технического потенциала определена степень его влияния на основные показатели деятельности строительных организаций через корреляционно-регрессионный анализ [16–18].

«В качестве основных показателей установлены:
– соблюдение нормативных сроков строительства:

$$B_{\text{ср}} = \frac{C_{\text{смпс}}}{C_{\text{смп}}}, \quad (14)$$

где $C_{\text{смпс}}$ – объем работ, выполненный с соблюдением сроков, тыс. руб.;

$C_{\text{смп}}$ – общий объем выполненных работ, тыс. руб.;

– показатель снижения себестоимости:

$$C_{\text{себ}} = \frac{C_{\text{рег.себ}}}{C_{\text{фсеб}}}, \quad (15)$$

где $C_{\text{рег.себ}}$ – самая низкая себестоимость строительно-монтажных работ по региону;

$C_{\text{фсеб}}$ – фактическая себестоимость» [12].
Связь между показателем уровня технического потен-

циала и вышеобозначенными показателями выразилась следующими уравнения связи:

$$B_{\text{ср}} = 0,26 + 0,672 \cdot U_{\text{мн}}, \quad (16)$$

$$C_{\text{себ}} = 0,422 + 0,851 \cdot U_{\text{мн}}. \quad (17)$$

Обсуждение

Предлагаемый авторами перечень показателей отражает и характеризует технический уровень и готовность строительных организаций к осуществлению производственно-хозяйственной деятельности. Методы расчета показателей достаточно удобны, поэтому могут быть рекомендованы к практическому применению.

Группа экспертов, участвующих в проведении исследований, имела огромный практический опыт и навыки. Все выводы, данные в статье, обоснованы с использованием существующих математических методов обработки информации [19]; [20].

Расчет и анализ предлагаемых в статье показателей, на взгляд авторов, позволит решать проблемы не только оперативного, но и стратегического характера.

Заключение

Безусловно, вопросы, связанные с уровнем технического потенциала, являются очень значимыми в оценке деятельности строительных организаций, поэтому требуют количественных методов исчисления и последующего анализа. В статье предложены формализованные методы расчета локальных показателей и последующее определение уровня технического потенциала на их основе. Выявлена степень влияния предложенного интегрального показателя на результаты деятельности строительных организаций, что еще раз подчеркивает значимость предлагаемого подхода в ходе организации производственной деятельности.

ственных фондов на основе модернизации строительства / М. И. Каменецкий, М. Ф. Костецкий // Экономика строительства. – 2010. – № 4. – С. 17–22.

9. Панкратов, Е. П. Проблемы повышения производственного потенциала предприятий строительного комплекса / Е. П. Панкратов, О. Е. Панкратов // Экономика строительства. – 2015. – № 3 (33). – С. 4–17.

10. Репин, С. В. Механизация строительных работ и проблемы, связанные с использованием строительной техники / С. В. Репин, А. В. Савельев // Строительная техника. – 2006. – С. 31–35.

11. Тускаева, З. Р. Формирование центров технической оснащенности строительства / З. Р. Тускаева // Вестник МГСУ. – 2016. – № 9. – С. 75–85.

12. Тускаева, З. Р. Формализация частных показателей и определение уровня технического потенциала строительных формирований и баз механизации / З. Р. Тускаева // Промышленное и гражданское строительство. – 2018. – № 9. – С. 27–32.

13. Tuskava, Z. R. Criteria for the building machinery units alternatives / Z. R. Tuskava // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – № 6. – P. 4369–4376.

14. Tuskava, Z. R. Software Product Development for the construction equipment selection / Z. R. Tuskava // Procedia Engineering. – Vol. 165. – P. 1184–1191.

15. Tuskava, Z. R. One of the criteria for selecting a contractor for

high-rise construction / Z. R. Tuskava, T. Tagirov // E3S Web of Conferences «High-Rise Construction 2017» (HRC 2017). – 2018. – Vol. 33. – P. 03071. – URL: <http://doi.org/10.1051/e3sconf/20183303071>.

16. Бережная, Е. В. Математические методы моделирования экономических систем / Е. В. Бережная, В. И. Бережной. – Москва : Финансы и статистика, 2001. – 432 с.

17. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей : Учебник для вузов / Е. С. Вентцель. – 6-е изд., стер. – Москва : Высшая школа, 1999. – 576 с.

REFERENCES

1. Asaul, V. V. Analiz konkurentnogo rynka stroitel'nykh rabot i uslug [Analysis of the competitive market for construction works and services] / V. V. Asaul // Ekonomika stroitel'stva [Construction Economics]. – 2005. – № 1. – P. 14–25.

2. Asaul, A. N. Upravlenie zatratami v stroitel'stve [Cost management in construction] / A. N. Asaul, M. K. Starovoitov, R. A. Faltinskiy. – St. Petersburg : IPEV, 2009. – 392 p.

3. Babaeva, D. G. Analiz sostoyaniya osnovnykh proizvodstvennykh fondov v promyshlennosti [Analysis of the state of fixed production assets in the industry] / D. G. Babaeva // Vestnik DGINKH: sbornik nauchnykh trudov [Vestnik DGINKh: collection of scientific papers]. – 2006. – Iss. X. – P. 76–81.

4. Volkov, D. P. Nadezhnost' stroitel'nykh mashin i oborudovaniya [Reliability of construction machines and equipment] / D. P. Volkov, S. N. Nikolaev. – Moscow : Vysshaya shkola, 1979. – 400 p.

5. Voshchanov, P. I. Sbalansirovannost' planov stroitel'nogo proizvodstva s moshhnostyami stroitel'nykh organizatsij [Balancing the plans of construction production with the capacities of construction organizations]. / P. I. Voshchanov. – Moscow : Stroyizdat, 1993. – 142 p.

6. Dvizov, D. A. Razlichnye metody povysheniya ehffektivnosti ispol'zovaniya mashinnogo parka predpriyatij i organizatsij [Various methods for improving the efficiency of using the machine park of enterprises and organizations] / D. A. Dvizov, N. V. Skidanov // X Mezhevuzovskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh i studentov g. Volzhskogo [X Interuniversity scientific and practical conference of young scientists and students of the city of Volzhsky]. – Volzhsky, 2004. – P. 4–5.

7. Ivanov, V. N. Povyshenie ehffektivnosti proizvodstvennoj i tekhnicheskoy ehkspluatatsii parka dorozhno-stroitel'nykh mashin [Improving the efficiency of production and technical operation of the fleet of road-building machines] / V. N. Ivanov, R. F. Salikhov // Omskij nauchnyy vestnik [Omsk Scientific Bulletin]. – Omsk : OmGTU, 2004. – № 1. – P. 92–94.

8. Kamenetsky, M. I. Inventarizatsiya i pereotsenka proizvodstvennykh fondov na osnove modernizatsii stroitel'stva [Inventory and revaluation of production assets based on the modernization of construction] / M. I. Kamenetsky M. F. Kostetsky // Ekonomika stroitel'stva [Economics of construction]. – 2010. – № 4. – P. 17–22.

9. Pankratov, E. P. Problemy povysheniya proizvodstvennogo potentsiala predpriyatij stroitel'nogo kompleksa [Problems of Increasing the Production Potential of Building Complex Enterprises] / E. P. Pankratov, O. E. Pankratov // Ekonomika stroitel'stva [Construction Economics]. – 2015. – № 3 (33). –

18. Хачатрян, С. Р. Методы и модели решения экономических задач / С. Р. Хачатрян, М. В. Пинегина, В. П. Буянов. – Москва : Экзамен, 2005. – 384 с.

19. Уварова, С. С. Экономическая устойчивость строительных предприятий и проектов / С. С. Уварова, С. В. Беляева, В. С. Канхва. – Москва : МГСУ, 2011. – 154 с.

20. Шеннон, Р. Ю. Имитационное моделирование систем – искусство и наука : Пер. с англ. / Под ред. Ю. К. Масловского. – Москва : Мир, 1978. – 420 с.

P. 4–17.

10. Repin, S. V. Mekhanizatsiya stroitel'nykh rabot i problemy, svyazannye s ispol'zovaniem stroitel'noj tekhniki [Mechanization of construction works and problems associated with the use of construction equipment] / S. V. Repin, A. V. Saveliev // Stroitel'naya tekhnika [Construction machinery]. – 2006. – P. 31–35.

11. Tuskava, Z. R. Formirovanie tsentrov tekhnicheskoy osnashennosti stroitel'stva [Formation of centers of technical equipment of construction] / Z. R. Tuskava // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2016. – № 9. – P. 75–85.

12. Tuskava, Z. R. Formalizatsiya chastnykh pokazatelej i opredelenie urovnya tekhnicheskogo potentsiala stroitel'nykh formirovanij i baz mekhanizatsii [Formalization of private indicators and determination of the level of technical potential of construction units and mechanization bases] / Z. R. Tuskava // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2018. – № 9. – P. 27–32.

13. Tuskava, Z. R. Criteria for the building machinery units alternatives / Z. R. Tuskava // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – № 6. – P. 4369–4376.

14. Tuskava, Z. R. Software Product Development for the construction equipment selection / Z. R. Tuskava // Procedia Engineering. – Vol. 165. – P. 1184–1191.

15. Tuskava, Z. R. One of the criteria for selecting a contractor for high-rise construction / Z. R. Tuskava, T. Tagirov // E3S Web of Conferences «High-Rise Construction 2017» (HRC 2017). – 2018. – Vol. 33. – P. 03071. – URL: <http://doi.org/10.1051/e3sconf/20183303071>.

16. Berezhnaya, E. V. Matematicheskie metody modelirovaniya ehkonomicheskikh system [Mathematical methods for modeling economic systems] / E. V. Berezhnaya, V. I. Berezhnoy. – Moscow : Finansy i statistika, 2001. – 432 p.

17. Wentzel, E. S. Teoriya veroyatnostej : Uchebnik dlya vuzov [Probability theory: Textbook for universities] / E. S. Wentzel. – 6th ed., ster. – Moscow : Vysshaya shkola, 1999. – 576 p.

18. Khachatryan, S. R. Metody i modeli resheniya ehkonomicheskikh zadach [Methods and models for solving economic problems] / S. R. Khachatryan, M. V. Pinegina, V. P. Buyanov. – Moscow : Ehkzamen, 2005. – 384 p.

19. Uvarova, S. S. Ehkonomicheskaya ustojchivost' stroitel'nykh predpriyatij i proektov [Economic sustainability of construction enterprises and projects] / S. S. Uvarova, S. V. Belyaeva, V. S. Kanhva. – Moscow : MGSU, 2011. – 154 p.

20. Shannon R. U. Imitatsionnoe modelirovanie sistem – iskustvo i nauka : Per. s angl. [Simulation systems – art and science : Translated from English] / Edited by Yu. K. Maslovsky. – Moscow : Mir, 1978. – 420 p.

УДК 69.05 DOI: 10.54950/26585340_2022_4_100

Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации

Features of the Development of a Construction Organization Project for Residential Facilities as Part of the Renovation Program

Бидов Тембот Хасанбиевич

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, BidovTH@mgsu.ru

Bidov Tembot Hasanbievich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Technologies and Organization of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, BidovTH@mgsu.ru

Фатуллаев Рустам Сейфуллаевич

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, FatullaevRS@mgsu.ru

Fatullaev Rustam Seifullayevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Technologies and Organization of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, FatullaevRS@mgsu.ru

Хубаев Алан Олегович

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, KhubaevAO@mgsu.ru

Khubaev Alan Olegovich

Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department «Technologies and Organization of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, KhubaevAO@mgsu.ru

Шестерикова Яна Валерьевна

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, ShesterikovaEY@mgsu.ru

Shesterikova Yana Valerievna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Technologies and Organization of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, ShesterikovaEY@mgsu.ru

Николенко Дмитрий Михайлович

Студент, кафедра «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, nikolenko_199@mail.ru

Nikolenko Dmitry Mikhailovich

Student, Department «Technologies and Organization of Construction Production», National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, nikolenko_199@mail.ru

Аннотация. Программа реновации, реализуемая на территории всех субъектов Российской Федерации, подразумевает ликвидацию устаревшего жилищного фонда, включающего многоквартирные жилые дома, восстановление физического и морального износа в которых по тем или иным причинам нецелесообразно, а также последующее возведение на месте ликвидированного жилого фонда новых многоквартирных домов. Ввиду того, что строительство вновь возводимых многоквартирных домов производится в условиях сложившейся городской застройки, а также того, что в процессе реализации программы реновации задействованы государственные структуры, авторами статьи был проанализирован опыт разработки проектов организации строительства в рамках программы ре-

новации в г. Москве. В результате проведенного анализа были определены основные участники процесса формирования организационно-технической документации в рамках программы реновации, а также их основные функции и зоны влияния. Авторами установлены места пересечения зон влияния различных участников, выявленные с помощью сопоставления функций участников проектирования организационно-технической документации в рамках проекта реновации, а также определены основные факторы, которые оказывают влияние на стоимость и трудоемкость при формировании проекта организации строительства в рамках реализации программы реновации.

Ключевые слова: реновация, проектирование, проект организации строительства, особенности, факторы, участники.

Abstract. The renovation programme, which is implemented on the territory of all constituent entities of the Russian Federation, implies the liquidation of outdated housing stock, including apartment buildings, the restoration of physical and moral deterioration in which for one reason or another is not feasible, as well as the subsequent construction of new apartment buildings in place of the liquidated housing stock. In view of the fact that the construction of newly built apartment buildings is carried out in the existing urban development, as well as the fact that in the process of implementing the renovation programme state structures are involved, the author of the article analysed the experience of developing a construction organisation project in the framework of the renovation programme in Moscow. As

Введение

В сложившейся практике под реновацией понимается замена многоквартирных жилых домов, достигших высокой степени морального и физического износа, путем их сноса и возведения новых на их месте в условиях сложившейся городской застройки [1]. По условиям программы реновации, вновь возводимые здания, в которых предполагается размещение жильцов из ликвидированных многоквартирных жилых домов (далее – МКД), должны находиться в непосредственной близости к ликвидируемому МКД, что также осложняет задачу по выбору места будущего строительства [2]. Земельные участки, выделяемые для строительства новых многоквартирных жилых домов, зачастую ограничены по площади и соседствуют со зданиями и сооружениями, имеющими разветвленную транспортную сеть [3]. Данные факторы оказывают негативное влияние на формирование организационно-технологической документации, в частности на разработку оптимальных организационно-технологических решений по размещению строительного бытового городка, внутриплощадочных временных дорог, складских площадок и средств механизации, с учетом особенностей трассировок инженерных коммуникаций.

Программа реновации, стартовавшая в Москве в 2017 году, в настоящее время по решению правительства распространилась на все субъекты Российской Федерации, что делает эту тему для изучения весьма актуальной.

Материалы и методы

В данной статье проанализированы основные особенности организационно-технологического проектирования при строительстве многоквартирных жилых домов в рамках программы реновации. В частности, в качестве предмета исследования рассматривается проект организации строительства (далее – ПОС), в котором решаются основные вопросы по организации и технологии строительного производства [4].

Настоящее исследование проводится в рамках проектов, реализованных в г. Москве, так как в настоящий момент подавляющее большинство проектов по реновации реализовано именно здесь [5].

Исследование предполагает применение метода логического анализа, где основные выводы делаются на основе изучения отдельных аспектов объекта исследования.

Результаты

Для комплексного анализа особенностей разработки ПОС в рамках программы реновации были определены основные участники:

1. *Фонд реновации* – некоммерческая организация под названием «Московский фонд реновации жилой застройки», основными целями которого являются содей-

a result of the analysis, the main participants in the process of forming organisational and technical documentation within the renovation programme have been identified, as well as their main functions and areas of influence. As a result of the study, the author has identified the overlapping areas of influence of various participants by comparing the functions of those involved in the design of organisational and technical documentation within the renovation project, as well as identified the main factors which influence the cost and labour intensity of drafting construction organisation as part of the renovation programme implementation.

Keywords: renovation, engineering, construction organisation, features, factors, participants.

ствие обновлению среды жизнедеятельности и созданию благоприятных условий проживания граждан, общественного пространства для предотвращения роста аварийного жилищного фонда, обеспечение развития жилых территорий и их благоустройства [6].

Фонд может выполнять функции таких участников строительства, как застройщик, генеральный подрядчик, генеральный проектировщик, технический заказчик, а также оказывать:

- содействие при сносе многоквартирных домов, включенных в решение о реновации;
- содействие при выполнении инженерных изысканий, подготовке проектной документации, строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства, а также при проведении строительного контроля в процессе строительства;
- содействие в подготовке документации по планировке территории;
- содействие в разработке проектов по строительству жилых и нежилых зданий посредством объединения финансовых, материально-технических и физических средств для реализации проекта.

2. *Московская государственная экспертиза* – организация, уполномоченная правительством города Москвы на проведение государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий [6].

Мосгосэкспертиза оказывает услуги:

- экспертиза проектной документации, результатов инженерных изысканий объектов строительства, реконструкции, капитального ремонта;
- консультирование при внесении изменений в проектную документацию;
- проверка правильности определения и обоснованности начальной (максимальной) цены контрактов (договоров);
- проведение предварительной экспертизы оценки принятых технических решений и стоимостных показателей;
- рассмотрение документов, являющихся результатом градостроительного проектирования.

3. *Префектура административного округа* – территориальный орган исполнительной власти города. Осуществляет свою деятельность во взаимодействии с органами федеральной власти, органами государственной власти, органами местного самоуправления, юридическими и физическими лицами, общественными объединениями и иными негосударственными некоммерческими организациями [7].

К задачам и полномочиям префектуры относятся:

- участие в мониторинге реализации Генерального плана города в административном округе;
- участие в организации и проведении публичных слушаний по вопросам градостроительной деятельности, землепользования и застройки;
- согласование Генерального плана города, территориальных и отраслевых схем, проекта планировки территории, градостроительного плана земельного участка.

4. *Отдел подземных сооружений (ОПС) ГБУ «Мосгоргеотрест»* – организация, занимающаяся предоставлением технического заключения о соответствии проектной документации Сводному плану подземных коммуникаций и сооружений, ордера ОАТИ (объединения административно-технической инспекции) на земляные работы, установку и содержание временных объектов.

5. *Организации, эксплуатирующие сети* – компании, сети которых проходят в границах участка застройки, а также попадающие в зону влияния строительства. Необходимо согласование проведения работ [8].

6. *Генеральный проектировщик* – это юридическое лицо, которое осуществляет организацию и координацию работ по подготовке и разработке проектной документации на основании заключенного с заказчиком или застройщиком договора [9]. Выполняться данные работы могут лично и с привлечением субподрядных организаций. Также генеральный проектировщик отвечает за качество проектной документации и ее соответствие требованиям действующих нормативно-технических документов [10].

7. *Субпроектировщик* – физическое или юридическое лицо, выполняющее определенную часть проектных работ. Работы выполняются на основании договора с генеральным проектировщиком.

Также были выделены следующие факторы, оказывающие влияние на процесс разработки организационно-технологической документации:

1. *Наличие исходных документов для проектирования* – разделы проектной документации, содержащие

в себе геоподоснову участка строительства, результаты инженерных изысканий, архитектурные решения, конструктивные решения будущего объекта строительства.

2. *Характеристика земельного участка*. Выделенная в рамках реновации относительно небольшая площадь может вызвать необходимость привлечения дополнительных территорий для нужд строительства и дальнейшего комплексного благоустройства, что приведет к дополнительным тратам денежных средств [11].

3. *Расположение бытового городка* – с учетом отведенных границ участков, а также сложившейся застройки, не всегда есть возможность расположить временные инвентарные сооружения с соблюдением всех требований и норм.

4. *Способы привлечения и организации рабочей силы на время строительства*. На практике существуют различные подходы к привлечению квалифицированных специалистов, возможно использование местной рабочей силы, возможно применение вахтового метода, возможно комбинировать данные методы, в связи с чем возникает вопрос рациональности и необходимости применения нужного способа [12].

5. *Наличие временных дорог* для нужд строительства, а также въездов на строительную площадку – с учетом сложившейся и развитой сети транспортных потоков не всегда есть возможность наиболее рационально их расположить [13].

6. *Наличие требуемого комплекта машин и механизмов* – обширный выбор строительных машин и механизмов не всегда позволяет выделить наиболее рациональный и необходимый для использования комплект, что, как правило, приводит к увеличению стоимости строительства и (или) увеличению продолжительности строительства.

7. *Разработка мероприятий по уменьшению опасных зон* – в условиях сложившейся и уплотняющейся застройки могут возникнуть ситуации, когда общепринятых средств по уменьшению опасных зон от работы механизмов будет недостаточно для обеспечения нормативных значений [14].

8. *Способы расчета продолжительности строительства* – существующие нормативные базы, по которым производится расчет продолжительности, можно по-разному интерпретировать, что дает возможность по-разному определить продолжительность при строительстве одного объекта.

9. *Условия производства работ* определяются на основании нормативных документов, которые могут быть интерпретированы по-разному различными участниками процесса проектирования в рамках программы реновации, что также не дает четкого понимания о доступных для использования методах производства работ [15].

Сопоставление функций участников проектирования организационно-технологической документации в рамках реализации проектов реновации представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, наибольшее количество пересечений встречается у Фонда реновации, Московской государственной экспертизы, генерального подрядчика и субподрядчика (проектировщика).

На практике данное наложение функций может означать, что разработка и согласование отдельных разделов ПОС может быть обусловлена требованиями различных участников, которые могут противоречить друг другу, что

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильичева, Е. Д. Слабые стороны проекта организации строительства при прохождении Московской государственной экспертизы в условиях реновации / Е. Д. Ильичева, Т. К. Кузьмина // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 5 (77). – С. 358–368.

2. Фатуллаев, Р. С. Использование современных строительных материалов как фактор, влияющий на эффективность организационно-технологических решений при проведении капитального ремонта / Р. С. Фатуллаев, Т. Э. Хаев // Перспективы науки. – 2019. – № 5 (116). – С. 224–228.

3. Fatullaev, R. Assessment of the possibility of improving the efficiency of the organizational and technological model of the building under construction through the use of foreign single estimated standards for construction works / R. Fatullaev, V. Gergaulova, S. Aydarov. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809022 // E3S Web of Conferences : Ural Environmental Science Forum «Sustainable Development of Industrial Region» (UESF-2021), Chelyabinsk, February 17–19, 2021. – Chelyabinsk, 2021. – Vol. 258. – P. 09022.

4. Бидов, Т. Х. Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471 // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 466–471.

5. Киевский, Л. В. Возможность реновации жилой застройки в городах России / Л. В. Киевский, И. Л. Киевский, А. А. Сергеева. – DOI 10.33622/0869-7019.2020.11.31-41 // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – № 11. – С. 31–41.

6. Influence of the Construction Risks on the Cost and Duration of a Project / A. Lapidus, D. Topchiy, T. Kuzmina, O. Chapidze. – DOI 10.3390/buildings12040484 // Buildings. – 2022. – Vol. 12. – № 4. – P. 484.

7. Topchiy, D. Destabilizing factors of urban renovation / D. Topchiy, S. Ekba, E. Kochurina. – DOI 10.1051/e3sconf/202016404032 // E3S Web of Conferences : Topical

в конечном счете приводит к увеличению трудоемкости, а впоследствии – и к продолжительности разработки раздела ПОС.

Заключение

В результате проведенного исследования были выявлены основные особенности разработки раздела ПОС в процессе формирования проектной документации на возведение МКД в рамках программы реновации, а также определены основные участники, задействованные в разработке и согласовании ПОС. Проведенный анализ позволил установить основные факторы, оказывающие влияние на процесс проектирования.

Отсутствие единого подхода к согласованию и утверждению результатов разработки раздела ПОС в условиях реновации приводит к увеличению финансовых, трудовых и временных затрат на проектирование.

Полученные результаты доказывают актуальность выбранного направления исследований, а также являются аналитической базой для дальнейших исследований в области выявления и систематизации факторов, оказывающих влияние на организационно-технологическое проектирование при возведении объектов МКД в рамках реализации программы реновации.

Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, November 20–22, 2019. – Moscow : EDP Sciences, 2020. – Vol. 164. – P. 04032.

8. Бидов, Т. Х. Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова. – DOI 10.15593/2224-9826/2021.2.02 // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12. – № 2. – С. 15–25.

9. Fatullaev, R. Organizational-technological modeling of a multi-apartment residential house where overhaul is planned / R. Fatullaev. – DOI 10.1051/e3sconf/20199706035 // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, April 18-21, 2019. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – Vol. 97. – P. 06035.

10. Лapidус, А. А. Формирование организационно-технологических платформ в строительстве / А. А. Лapidус. – DOI 10.54950/26585340_2022_1_2 // Строительное производство. – 2022. – № 1. – С. 2–6.

11. Шестерикова, Я. В. Применение технологий информационного моделирования при реализации инвестиционно-строительных проектов / Я. В. Шестерикова // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – № 3 (129). – С. 95–97.

12. Кузьмина, Т. К. Моделирование во времени процедур на этапе подготовки объекта к строительству. Построение базовой организационно-управленческой модели / Т. К. Кузьмина, П. В. Большакова, Д. Д. Зуева // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 5 (77). – С. 414–423.

13. Хаев, Т. Э. Повышение эффективности организации реставрационных работ с использованием высокопрочного гипсового материала с полыми стеклянными микросферами / Т. Э. Хаев, Б. А. Айдаров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 11. – С. 445–450.

14. Алексеева, А. И. Организация строительства жилых зданий в условиях плотной городской застройки / А. И. Алексеева, В. В. Круликовский, Е. С. Лопаницына // E-Scio. – 2020. – № 3

Табл. 1. Сопоставление функций участников проектирования организационно-технологической документации в рамках проекта реновации

Tab. 1. Matching the roles of those involved in the engineering of the organizational and technical documentation of the renovation project

(42). – С. 227–231.

15. Погодин, Д. А. Методы моделирования и оптимизации организационных и технологических решений в жилищном строительстве / Д. А. Погодин, А. И. Абрамова // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования : Сборник

REFERENCES

1. Ilyicheva, E. D. Slabye storony proekta organizatsii stroitel'stva pri prohozhdenii Moskovskoy gosudarstvennoy ekspertizy v usloviyakh renovatsii [Weaknesses of the construction organization project during the passage of the Moscow state expertise in the conditions of renovation] / E. D. Ilyicheva, T. K. Kuzmina // Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2021. – № 5 (77). – P. 358–368.
2. Fatullaev, R. S. Ispol'zovanie sovremennykh stroitel'nykh materialov kak faktor, vliyayushchij na effektivnost' organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij pri provedenii kapital'nogo remonta [The use of modern building materials as a factor affecting the effectiveness of organizational and technological solutions during major repairs] / R. S. Fatullaev, T. E. Haev // Perspektivy nauki [Prospects of science]. – 2019. – № 5 (116). – P. 224–228.
3. Fatullaev, R. Assessment of the possibility of improving the efficiency of the organizational and technological model of the building under construction through the use of foreign single estimated standards for construction works / R. Fatullaev, V. Gergaulova, S. Aydarov. – DOI 10.1051/e3s-conf/202125809022 // E3S Web of Conferences : Ural Environmental Science Forum «Sustainable Development of Industrial Region» (UESF-2021), Chelyabinsk, February 17–19, 2021. – Chelyabinsk, 2021. – Vol. 258. – P. 09022.
4. Bidov, T. H. Sistematizatsiya proizvodstvenno-tekhnicheskoy dokumentatsii pri vozvedenii monolitnykh konstruksij zhilykh zdaniy v zimnij period [Systematization of production and technical documentation for the construction of monolithic structures of residential buildings in winter] / T. H. Bidov, A. O. Hubaev. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471 // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki [Proceedings of Tula State University. Technical sciences]. – 2022. – № 2. – P. 466–471.
5. Kievsky, L. V. Vozmozhnost' renovatsii zhilozh zastrojki v gorodakh Rossii [The possibility of renovation of residential buildings in Russian cities] / L. V. Kievsky, I. L. Kievsky, A. A. Sergeeva. – DOI 10.33622/0869-7019.2020.11.31-41 // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2020. – № 11. – P. 31–41.
6. Influence of the Construction Risks on the Cost and Duration of a Project / A. Lapidus, D. Topchiy, T. Kuzmina, O. Chapidze. – DOI 10.3390/buildings12040484 // Buildings. – 2022. – Vol. 12. – № 4. – P. 484.
7. Topchiy, D. Destabilizing factors of urban renovation / D. Topchiy, S. Ekba, E. Kochurina. – DOI 10.1051/e3s-conf/202016404032 // E3S Web of Conferences : Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, November 20–22, 2019. – Moscow : EDP Sciences, 2020. – Vol. 164. – P. 04032.
8. Bidov, T. H. Organizatsionno-tekhnicheskoe modelirovanie kompleksnoj sistemy proizvodstva betonnykh rabot v zimnij period pri vozvedenii zhilykh zdaniy [Organizational and technical modeling of a complex system for the production of concrete works in winter during the construction of residential buildings] / T. H. Bidov, A. O. Hubaev, A. A. Shabanova. – DOI 10.15593/2224-9826/2021.2.02 // Construction and Geotech-

докладов Первой Национальной конференции, Москва, 30 сентября 2020 года. – Москва : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2020. – С. 353–356.

nics. – 2021. – Т. 12. – № 2. – P. 15–25.

9. Fatullaev, R. Organizational-technological modeling of a multi-apartment residential house where overhaul is planned / R. Fatullaev. – DOI 10.1051/e3s-conf/20199706035 // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, April 18–21, 2019. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – Vol. 97. – P. 06035.
10. Lapidus, A. A. Formirovanie organizatsionno-tekhnologicheskikh platform v stroitel'stve [Formation of organizational and technological platforms in construction] / A. A. Lapidus. – DOI 10.54950/26585340_2022_1_2 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2022. – № 1. – P. 2–6.
11. Shesterikova, Y. V. Primenenie tekhnologij informatsionnogo modelirovaniya pri realizatsii investitsionno-stroitel'nykh proektov [Application of information modeling technologies in the implementation of investment and construction projects] / Y. V. Shesterikova // Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and business: ways of development]. – 2022. – № 3 (129). – P. 95–97.
12. Kuzmina, T. K. Modelirovanie vo vremeni protsedur na etape podgotovki ob'ekta k stroitel'stvu. Postroenie bazovoj organizatsionno-upravlencheskoj modeli [Time modeling of procedures at the stage of preparing an object for construction. Building a basic organizational and managerial model] / T. K. Kuzmina, P. V. Bolshakova, D. D. Zueva // Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2021. – № 5 (77). – P. 414–423.
13. Haev, T. E. Povyshenie effektivnosti organizatsii restavracionnykh rabot s ispol'zovaniem vysokoprochnogo gipsovogo materiala s polymi steklyannymi mikrosferami [Improving the efficiency of the organization of restoration work using high-strength gypsum material with hollow glass microspheres] / T. E. Haev, B. A. Ajdarov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki [Izvestiya Tula State University. Technical sciences]. – 2020. – № 11. – P. 445–450.
14. Alekseeva, A. I. Organizatsiya stroitel'stva zhilykh zdaniy v usloviyakh plotnoj gorodskoj zastrojki [Organization of construction of residential buildings in conditions of dense urban development] / A. I. Alekseeva, V. V. Krulikovskij, E. S. Lopancyna // E-Scio. – 2020. – № 3(42). – P. 227–231.
15. Pogodin, D. A. Metody modelirovaniya i optimizatsii organizatsionnykh i tekhnologicheskikh reshenij v zhilishchnom stroitel'stve [Methods of modeling and optimization of organizational and technological solutions in housing construction] / D. A. Pogodin, A. I. Abramova // Aktual'nye problemy stroitel'noj otrasli i obrazovaniya : Sbornik dokladov Pervoj Nacional'noj konferentsii, 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'nyy issledovatel'skij Moskovskij gosudarstvennyy stroitel'nyy universitet [National Research Moscow State University of Civil Engineering], 2020. – P. 353–356.

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

ТЕХНОЛОГИИ, ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

International Scientific Conference «Technology, Organization and Management in Construction», TOMiC-2022



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



26–27 октября 2022 года в Национальном исследовательском Московском государственном строительном университете (НИУ МГСУ) состоялась VIII Международная научно-практическая конференция кафедр организационно-технологического профиля строительных вузов и технических университетов «Технологии, организация и управление в строительстве – 2022» («Technology, Organization and Management in Construction 2022», TOMiC-2022).

Цель конференции – создание международной площадки для комфортного и конструктивного обмена производственным опытом, научными разработками и инновационными идеями, которые обязательно сможем реализовать вместе.

В конференции приняли участие ведущие ученые в области технологии производства, организации, планирования, управления и менеджмента при реализации строительных проектов с учетом последних мировых достижений.

В рамках конференции работали три тематические секции: «Технология и организация строительства», «Управление жизненным циклом объектов строительства» и «Организационно-технологические аспекты обследования зданий и сооружений», на которых были заслушаны более 60 докладов:

- прогрессивные технологии строительного производства,
- организация и планирование в строительстве,
- организационно-технологическое проектирование,
- менеджмент в строительстве,
- информационное моделирование, управление жизненным циклом зданий и сооружений,
- математические методы в решении задач организационно-технологического профиля,
- моделирование строительных процессов,
- автоматизация в строительстве, САПР,
- экономика строительства,
- безопасность строительного производства,
- экологические аспекты строительных технологий,
- строительный контроль и надзор,
- техническое обследование и экспертиза.

Все доклады касались актуальных проблем современного развития строительной отрасли и были направлены на повышение эффективности организационно-технологического проектирования и контроля качества строительного производства.

Периодичность конференции: ежегодная.

Язык конференции: русский, английский.

УДК 69.057.4

DOI: 10.54950/26585340_2022_4_106

Высокоскоростной, адаптивный монтаж светопрозрачных ограждающих конструкций высотных зданий конвейерным методом

High-Speed, Adaptive Installation of Translucent Enclosing Structures of High-Rise Buildings by Conveyor Method

Молодин Владимир Викторович

Доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология и организация строительства», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», Россия, 630008, Новосибирск, улица Ленинградская, 113, molodin@sibstrin.ru

Molodin Vladimir Viktorovich

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technology and Organization of Construction, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia, 630008, Novosibirsk, Leningradskaya ulitsa, 113, molodin@sibstrin.ru

Котков Роман Васильевич

Магистр, ассистент кафедры «Технология и организация строительства», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», Россия, 630008, Новосибирск, улица Ленинградская, дом 113, kotkov.r@ya.ru

Kotkov Roman Vasilyevich

Master's degree, Assistant of the Department of Technology and Organization of Construction, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia, 630008, Novosibirsk, Leningradskaya ulitsa, 113, kotkov.r@ya.ru

Аннотация. Проанализированы современные способы монтажа светопрозрачных ограждающих конструкций высотных зданий, предложена классификация и выявлены недостатки традиционных технологий. Предложен способ монтажа светопрозрачных ограждающих конструкций высотного здания, основанный на абсолютно новых принципах, учитывающих доставку фасадных модульных элементов в виде светопрозрачных ограждающих конструкций исполнителю непрерывно и позволяющих создать строительно-монтажный конвейер, благодаря которому высокоскоростной монтаж выполняется без привлечения дорогостоящих грузоподъемных механизмов и устройства дополнительных приспособлений (лесов, люлек), а работа монтажников по установке ограждающих конструкций организуется изнутри здания, без выхода наружу, и полностью безопасна. Монтаж возможен в любых погодных-климатических

Abstract. Modern methods of installation of translucent enclosing structures of high-rise buildings are analyzed, classification is proposed and shortcomings of traditional technologies are revealed. A method of installation of translucent enclosing structures of a high-rise building is proposed, based on completely new principles, where the delivery of facade modular elements in the form of translucent enclosing structures to the contractor is continuous, which allowed creating a construction and assembly conveyor, thanks to which high-speed installation is carried out without the distraction of expensive lifting mechanisms and the device of additional devices (scaffolding, cradles), the work of installers on the installation of enclosing structures is organized from inside the building, without going outside and is completely safe. Installation is possible in any weather and climatic condi-

Введение

В настоящее время в мегаполисах по всему миру строятся высотные здания различного назначения – и практически все они защищены «стеклянными» оболочками, т. е. ограждающие конструкции выполнены из свето-

условиях (ветер, осадки, низкие температуры и др.), в том числе и носящих вероятностный характер (ураганы, тайфуны и др.). Данный способ охватывает весь цикл работ (производство, доставка и монтаж) и значительно сокращает трудозатраты, тем самым многократно удешевляя строительство. Теоретически обоснованы преимущества (малый вес, продолжительность выполнения работ по монтажу, скорость монтажа, экономичность, технико-экономические показатели) «нового» способа монтажа ограждающих конструкций высотного здания в сравнении с традиционными технологиями. Данный способ монтажа рекомендуется для районов Арктики и Крайнего Севера, также возможна полная автоматизация и роботизация работ.

Ключевые слова: монтаж ограждающих конструкций, конвейерный метод, монтаж фасада без крана и приспособлений, высокоскоростной метод монтажа.

tions (wind, precipitation, low temperatures, etc.), including those of a probabilistic nature (hurricanes, typhoons, etc.). This method covers the entire cycle of work (production, delivery and installation), and significantly reduces labor costs thereby greatly reduces the cost of construction. Theoretically justified advantages (low weight, duration of installation work, installation speed, efficiency, technical and economic indicators) a «new» method of installation of enclosing structures of a high-rise building in comparison with traditional technologies. This method of installation is recommended for the Arctic and Far North regions, full automation and robotization of work is also possible.

Keywords: installation of enclosing structures, conveyor method, installation of the facade without a crane and fixtures, high-speed installation method.

прозрачных материалов. Исторический анализ развития архитектуры высотных зданий и технологий в области устройства светопрозрачных ограждающих конструкций показывает, что современное строительство зданий со «стеклянными» оболочками не является остановившим-

ся во времени процессом и отражает поступательную динамику в эволюции строительной техники – постоянный поиск новых, более совершенных конструктивных решений и архитектурных концепций. Сегодняшний спектр «стеклянных оболочек» настолько широк и разнообразен, что не может быть очерчен строгими рамками какого-либо системного описания [1].

Устройство ограждающих конструкций высотных зданий можно разделить на три абсолютно разных технологических процесса: изготовление, доставку и крепление на основные несущие конструкции зданий. В настоящее время технология монтажа следующая: ограждающие конструкции изготавливаются и в разобранном виде штучно доставляются на объект, далее – подъем, циклический (подъем – «холостой» спуск – подъем), не автоматизированный процесс, который осуществляется максимально легкими элементами, и сборка (всегда высотные работы). Автоматизация работ по своевременной доставке материала не только упростит, но и существенно сократит сроки строительства.

Исследованием конвейерного производства занимались Г. Форд [2], Т. Оно [3], в настоящее время С. А. Сычев [4; 5], Г. М. Бадьин [6] и другие ученые и практики [7]. Результаты их исследований показали, что доставка «работы» к исполнителю сокращает трудоемкость работ и многократно удешевляет трудовой процесс. Отечественные исследователи Б. В. Кочетов, К. А. Огай, и К. В. Клевцов [8] показали, что возможно создание строительно-монтажного конвейера, который делает строительство из набора разнообразных непоследовательных, неповторяющихся технологических операций правильно организованным, циклическим и автоматизированным процессом, с возможностью роботизации.

Обязательными условиями успешного и экономически эффективного индустриального конвейерного строительства на современном этапе являются:

- производство работ в течение всего года с соблюдением постоянной и жесткой технологии строительного производства (аналогично технологическому конвейеру, применяемому в промышленности на машиностроительных заводах при сборке автомобилей);
- типовые проекты, унификация элементов зданий и сооружений и значительное улучшение стандартизации в строительстве;
- наиболее эффективное использование строительных машин и оборудования, обеспечивающих комплексную механизацию работ в строительстве – от производства деталей и конструкций, их погрузки и перевозки до монтажных работ по возведению зданий;
- формирование постоянных высококвалифицированных кадров строителей;
- концентрация строительства [8].

В большей степени этим условиям соответствует наиболее совершенный и прогрессивный способ строительного производства – монтаж ограждающих конструкций высотного здания крупными панелями (фасадными мо-

дульными элементами) со сборкой их на заводском автоматизированном конвейере.

Сборка отдельных ограждающих элементов здания или сооружения и их монтаж с использованием строительно-монтажного конвейера в значительной степени приближают условия строительства к условиям промышленного производства.

Целью настоящего исследования было предложение метода совершенствования и повышения эффективности монтажа ограждающих конструкций, который обладает в сравнении с аналогами большей экономичностью и скоростью, простотой проектирования и монтажа (сборки), а сам фасад – необходимой прочностью, качественными тепло- и влажостойкостью, ремонтпригодностью, надежной пожаробезопасностью и длительными сроками эксплуатации.

Системно-функциональный анализ современных методов монтажа ограждающих конструкций высотных зданий**Классификация светопрозрачных ограждающих конструкций высотного здания**

Основой исследовательского материала является анализ существующих методов монтажа ограждающих конструкций высотных зданий, который покажет возможности современной техники и технологий, положительные и отрицательные моменты, на которых необходимо заострить внимание. В первую очередь, надо понимать, что единой системы и классификации светопрозрачных ограждающих конструкций в мире нет, но с опорой на нормативную базу устройства навесных стен (панелей), разработанную в 60-х годах прошлого века, развитие и совершенствование профильных систем привело к унификации и единой практике устройства ограждающих конструкций. На современном этапе можно определить четыре основных направления развития светопрозрачных систем.

Стойечно-ригельная система: единая конструкция монтируется из отдельных стержневых элементов, вертикальных стоек (профилей) и горизонтальных ригелей и заполняется как светопрозрачными, так и непрозрачными элементами, доставляется в разобранном виде, поэлементно, монтаж только снаружи – с лесов, люлек.

Модульная (элементная) система: базовой конструктивной единицей (ячейкой) системы является неделимый элемент – панель полной заводской готовности, которая доставляется в собранном виде. Сборка производится изнутри здания без монтажа лесов и люлек.

Гибридная система объединяет свойства стойечно-ригельной и модульной систем. Модульные элементы монтируются с перекрытия и закрывают часть здания от перекрытия до перекрытия, зона в районе перекрытий монтируется снаружи подобно стойечно-ригельной системе.

Спайдерная система (от англ. spider – паук) предполагает способ крепления стекла или стеклопакета, исключая опирание по контуру. Крепление светопрозрачного элемента на несущих конструкциях осуществляется в нескольких точках при помощи специальных крепежных



а)



б)

Рис. 1. Традиционный способ монтажа фасадных модулей: а) свободный подъем фасадных модулей; б) мини-кран
Fig. 1. The traditional method of mounting facade modules: a) free lifting of facade modules; b) mini crane

элементов – спайдеров. Таким образом создается полный каркас по принципу стоечно-ригельной системы, при котором крепление только изнутри не возможно.

Классический метод модульного монтажа светопрозрачных ограждающих конструкций высотного здания

Во всем мире, в т. ч. в России, в настоящее время для высотных зданий в подавляющем большинстве случаев используется модульный монтаж. К монтажу ограждающих конструкций приступают с отставанием от устройства основных несущих конструкций здания и для этого используют люльки, строительные леса приставные или подвесные. Для подъема модулей до монтажного горизонта используют монтажный кран, и при таком «свободном» подъеме не исключается повреждение изделия от климатических (ветер, осадки, низкие температуры и др.) и техногенных факторов (падение при подъеме,

удар о конструкции и др.) (рисунок 1а). Также для подъема используют одно- и/или двухмачтовые фасадные подъемники, в зависимости от требуемых характеристик фасадных элементов, грузоподъемностью до 10 т и длинами 14–40 м. Фасадные платформы пригодны для вертикального перемещения как строительных конструкций, так и людей. В зависимости от грузоподъемности и размеров, скорость подъема платформ колеблется в пределах 7–96 м/мин. После подъема модульные элементы перегружаются на перекрытие здания и перевозятся по монтажному горизонту внутри здания непосредственно к месту монтажа, где устанавливаются на фасад с помощью мини-кранов или лебедок. Следует отметить, что в это время на расположенных выше этажах ведутся бетонные или монтажные работы с подъемом грузов и конструкций в одном рабочем пространстве с хрупкими светопрозрачными деталями.

Одна захватка занимает до 7 этажей по высоте и охватывает фасад по всему периметру. Монтаж модулей рекомендуется осуществлять с отставанием от монолитных работ примерно на 5 этажей. Это обусловлено удобством совмещения технологических процессов и способствует скорейшей сдаче в эксплуатацию нижних ярусов возводимого здания.

Мини-краны для монтажа ограждающих конструкций обладают широким диапазоном характеристик: грузоподъемность 2–40 тонн, высота подъема груза 5–15 метров, скорость движения 2–40 км/ч, собственный вес машины – 2–45 тонн, двигатель может быть электрическим, дизельным или комбинированным, привод – колесный или гусеничный. Конструкция телескопической стрелы, малые габариты и высокая мобильность некоторых моделей делают их полностью адаптированными для применения внутри здания (рисунок 1б). Имеется возможность оборудовать краны люльками и вакуумными стробунами для осуществления монтажа в труднодоступных местах [7].

Традиционная технология монтажа светопрозрачных ограждающих конструкций схематически показана на ри-

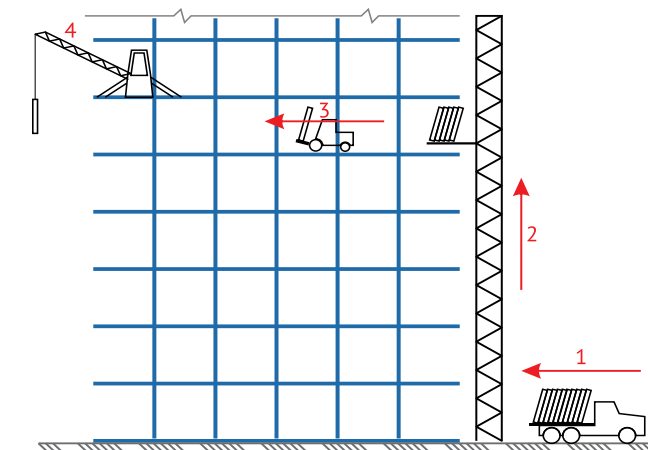


Рис. 2. Традиционный способ монтажа модульных элементов: 1 – горизонтальное перемещение (доставка); 2 – вертикальное перемещение (подъем); 3 – горизонтальное перемещение (перевозка по монтажному горизонту); 4 – установка
Fig. 2. The traditional method of mounting modular elements: 1 – horizontal movement (delivery); 2 – vertical movement (lifting); 3 – horizontal movement (transportation along the mounting horizon); 4 – installation

сунке 2. При таком способе монтажа модульные элементы крепятся с помощью кронштейнов, заранее закрепленных на несущих конструкциях здания, или в стержневые конструкции подсистемы и становятся частью здания. Высота фасадных элементов обычно не более 7 метров (до 2 этажей здания), работы выполняются снизу вверх в течение всего периода возведения здания.

Фасадные модули могут быть как прозрачными, так и непрозрачными, либо совмещать в себе прозрачные и непрозрачные элементы. При необходимости прозрачный фасадный элемент можно сделать матовым или непрозрачным с внутренней стороны, не нарушая единообразия наружной стороны. Максимально исключая импосты и стыки, можно получить идеально гладкий, сплошь стеклянный фасад. Габаритные размеры элементов обеспечивают их использование как при строительстве жилых, так и общественных зданий. Конструктивная особенность модулей позволяет частично решить проблему, связанную с повреждением и деформациями ограждающих конструкций в результате ползучести бетона.

Доставка ограждающих конструкций к месту монтажа – это сложный циклический процесс, при котором подъем конструкций чередуется с «холостым» ходом, спуском грузоподъемного механизма за следующей партией изделий, поэтому подъем материалов и конструкций занимает продолжительное время. В настоящее время, в связи с нарастанием темпов устройства основных несущих конструкций высотных зданий, темпы монтажа ограждающих конструкций, достигнув своего технического предела, начинают серьезно отставать, создавая дисбаланс в общем темпе строительства. Время требует новую технологию монтажа ограждающих конструкций, соответствующую технологии и темпам возведения высотного здания.

Материалы и методы

Строительно-монтажный конвейер для монтажа модульных светопрозрачных ограждающих конструкций

При усовершенствовании способов монтажа ограждающих конструкций высотного здания важно и необходимо исключить технологический простой из-за «холостого» хода за следующей партией материалов, т. е. организовать бесперебойную и своевременную доставку материала к месту монтажа, т. е. подобно машиностроительному конвейеру создать бесперебойную доставку «работы» прямо в руки исполнителю. Альтернативой существующим методам будет метод, при котором для подъема не используются отдельные грузоподъемные приспособления, а используются части, конструкции здания. Чтобы применить такой способ, необходимо в процессе монтажа каркаса создать вертикальную транспортную магистраль, которая впоследствии станет частью здания. Это предложение решается устройством вертикальных направляющих (возможно наклонных или радиальных) от низа до верха здания, установленных с шагом, равным ширине модульного элемента. Изначально направляющие профили будут использоваться для создания траектории движения и удержания модуля во время подъема, позже –

для крепления фасадных модулей к основным несущим конструкциям здания.

Строительство в России осложнено суровыми климатическими условиями: продолжительным зимним периодом, сильными ветрами, проблемами логистики строительных материалов. Решение проблемы возможно при концентрации производства в крупных городах с наличием необходимого количества специалистов. Создание специализированного завода для изготовления светопрозрачных панелей дает возможность выполнения 95 % работы в комфортных условиях крупного производства, способствующих гарантированному качеству изделий. Оставшиеся 5 % работ – это работы на строительной площадке по монтажу элементов, которые возможно выполнять небольшим количеством монтажников с помощью несложного и недорогого оборудования.

Также необходимо обратить внимание на то, что стекольное производство в мире, в т. ч. в России, позволяет производить стекло размером 3210 x 6000 мм, после обработки которого максимально возможный размер стеклопакета – 3000 x 6000 мм (18 м²). Выполняя изготовление фасадных модулей данного размера, мы имеем минимальное количество отходов от раскройки материала. Добавив в внутренней стороны по вертикальным краям стеклопакета крепежные уголки, получим фасадный модульный элемент, который с помощью болтового соединения способен закрепиться к направляющему профилю.

После изготовления, для удобства транспортировки и возможности перегрузки наиболее распространенными автомобильными кранами малой грузоподъемности, фасадные модульные элементы складываются в паллеты по 4–8 шт в зависимости от массы элементов, с условием, что общая масса паллеты не должна превышать 15 т. Паллеты оборудованы петлями для переноски и колесами для перекатки, также на паллете фасадные модули могут быть дополнительно накрыты от повреждений и загрязнений, а также закреплены специальной лентой.

До места строительства фасадные модули перевозятся в паллетах железнодорожным, речным и автомобильным транспортом на низкоосных автомобилях – панелевозах (или специализированном автотранспорте для перевозки крупноформатного стекла – Джамбовозах) – и перегружаются автомобильными кранами. Паллеты с фасадными модулями доставляются в крытый временный склад, оборудованный кран-балкой грузоподъемностью не менее 15 т. Транспорт, доставивший фасадные модули, разгружают с помощью кран-балки, ею же грузят в автомобили для доставки к строящемуся зданию.

Для устройства фасада из модулей размером 6000 x 3000 мм с высотой установки равной 2 этажам (6000 мм) на основные несущие конструкции высотного здания с шагом 3000 мм по горизонтали, равному ширине фасадных модульных элементов, также на каждом перекрытии (или колонне) с шагом не более высоты модуля (6000 мм) устанавливаются кронштейны для возможности регулировки установки в 3 плоскостях. К кронштейнам крепятся направляющие профили, выпол-

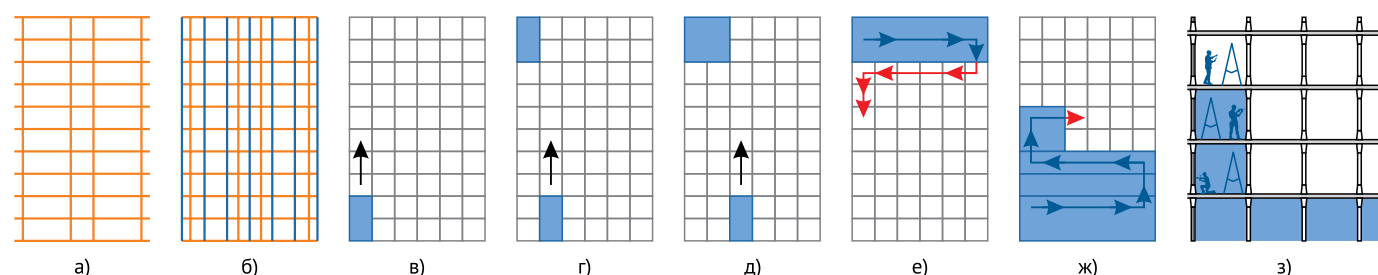


Рис. 3. Конвейерная технология: а), б) на каркас здания крепят направляющие профили; в), г), д), е) способ монтажа сверху вниз; ж) способ монтажа снизу вверх; з) общий вид фасада конвейерного метода; и) монтаж модульного элемента, вид изнутри
Fig. 3. Conveyor technology: а), б) guide profiles are attached to the frame of the building; в), г), д), е) top down mounting method; ж) bottom up mounting method; з) general view of the facade of the conveyor method; и) installation of the modular element, view from the inside

няющие функцию «вертикальной железной дороги» на фасаде здания (рисунок 3а, б). Установка направляющих профилей даст возможность подъема ограждающих конструкций с нулевой отметки до монтажного горизонта с помощью лебедки, без применения других механизмов (кранов, люлек, лифтов, рохлей, и др.), т. к. наличие подвижной стрелы не требуется. Для этого на верхних отметках здания устанавливается мини-кран, лебедка. Установка на направляющих профилях балки с неподвижным механическим блоком позволит установить лебедку ниже уровня подъема фасадных элементов. К тросу лебедки закрепляется подъемная платформа, которая, в свою очередь, закреплена колесным узлом к направляющим профилям, т. е. перемещается по «вертикальным рельсам».

Для доставки модулей с приобъектного склада до строящегося здания используют автомобиль с крано-манипуляторным устройством. С его помощью модули переводятся в необходимое положение (вертикальное или го-

ризонтальное в зависимости от проекта) и закрепляются к подъемной платформе, на которой они поднимаются до монтажного горизонта, после установки модуля платформа свободно спускается уже не по рельсам, освобождая рельсы для подъема следующего модульного элемента, тем самым организуя конвейер. Для монтажа ограждающих конструкций звено монтажников делится на две части: одни занимаются доставкой элементов до монтажного горизонта, другие устанавливают его в проектное положение и закрепляют (рисунок 3в). Монтажные, находясь на монтажном горизонте, после установки модуля переходят на другой этаж или соседнюю захватку и приступают к монтажу вновь поднятого модуля.

Организация строительно-монтажного конвейера исключает технологический простой («холостой» ход крана) в ожидании доставки элементов, работы ведутся непрерывно. Монтаж ведется сверху вниз (рисунок 3в, г, д, е), модульные элементы устанавливаются ярусами (этажа-

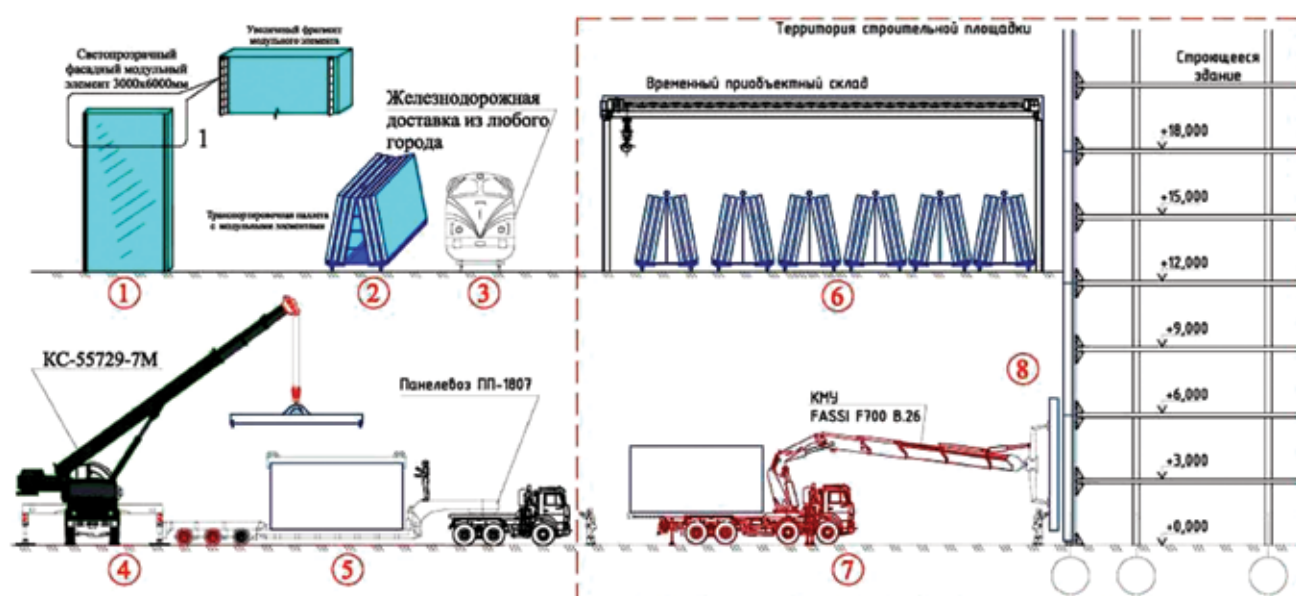


Рис. 4. Конвейерная технология монтажа ограждающих конструкций высотного здания: 1 – фасадный модульный элемент; 2 – укомплектованная паллета с модульными элементами; 3 – перевозка ж/д транспортом; 4 – перегрузка паллет с модулями автокраном; 5 – перевозка панелевозами; 6 – хранение на приобъектном складе; 7 – установка модулей в подъемную платформу; 8 – подъем, вертикальная транспортировка

Fig. 4. Conveyor technology of installation of enclosing structures of a high-rise building: 1 – facade modular element; 2 – equipped pallet with modular elements; 3 – transportation by railway transport; 4 – transshipment of pallets with modules by truck crane; 5 – transportation by panel trucks; 6 – catering at an on-site warehouse; 7 – installation of modules in a lifting platform; 8 – lifting, vertical transportation

ми), т. е. полностью закрывается ярус, и появляется возможность приступить к «чистовым» отделочным работам [9; 10].

Для монтажа ограждающих конструкций снизу вверх (рисунок 3ж) к направляющим профилям дополнительно крепится направляющий профиль (рельс), который создает траекторию подъема с относом от уже установленного фасада. К направляющим профилям рельс крепится через вертикальный шов фасадных модулей. Рельс может быть 2 типов: съемный предназначен только для подъема фасадных модулей, выполненный из дешевых материалов, и рельс металлический, тяжелый, который остается на фасаде и будет использоваться как магистраль для движения фасадной люльки, обслуживающей фасад.

Эффективность применения конвейера при устройстве ограждающих конструкций, выраженная в сокращении трудозатрат и повышении производительности труда, достигается за счет:

- максимальной механизации работ;
- того, что 95 % заводских работ дает возможность локализации производства в определенном месте, что повышает качество конструкций, экономичность и экологичность;
- унификации изделий;
- разделения и специализации процессов изготовления, перевозки монтажа;
- совершенствования и максимального совмещения работ.

Вся конвейерная технология монтажа ограждающих конструкций кратко показана на рисунке 4.

Результаты

Преимущества конвейерного монтажа

Конвейерное производство – это система поточной организации производства, при которой производство разделено на простейшие короткие операции, а перемещение деталей осуществляется автоматически. Одновременно независимо выполняются операции над несколькими объектами, проходящими различные стадии [11].

Поскольку производственной апробации технологии еще не выполнялось, мы ориентируемся на теоретические выводы, полученные в результате анализа конструктивных решений и методов монтажа ограждающих конструкций современных высотных зданий модульным методом, а также моделирования технологии. Предложенный метод совершенствования и повышения эффективности монтажа ограждающих конструкций открывает следующие положительные моменты.

Экономичность (материалоемкость). Согласно теплотехническому расчету, вес стеклопакета 6000 x 3000 мм из силикатного стекла для города Новосибирска будет составлять 2073 кг (115 кг/м²) [12] + вес рамы модульного элемента (≈ на 1 м² – 10 кг) и вес направляющих профилей (≈ на 1 м² – 65 кг), следовательно, масса системы в целом составляет на 1 м² = 65 + 10 + 115 = 190 кг/м² (при весе 1 п. м направляющей = 124 кг), что на 10 % легче ограждающих конструкций, примененных на МФЦ «Лахта-центр», на котором, согласно данным официального сайта, вес

ограждающих конструкций составляет 210 кг/м². Для дальнейшего уменьшения веса конструкций возможно изменение светопрозрачного материала, добавление на стекла теплоотражающих покрытий (ТОП), исключение рамы модульного элемента и изменение конструкции направляющих профилей.

Скорость монтажа ограждающих конструкций. Для закрепления 1 фасадного модуля размером 3000 x 6000 мм с помощью 2 крепежных уголков $L = 6000$ мм необходимо выполнить следующие виды работ:

- монтаж болтов с шагом 500 мм, всего на элемент 26 шт,
- заполнение стыковочных швов длиной $6000 + 3000 = 9000$ мм.

Для определения временных затрат на монтаж модуля возьмем государственные нормативы на выполнение строительных работ согласно сборникам ГЭСН:

1. Трудозатраты, согласно ГЭСН 09-05-003-01 «Постановка болтов: строительных с гайками и шайбами» [13], на одно соединение составляют 0,119 чел.-ч (≈ 7 минут). Опытным путем доказано, что применение шуруповерта сокращает затраты труда по закручиванию болтов на 30 %. Следовательно, трудозатраты на монтаж одного элемента составят $26 \times 0,119 \times 0,7 = 2,17$ чел.-ч.
2. Трудозатраты, согласно ГЭСН 07-01-037-02 «Заполнение вертикальных швов стеновых панелей: упругими прокладками» [14], на устройство 1 метра составляет 0,0651 чел.-ч (≈ 4 минуты), для монтажа одного элемента потребуется $9 \times 0,0651 = 0,59$ чел.-ч.

Общие трудозатраты на монтаж одного модульного элемента, согласно утвержденным нормам, составят: $2,17 + 0,59 = 2,76$ чел.-ч. При вертикальной установке фасадного модуля лучшим будет звено из 6 человек по 3 человека на этаж: двое выполняют закрепление модуля со стремянок (один слева, другой справа), еще один выполняет закрепление снизу, дополнительно подавая инструмент и материалы монтажникам, находящимся на стремянках.

Время на установку одного модульного элемента 18 м² звеном из 6 человек:

$$\frac{2,76}{6} = 0,46 \text{ час} = 27,6 \text{ минут} \approx 30 \text{ минут} = 0,5 \text{ часа.} \quad (1)$$

Скорость монтажа ограждающей конструкции составляет:

$$\frac{18 \text{ м}^2}{0,5 \text{ час}} = 36 \frac{\text{м}^2}{\text{час}}, \text{ или } 36 \frac{\text{м}^2}{\text{час}} \times 8 \frac{\text{час}}{\text{смен}} = 288 \frac{\text{м}^2}{\text{смен}}. \quad (2)$$

Для сравнения скорость монтажа традиционным способом на МФЦ «Лахта-Центр» в г. Санкт-Петербурге (Россия) составила 75,5 м²/дн., согласно аналитическим данным, полученным в п. 2.4 [12].

Простота проектирования и монтажа заключается в следующем: конструкция состоит из кронштейна, направляющего профиля, соединительного элемента фасадного модуля и рельса. Такое максимальное уменьшение количества элементов приведет к упрощению проектирования, т. к. все узлы являются типовыми. При мон-

Наименование	Ед. изм.	Конвейерный метод	Традиционная технология	Преимущества (%)
Вес	кг/м ²	190	210	– 10
Скорость монтажа	м ² /смен	288	75,5	– 70–75
Продолжительность строительства	комплекс работ	0,33	1	– 70
Накладные расходы	%	50	100	– 50

Табл. 1. Техничко-экономическое сравнение конвейерного метода и традиционных технологий
Tab. 1. Technical and economic comparison of the conveyor method and traditional technologies

таже не требуются декатировочные чертежи, достаточно набора элементарных деталей и конструкций, что, в свою очередь, приведет к ускорению проектирования и монтажа.

Экономическая эффективность (стоимость работ) будет выражаться в сокращении трудозатрат (сроков строительства), упрощении квалификации строителей; также сокращение сроков, помимо очевидного удешевления, приведет к сокращению условно постоянных расходов, составляющих до 50 % от общей суммы накладных расходов; вырастет эффективность капиталовложений в отсутствии необходимости покупки (аренды) и эксплуатации дорогостоящих грузоподъемных механизмов. Всё вышеперечисленное положительно отразится на охране труда и технике безопасности, пожарной безопасности, охране объекта и др.

Продолжительность выполнения работ по монтажу ограждающих конструкций в случае применения конвейерного метода сокращается в 2,5–3 раза за счет:

- исключения технологического простоя из-за «холостого хода» грузоподъемных механизмов, что сократит работы минимум на 70 %, т. к. есть возможность поднятия одновременно нескольких модулей;
- увеличения производительности из-за отсутствия верхолазных работ и обеспечения дополнительной безопасности (монтируемый модуль защищает от падения);
- исключения (или совмещения) вспомогательных операций, как при традиционной технологии (например: поднятие вспомогательных элементов и механизмов – «холостой ход» – поднятие кронштейнов – «холостой ход» – подъем модулей – «холостой ход» – монтаж модулей, заделка швов – «холостой ход» – спуск вспомогательных элементов и механизмов).

Техничко-экономические показатели (м²). Техничко-экономическое сравнение конвейерного метода и традиционного способа монтажа приведено в таблице 1.

Особенностью эксплуатационных характеристик являются:

1. **Долгосрочная эксплуатация** из-за коррозионной и химической стойкости материалов (модульный элемент – стекло, подсистема и рельс – алюминий).
2. **Достаточная прочность, тепло- и влагостойкость** при правильном определении исходных данных для проектирования, т. к. фасадный модульный элемент – это стеклопакет из силикатного стекла с элементами крепления с внутренней сторо-

ны, практика применения которого показывает высокие эксплуатационные характеристики и возможность применения таких стеклопакетов в любых климатических зонах.

3. **Ремонтопригодность** – возможность замены одного из модульных элементов на фасаде эксплуатируемого здания с помощью системы обслуживания.
4. **Пожаробезопасность**, т. к. все материалы конструкции имеют группу горючести НГ (негорючие материалы), не поддерживают горение, не выделяют газы.
5. **Безопасность строительства** исключает воздействие климатических, погодных и региональных условий на процесс строительства, многие из которых носят вероятностный характер, т. к. они подвержены резким и частым изменениям в короткие промежутки времени (ураганы, тайфуны, резкое падение температуры и др.), а также исключает техногенное воздействие при подъеме (падение, удар и др.).
6. **Возможность возведения здания на труднодоступных и стесненных строительных площадках**, в т. ч. без установки монтажного крана.

Заключение

Моделирование организационно-технологических процессов высокоскоростного монтажа ограждающих конструкций из модульных элементов доказывает работоспособность и возможность практического применения данной технологии. Сравнение предложенного метода с традиционными технологиями показывает, что монтаж крупноформатными модульными элементами заводского изготовления – это совершенная и прогрессивная форма технологии монтажа, которую следует развивать и совершенствовать. Конвейерный метод позволяет значительно сократить сроки строительства по сравнению с поэтапным монтажом.

Укрупнение модульных ограждающих конструкций не всегда экономически оправдано. Оно не рационально, если габариты монтируемого объекта незначительны. Эффекта от ускорения монтажных работ не будет при малой и средней этажности здания (высотой менее 9 этажей).

Применение конвейерного метода монтажа ограждающих конструкций высотных зданий считается целесообразным при высоте здания более 9 этажей и площадях фасадов не менее 5 захваток, т. е. свыше 400 м² («нижняя» граница рационального использования конвейерного метода состоит из высоты 4–5 модулей, т. е. 8–10 этажей).

Бесспорным достоинством конвейерной сборки является перенос максимального объема работ в крытые

цеха, где у рабочего есть постоянное рабочее место, под рукой необходимая оснастка, материалы и конструкции. На земле в более комфортных условиях (комнатная температура, отсутствие осадков), по сравнению с работой на высоте, значительно сокращаются трудозатраты по сборке модульных фасадных элементов и, при необходимости, по установке инженерных коммуникаций и по производству отделочных работ, что улучшает культуру производства и сокращает производственный травматизм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борискина, И. В. Здания и сооружения со светопрозрачными фасадами и кровлями / И. В. Борискина ; Инженерно-информационный Центр Оконных Систем. – Санкт-Петербург, 2012. – 400 с.

2. Форд, Г. Моя жизнь и моё дело / Г. Форд. – Москва : Концептуал, 2019. – 288 с.

3. Оно, Т. Производственная система Тойоты. Уходя от массового производства / Т. Оно ; пер. с англ. ; Институт комплексных стратегических исследований. – Москва, 2008. – 208 с.

4. Сычев, С. А. Высокотехнологичная строительная система скоростного возведения многофункциональных полносборных зданий / С. А. Сычев // Жилищное строительство. – 2016. – № 3. – С. 43–48.

5. Сычев, С. А. Высокотехнологичные, энергоэффективные и адаптивные (роботизированные) системы строительства в сложных условиях строительства / С. А. Сычев // Жилищное строительство. – 2016. – № 8. – С. 26–35.

6. Бадьин, Г. М. Комплексная оценка технологичности возводимых зданий и сооружений / Г. М. Бадьин, Б. С. Мосаков // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2014. – № 7. – С. 103–111.

7. Афанасьев, А. А. Модульные фасады в высотном строительстве / А. А. Афанасьев, А. А. Журин // Вестник МГСУ. – 2011. – № 1. – С. 19–23.

8. Кочетов, Б. В. Строительно-монтажный конвейер / Б. В. Кочетов, К. А. Огай, К. В. Клевцов. – Москва : Стройиздат, 1974. – 168 с.

9. Ограждающая конструкция высотного здания : патент 2020118075 Рос. Федерация, МПК E06B 7/00 / Р. В. Котков, автор; заявители и патентообладатели Р. В. Котков,

REFERENCES

1. Boriskina, I. V. Zdanija i sooruzheniya so svetoprozrachnymi fasadami i krovlyami [Buildings and structures with translucent facades and roofs] / I. V. Boriskina ; Inzhenerno-informatsionnyj Tsentr Okonnykh Sistem [Engineering and Information Center of Window Systems]. – St. Petersburg, 2012. – 400 p.

2. Ford, G. Moya zhizn' i moyo delo [My life and my business] / G. Ford. – Moscow : Kontseptual, 2019. – 288 p.

3. Ono, T. Proizvodstvennaya sistema Tojoty. Ukhodya ot massovogo proizvodstva [Toyota's production system. Moving away from mass production] / T. Ono ; per. s angl. ; Institut kompleksnykh strategicheskikh issledovanij [Institute of Integrated Strategic Studies]. – Moscow, 2008. – 208 p.

4. Sychev, S. A. Vysokotekhnologichnaya stroitel'naya sistema skorostnogo vozvedeniya mnogofunktsional'nykh polnosbornykh zdaniy [High-tech construction system of high-speed construction of multifunctional fully assembled buildings] / S. A. Sychev // Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing construction]. – 2016. – № 3. – P. 43–48.

5. Sychev, S. A. Vysokotekhnologichnye, ehnergoehffektivnye i

Вследствие возможности выполнения работ при низких температурах и сильных ветрах данный способ монтажа рекомендуется для районов Арктики и Крайнего Севера, также возможны полная автоматизация и роботизация работ и уменьшение затрат ручного труда.

Благодарность – ЗАО «Ломмета» в лице генерального директора Андрея Анатольевича Мороза, за технические консультации в вопросах устройства светопрозрачных ограждающих конструкций высотных зданий.

А. А. Мороз, В. В. Молодин, ФГБОУ ВО НГАСУ (Сибстрин) : № RU 2756821 C1 ; заявл. 21.05.2020 ; опубл. 06.10.2021. – Москва : Роспатент, 2021.

10. Способ монтажа модульных ограждающих конструкций высотных зданий : патент Россия № RU 2760654 C1 / Заявители и патентообладатели Р. В. Котков, А. А. Мороз, В. В. Молодин, ФГБОУ ВО НГАСУ (Сибстрин) : опубл. 29.11.2021. – Москва : Роспатент, 2021.

11. Конвейерное производство : [текст] // Электронная энциклопедия «Википедия». – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Конвейерное_производство (дата обращения: 13.12.2022).

12. Котков, Р. В. Прогрессивные технологии устройства светопрозрачных ограждающих конструкций высотных зданий модульным методом : выпускная квалификационная работа магистра // Котков Роман Васильевич ; НГАСУ (Сибстрин). – Новосибирск, 2021.

13. Государственные элементные сметные нормы на строительные работы : ГЭСН 81-02-09-2001 : Сборник № 9. Строительные металлические конструкции : утв. и внес. Приказом Мин-вом строит. и ЖКХ РФ от 30.01.2014 г. №31/пр // Приложение к периодическому печатному изданию «Дестник ценообразования и сметного нормирования». – Февраль 2014 г., вып. 2 (155). – Москва, 2014. – Издание официальное. – 99 с.

14. Государственные элементные сметные нормы на строительные работы : ГЭСН 81-02-07-2001 : Сборник № 7. Бетонные и железобетонные конструкции сборные : утв. и введ. в дейст. постановлением Госстроя России от 26 апреля 2000 года № 36 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов «Кодекс». – Москва : Госстрой России, 2000. – Издание официальное.

adaptivnye (robotizirovannye) sistemy stroitel'stva v slozhnykh usloviyakh stroitel'stva [High-tech, energy-efficient and adaptive (robotic) construction systems in difficult construction conditions] / S. A. Sychev // Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing construction]. – 2016. – № 8. – P. 26–35.

6. Badin, G. M. Kompleksnaya otsenka tekhnologichnosti vozvodimyykh zdaniy i sooruzhenij [Comprehensive assessment of the manufacturability of the erected buildings and structures] / G. M. Badin, B. S. Mosakov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo [News of higher educational institutions. Construction]. – 2014. – № 7. – P. 103–111.

7. Afanasyev, A. A. Modul'nye fasady v vysotnom stroitel'stve [Modular facades in high-rise construction] / A. A. Afanasyev, A. A. Zhurin // Vestniki MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2011. – № 1. – P. 19–23.

8. Kochetov, B. V. Stroitel'no-montazhnyy konvejer [Construction and assembly conveyor] / B. V. Kochetov, K. A. Ogaj, K. V. Klevtsov. – Moscow : Strojizdat, 1974. – 168 p.

9. Ograzhdayushhaya konstruktsiya vysotnogo zdaniya : patent 2020118075 Ros. Federatsiya, MPK E06B 7/00 [Enclosing

Материалы Международной научно-практической конференции «Технологии, организация и управление в строительстве» TOMiC-2022

- structure of a high-rise building : patent 2020118075 Ros. Federation, IPC E06B 7/00 / R. V. Kotkov, avtor [author]; zayaviteli i patentoobladateli [applicants and patent holders] R. V. Kotkov, A. A. Moroz, V. V. Molodin, FSUE VO NGASU (Sibstrin) : № RU 2756821 C1 ; zayavl. [application] 21.05.2020 ; opubl. [publ.] 06.10.2021. – Moscow : Rospatent, 2021.
10. Sposob montazha modul'nykh ogradhdayushhikh konstruktсий vysoznykh zdaniy : patent Rossiya № RU 2760654 C1 [Method of installation of modular enclosing structures of high-rise buildings : patent Russia No. RU 2760654 C1] / Zayaviteli i patentoobladateli [applicants and patent holders] R. V. Kotkov, A. A. Moroz, V. V. Molodin, FGBOU VO NGASU (Sibstrin) : opubl. [publ.] 29.11.2021. – Moscow : Rospatent, 2021.
 11. Konvejnoe proizvodstvo [Conveyor production] // Ehlektronnaya ehntsiklopediya «Vikipediya» [Electronic encyclopedia «Wikipedia»]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Konvejnoe_proizvodstvo (data obrashheniya [accessed] : 13.12.2022).
 12. Kotkov, R. V. Progressivnye tekhnologii ustrojstva svetoprozrachnykh ogradhdayushhikh konstruktсий vysoznykh zdaniy modul'nym metodom : vypusknaya kvalifikatsionnaya rabota magistra [Progressive technologies of the device of translucent enclosing structures of high-rise buildings by the modular method: graduate qualification work of the master] // Kotkov Roman Vasilyevich ; NGASU (Sibstrin). – Novosibirsk, 2021.
 13. Gosudarstvennye ehlementnye smetnye normy na stroitel'nye

- raboty : GEHSN 81-02-09-2001 : Sbornik № 9. Stroitel'nye metallicheskie konstruktсии [State element estimates for construction work : GESN 81-02-09-2001 : Collection No. 9. Building metal structures] : utv. i vnes. Prikazom Min-vom stroit. i ZHKKH RF ot 30.01.2014 g. №31/pr [approved and introduced by order of Min. builds. and housing and communal services of the Russian Federation dated 30.01.2014 No.31/pr] // Prilozhenie k periodicheskomu pechatnomu izdaniyu «Vestnik tse-noobrazovaniya i smetnogo normirovaniya» [appendix to the periodical printed publication «Bulletin of pricing and estimated rationing»]. – Fevral' 2014 g., vyp. 2 (155). – Moscow, 2014. – Izdanie ofitsial'noe [Official publication]. – 99 p.
14. Gosudarstvennye ehlementnye smetnye normy na stroitel'nye raboty : GEHSN 81-02-07-2001 : Sbornik № 7. Betonnye i zhelezobetonnye konstruktсии sbornye [State element estimates for construction work : GESN 81-02-07-2001 : Collection No. 7. Concrete and reinforced concrete prefabricated structures] : utv. i vved. v dejst. postanovleniem Gosstroya Rossii ot 26 aprelya 2000 goda № 36 [approved and introduced. in fact. Resolution of the Gosstroy of Russia dated April 26, 2000 No. 36] // Ehlektronnyj fond pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov «Kodeks» [Electronic fund of legal and regulatory and technical documents «The Codex»]. – Moscow: Gosstroy Rossii [Gosstroy of Russia], 2000. – Izdanie ofitsial'noe [Official publication].

УДК 69.036:691.33

DOI: 10.54950/26585340_2022_4_114

Перспективы комплексного развития пневматических технологий в строительстве

Prospects for the Integrated Development of Pneumatic Technologies in Construction

Мищенко Валерий Яковлевич

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологии, организация строительства, экспертиза и управление недвижимостью», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (ВГТУ), Россия, 394006, Воронеж, улица 20-летия Октября, 84, oseun@yandex.ru

Mishchenko Valery Yakovlevich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Departments «Technology, Organization of Construction, Expertise and Real Estate Management», Voronezh State Technical University (VSTU), Russia, 394006, Voronezh, ulitsa 20-letiya Oktyabrya, 84, oseun@yandex.ru

Казаков Дмитрий Александрович

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологии, организация строительства, экспертиза и управление недвижимостью», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (ВГТУ), Россия, 394006, Воронеж, улица 20-летия Октября, 84, k_di@list.ru

Kazakov Dmitry Alexandrovich

Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Departments «Technology, Organization of Construction, Expertise and Real Estate Management», Voronezh State Technical University (VSTU), Russia, 394006, Voronezh, ulitsa 20-letiya Oktyabrya, 84, k_di@list.ru

Ткаченко Александр Николаевич

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологии, организация строительства, экспертиза и управление недвижимостью», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (ВГТУ), Россия, 394006, Воронеж, улица 20-летия Октября, 84, tan_k56@mail.ru

Tkachenko Alexander Nikolaevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Departments «Technology, Organization of Construction, Expertise and Real Estate Management», Voronezh State Technical University (VSTU), Russia, 394006, Voronezh, ulitsa 20-letiya Oktyabrya, 84, tan_k56@mail.ru

Материалы Международной научно-практической конференции «Технологии, организация и управление в строительстве» TOMiC-2022

Казакова Елизавета Дмитриевна

Студент магистратуры МЗЖЦ-191, кафедры «Технологии, организация строительства, экспертиза и управление недвижимостью», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (ВГТУ), Россия, 394006, Воронеж, улица 20-летия Октября, 84, lizakaz@icloud.com

Kazakova Elizaveta Dmitrievna

Master's degree student of MZHC-191, Departments «Technology, Organization of Construction, Expertise and Real Estate Management», Voronezh State Technical University (VSTU), Russia, 394006, Voronezh, ulitsa 20-letiya Oktyabrya, 84, lizakaz@icloud.com

Аннотация. Одной из наиболее очевидных черт современного этапа развития строительной отрасли в Российской Федерации является сложившаяся практика производства строительной продукции в «коробочном» исполнении. Так, крупные производители ряда строительных материалов предлагают комплексные решения, включающие как сам материал, так и сопутствующие его применению компоненты и технологическую документацию. Известны примеры, когда производитель даже участвует в производстве строительных работ с использованием своей продукции. Это особенно важно в тех случаях, когда необходимо обеспечить точное соблюдение сложных технологических критериев на каждом этапе производства и строительства. Одним из таких направлений является возведение монолитных сводчатых сооружений с помощью пневмати-

Abstract. One of the most obvious features of the current stage of development of the construction industry in the Russian Federation is the established practice of manufacturing construction products in a "boxed" design. Thus, large manufacturers of a number of building materials offer comprehensive solutions, including both the material itself and the components accompanying its application and technological documentation. There are examples when a manufacturer even participates in the production of construction works using its products. This is especially important in cases where it is necessary to ensure precise compliance with complex technological criteria at every stage of production and construction. One of such directions is the construction of monolithic vaulted structures using pneumatic formwork.

Введение

Актуальные тенденции развития инвестиционно-строительного комплекса характеризуются процессами, направленными на интенсификацию возведения зданий и сооружений, обеспечение надлежащего уровня качества строительной продукции и обеспечение безопасного производства работ. Именно эти задачи, среди прочих, определены Стратегией развития строительной отрасли 2020–2030 г. как приоритетные.

Особое место в многообразии современных строительных направлений занимают технологии, позволяющие автономизировать производство работ пространством строительной площадки. К таким технологиям можно отнести строительство из монолитного бетона. Следует отметить, что на современном этапе к этому понятию можно относить широкий спектр как материалов, обладающих различными свойствами, так и способов устройства и отдельных конструкций, и сооружений в целом.

Анализ предложений рынка строительной продукции позволяет выделить заслуживающую пристального внимания сформировавшуюся тенденцию: крупные производители ориентированы на выпуск продукции в виде комплексных решений, как правило, включающих в себя материалы и конструкции, а также организационные и

ческой опалубки.

В статье предлагается создание в структуре Воронежского государственного технического университета научно-технического центра, задачами которого станут исследования и практическая реализация накопленного за многолетний период опыта изучения пневматических технологий для строительства. Рассматриваются основные задачи научного и производственного плана. Сформированы предложения по организационной структуре центра и его взаимодействию с другими структурными подразделениями вуза. Предложены направления практической реализации прогнозируемых результатов исследований.

Ключевые слова: наука и практика в вузе, пневматическая опалубка, монолитный свод, перспективное развитие.

The article proposes the creation of a scientific and technical center in the structure of the Voronezh State Technical University, the tasks of which will be the research and practical implementation of the experience accumulated over a long period of time in the study of pneumatic technologies for construction. The main tasks of the scientific and production plan are considered. Proposals on the organizational structure of the center and its interaction with other structural units of the university have been formed. The directions of practical implementation of the predicted research results are proposed.

Keywords: science and practice at the university, pneumatic formwork, monolithic vault, promising development.

технологические решения по их применению. В качестве примера можно привести ряд высокотехнологичных и перспективных производств:

- производители армирующих материалов на основе углеродных волокон помимо непосредственно изделий предлагают широкий спектр композитов и грунтовок;
- производители ремонтных смесей производят и поставляют специфическую оснастку, оборудование и расходные материалы для инъекционных работ;
- производители вентилируемых фасадных систем предлагают комплексное решение, включающее элементы несущей подсистемы, облицовки и крепежа.

Этот список можно продолжать. Очевидно, что строительная индустрия прочно придерживается позиций производства комплексных, «коробочных» решений. Это позволяет обеспечить производственный контроль на этапе применения таких решений, снизить риски, обусловленные человеческим фактором, гарантировать необходимое качество готовой продукции.

Аналогичную мотивацию можно выявить у застройщиков «полного цикла», предлагающих строительные объекты, выполненные «под ключ».



Рис. 1. Реализованная разработка сотрудников кафедры ТОСП ВИСИ (ВГАСУ)
Fig. 1. Implemented development of the department staff Voronezh State Technical University

Особенностью такого подхода является необходимость осуществления исследований по нескольким направлениям одновременно и, как правило, параллельной разработки нескольких производственных решений, результаты которых приводят к получению единого продукта.

Указанные предпосылки однозначно указывают на перспективность разработки комплексных решений, объединяющих технологии как производства, так и использования современных материалов для строительства.

Материалы и методы

Для достижения этой актуальной цели предлагается создать в структуре ВГТУ научно-технический центр (НТЦ) «Комплексные строительные пневмотехнологии», задачами которого станут научные исследования и практические инженерные разработки в ряде перспективных направлений развития строительной отрасли.

Одним из перспективных направлений деятельности НТЦ предполагается совершенствование технологий возведения монолитных зданий и сооружений с использованием пневматических опалубочных систем.

На протяжении продолжительного периода (1980–2005 гг.) Воронежский строительный вуз находился в числе лидеров в исследованиях данного направления. Можно констатировать, что данное направление получи-

ло наибольшее развитие в работах отечественных ученых Б. И. Петракова, И. Б. Друзя, а все последние достижения в области пневмоопалубок получены сотрудниками кафедры ТОСП (ТОСП) ВГАСУ. Большой вклад был внесен коллективом научных работников под руководством профессора А. С. Арзуманова: А. Н. Ткаченко, В. А. Чертовым, А. Н. Василенко (рисунок 1). В дальнейшей работе кафедры ТОСП в период 1995–2005 гг. под руководством А. Н. Ткаченко исследования были продолжены А. А. Арзумановым, Л. В. Болотским, Д. А. Казаковым, Е. Э. Бурак и др. В целом за указанный период были защищены 7 кандидатских и 1 докторская диссертации. Полученные в исследованиях результаты широко публиковались в научной печати и докладывались на многочисленных конференциях. Также проводилась работа по организации совместных исследований с другими российскими вузами: РГСУ, СПбГАСУ, Сибстрин и т. д. [1–7].

Произошедшие в дальнейший период изменения социально-экономической обстановки в России и существенное смещение приоритетов внимания в строительной отрасли негативно сказались на строительной науке и, в частности, на исследованиях пневмотехнологий. Однако полностью работы прекращены не были. На



Рис. 3. Визуализация запатентованной технологии возведения сводов на пневмоопалубке

Fig. 3. Visualization of the patented technology for the construction of arches on a pneumatic formwork

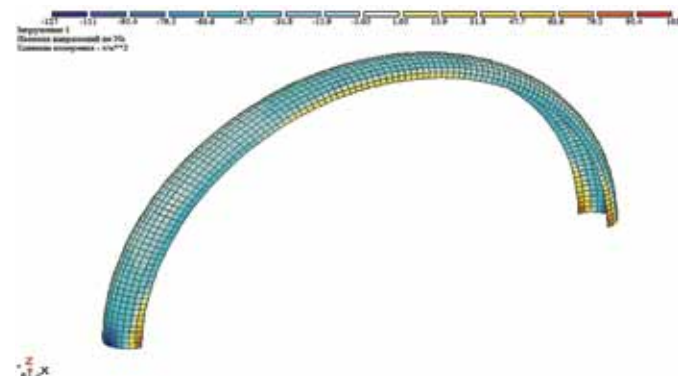


Рис. 2. Моделирование загруженного пневмокаркасного элемента
Fig. 2. Simulation of a loaded pneumatic frame element

текущий момент они проводятся в рамках госбюджетной деятельности работников кафедры ТОСЭУН ВГТУ, а также при подготовке магистров по направлению 08.04.01 – Строительство.

Так, студентами А. А. Кузнецовым и И. В. Сапрыкиным исследовались вопросы конструкционного моделирования пневмокаркасных опалубок (рисунок 2). Студентами Е. П. Шариковой, Е. С. Панариной были подготовлены магистерские диссертации, в которых разработана и экономически обоснована технология возведения волнистых сводов на пневмокаркасной опалубке (рисунок 3), на которую имеется патент ВГТУ. Студенты М. С. Кравченко, Д. П. Воржева, А. С. Овчаренко, А. О. Митина посвятили свои диссертации разработке нового строительного материала – базальтофибробетона с теплоэффективным перлитовым заполнителем (рисунок 4). Студент В. Д. Репка провел исследования в области аддитивных технологий строительства. Результаты работ прошли апробацию в виде публикации научных статей и докладов на конференциях [5–18].

Результаты

Актуальные исследования в указанной области и мировой опыт строительства с применением пневматических опалубок показывают значительную перспективность данного метода с учетом современного уровня техники, технологии и высоких достижений промышленности в области производства и использования полимерных материалов и композитов [14; 17–21]. Пневматические конструкции и сооружения из современных поливинилхлоридных тканей широко и прочно вошли в практику строительства (рисунок 5), и их применение в качестве опалубки позволяет обеспечить беспрецедентное увеличение оборачиваемости, снижение трудоемкости и продолжительности возведения множества различных объектов, что является одним из факторов интенсификации строительной отрасли в целом [16–18].



Рис. 4. Экспериментальное исследование теплопроводности образца базальтофибробетона с теплоэффективным перлитовым заполнителем

Fig. 4. Experimental study of the thermal conductivity of a basalt fiber concrete sample with a heat-efficient perlite filler

Основной областью применения имеющихся и перспективных разработок является строительство, в том числе автономное, быстровозводимых капитальных инфраструктурных зданий и сооружений (отопливаемые и неотапливаемые склады, наземные и заглубленные хранилища, гаражи и ангары для техники, производственные и инженерные объекты и т. д.), предназначенные для эксплуатации в сельскохозяйственной, промышленной и других отраслях, а также в сфере интересов Министерства обороны РФ.

Сооружения, возводимые по исследуемой технологии, обладают рядом преимуществ в сравнении с традиционными, в том числе:

- малой материалоемкостью за счет своей формы, свойств применяемого конструкционного материала и способа возведения;



Рис. 5. Пневматическое сооружение компании РОСАНАР
Fig. 5. Pneumatic construction of the ROSANGAR company

Материалы Международной научно-практической конференции «Технологии, организация и управление в строительстве» TOMiC-2022

- возможностью придания материалу широкого спектра заданных свойств (теплоэффективность, гидрофобность, стойкость к агрессивным воздействиям и т. д.) за счет введения соответствующих добавок;
- возможностью возведения без устройства традиционных заглубленных фундаментов за счет специфической сводчатой формы сооружения;
- автономностью организации строительства, т. к. не требуется применение промышленных компонентов и технологий, все оборудование мобильно, возможно использование местных материалов (вода, песок);
- высокой степенью механизации и, как следствие, интенсивностью строительства (расчетный показатель продолжительности возведения оболочки свода перекрываемой площадью 288 кв. м составляет 5–7 рабочих дней).

Обсуждение

Вышесказанное указывает на необходимость усиления, а в ряде случаев, возобновления исследований в области строительных пневмотехнологий. В рамках концепции разработки комплексных решений, основанных на применении пневматических опалубочных систем, предполагается развивать следующие направления исследований и мероприятий:

1. Разработка инновационных конструктивно-теплоизоляционных и гидроизоляционных строительных материалов на основе дисперсно-армированного бетона для нанесения методом торкретирования;
2. Совершенствование конструктивных и технических решений инновационных опалубочных систем для возведения зданий и сооружений;
3. Разработка конструктивных решений сводчатого сооружения, выполненного методом торкретиро-

вания мелкозернистых бетонов на пневмоопалубку и ориентированного на эксплуатацию в различных климатических и геологических условиях;

4. Разработка инновационных строительных материалов на основе дисперсно-армированного бетона для возведения зданий и сооружений по аддитивным технологиям (3D-печать);
5. Разработка аддитивных (3D) технологий возведения зданий и сооружений, в том числе с использованием пневматических опалубок;
6. Совершенствование технологий возведения монолитных конструкций зданий и сооружений с использованием пневмокаркасной опалубки методом торкретирования мелкозернистых смесей;
7. Совершенствование технологий возведения монолитных конструкций при устройстве емкостных, в том числе заглубленных, инженерных сооружений;
8. Разработка технологий строительства «под ключ» инфраструктурных зданий и сооружений различного назначения из полученных при решении вышеописанных задач инновационных материалов;
9. Разработка экономических конструктивных и технологических решений с учетом региональных особенностей строительства, в том числе под конкретные требования заказчика;
10. Разработка рекомендаций для совершенствования нормативно-технической документации в целях обеспечения контроля производства строительных работ и повышения качества продукции;
11. Обеспечение роста научно-технического потенциала ВГТУ за счет создания объектов интеллектуальной собственности;
12. Ознакомление научной и производственной общественности с перспективными разработками в ис-

Материалы Международной научно-практической конференции «Технологии, организация и управление в строительстве» TOMiC-2022

следуемой области путем публикации результатов в научных изданиях и проведения научно-практических конференций.

Уже сейчас научный и инженерный багаж коллектива сотрудников ВГТУ включает в себя не только глубокую теоретическую базу многолетних исследований, но и уникальные опытные разработки, ряд которых защищен патентами на изобретение. Университет обладает всеми ресурсами, необходимыми для эффективного решения поставленных задач (рисунку 6). Также проводится работа по налаживанию связей с производственными компа-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арзуманов, А. С. Пневматические опалубки и перспективы повышения эффективности их использования / А. С. Арзуманов, М. З. Берколайко, А. Н. Ткаченко // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 1996. – № 6. – С. 78–81.
2. Разработка конструкций и технологии применения пневмокаркасной модульной опалубки в условиях знакопеременных температур наружного воздуха / А. С. Арзуманов, А. Н. Ткаченко, А. Н. Кусакин, В. П. Радионенко // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 1997. – № 4. – С. 92–95.
3. Создание и исследование эффективных всепогодных ресурсосберегающих технологий возведения монолитных конструкций на базе использования пневмокаркасных модульных систем / А. С. Арзуманов, А. Н. Ткаченко, А. Н. Кусакин, А. Н. Василенко // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 1994. – № 11. – С. 101–104.
4. Казаков, Д. А. Экспериментальное исследование деформативности модели пневмокаркасной опалубочного элемента с учетом наличия клеепрошивных соединений / Д. А. Казаков // Современные проблемы строительного материаловедения : Седьмые академические чтения Российской академии архитектуры и строительных наук. Часть 2. – Белгород, 2001. – С. 134–136.
5. Казаков, Д. А. Исследование деформационных свойств пневматических опалубочных систем комбинированного типа / Д. А. Казаков, Е. Г. Ефремов // Технические науки – от теории к практике : Материалы XVII международной заочной научно-практической конференции. Часть II. – Новосибирск : СибАК, 2013. – С. 13–21.
6. Мелькумов, В. Н. Инновационная пневмотехнология возведения фиброармированных конструкций / В. Н. Мелькумов, А. Н. Ткаченко, Д. А. Казаков // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2014. – № 4 (36). – С. 11–21.
7. Перспективы применения геодезических методов наблюдения за деформациями пневматических опалубок / В. Н. Мелькумов, А. Н. Ткаченко, Д. А. Казаков, Н. Б. Хахулина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2015. – № 1 (37). – С. 51–59.
8. Казаков, Д. А. Совершенствование возведения фиброармированных монолитных сводов на пневмокаркасной опалубке. Современные материалы для реализации предлагаемой технологии / Д. А. Казаков, Е. С. Панарина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Студент и наука. – 2016. – № 2 (10). – С. 25–32.
9. Шарикова, Е. П. Совершенствование технологии возведения фиброармированных монолитных сводов на пневмокаркасной опалубке. Экономическая оценка предлагаемой технологии / Е. П. Шарикова, Д. А. Казаков // Научный вестник

ниями России, имеющими опыт в проектировании и возведении пневматических сооружений.

Заключение

Реализация указанных направлений в рамках деятельности НТЦ «Комплексные строительные пневмотехнологии» позволит повысить уровень квалификации выпускников ВГТУ, привлечь внимание профессионального сообщества к перспективным строительным технологиям и, тем самым, обеспечить компетентный подход к развитию отрасли и ее конкурентоспособность в современных рыночных условиях.

Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Студент и наука. – 2016. – № 2 (10). – С. 54–60.

10. Кузнецов, А. А. Совершенствование технологии возведения фиброармированных монолитных сводов на пневмокаркасной опалубке. Техничко-экономическое сравнение с аналогами / А. А. Кузнецов, Д. А. Казаков // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Студент и наука. – 2016. – № 3 (11). – С. 9–14.
11. Арзуманов, А. А. Полимерные материалы и их эксплуатационные качества в пневматических конструкциях / А. А. Арзуманов, Д. А. Казаков // Строительные и дорожные машины. – 2017. – № 7. – С. 48–54.
12. Технология возведения волнистых фиброармированных сводов на пневмоопалубке каркасного типа / А. Н. Ткаченко, Д. А. Казаков, В. А. Чертов, А. Н. Василенко, А. А. Арзуманов // Проблемы современных экономических, правовых и естественных наук в России : Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Ганновер (Германия) – Воронеж (Россия), 21–23 апреля 2017 г. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2017. – Том 1. – С. 98–102.
13. Мищенко, В. Я. К вопросу оценки формы пневматических опалубок из импрегнированных тканевых материалов / В. Я. Мищенко, А. Н. Ткаченко, Д. А. Казаков // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 4 (370). – С. 213–220.
14. Кравченко, М. С. Преимущества применения базальтофибробетона в строительстве / М. С. Кравченко, Д. А. Казаков // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Студент и наука. – 2019. – № 1 (8). – С. 33–37.
15. Воржева, Д. П. Установление рациональных параметров базальтофибробетонной смеси для торкрет-нанесения / Д. П. Воржева, Д. А. Казаков // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Студент и наука. – 2019. – № 1 (8). – С. 78–83.
16. Овчаренко, А. С. Анализ технологических параметров бетонирования при возведении фиброармированных сводов на пневмоопалубке / А. С. Овчаренко, Д. А. Казаков // Строительство и недвижимость. – 2019. – № 1 (4). – С. 50–56.
17. Репка, В. Д. Характерные проблемы 3D-технологии в строительстве: рассмотрение вопроса армирования / В. Д. Репка, Д. А. Казаков // Строительство и недвижимость. – 2019. – № 1 (4). – С. 56–63.
18. К вопросу о технологии устройства монолитных конструкций из бетонов на теплоэффективных заполнителях / Д. А. Казаков, А. С. Овчаренко, А. О. Митина, Е. Д. Казакова // Строительство и недвижимость. – 2020. – № 1 (5). – С. 44–53.
19. Исследование технологии устройства строительных конструкций из гидроизоляционно-конструктивных материалов / Д. А. Казаков, А. А. Коваленко, Ю. К. Саввина, Е. Д. Казакова // Строительство и недвижимость. – 2020. – № 2

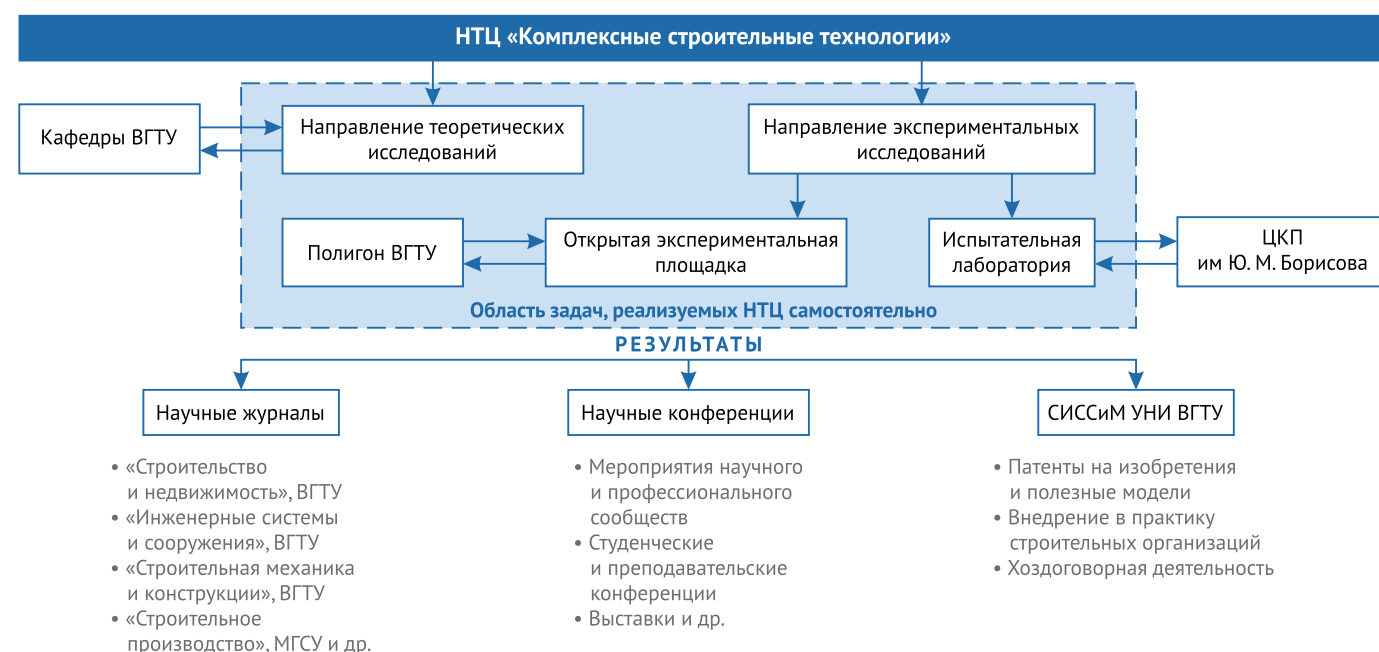


Рис. 6. Принципиальная схема организационной структуры научно-технического центра
Fig. 6. Schematic diagram of the organizational structure of the scientific and technical center

Материалы Международной научно-практической конференции «Технологии, организация и управление в строительстве» ТОМiC-2022

Материалы Международной научно-практической конференции «Технологии, организация и управление в строительстве» ТОМiC-2022

- (6). – С. 91–101.
20. Nikolenko, S. D. Behavior of Beam with Fiber Reinforcement under Alternating Loads / S. D. Nikolenko, D. A. Kazakov, L. V. Bolotskikh. – DOI 10.1088/1757-899X/1079/2/022067 // International Science and Technology Conference (FarEastCon 2020) : IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, – 2021. – Vol. 1079, Ch. 1. – P. 022067.
21. Development of technology for the construction of heat-efficient monolithic vaults from basalt fiber concrete / D. A. Kazakov, A. N. Tkachenko, A. A. Arzumanov, L. V. Bolotskikh, V. Y. Mishchenko // E3S Web of Conferences «Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development

REFERENCES

- Arzumanov, A. S. Pnevmaticheskie opalubki i perspektivy povysheniya effektivnosti ikh ispol'zovaniya [Pneumatic shuttering and prospects for improving the efficiency of their use] / A. S. Arzumanov, M. Z. Berkolayko, A. N. Tkachenko // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo [News of higher educational institutions. Construction]. – 1996. – № 6. – P. 78–81.
- Razrabotka konstruksij i tekhnologii primeneniya pnevmokarkasnoj modul'noj opalubki v usloviyakh znakovremennykh temperatur naruzhnogo vozdukhha [Development of structures and technologies for the use of pneumatic modular formwork in conditions of alternating outdoor temperatures] / A. S. Arzumanov, A. N. Tkachenko, A. N. Kusakin, V. P. Radionenko // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo [News of higher educational institutions. Construction]. – 1997. – № 4. – P. 92–95.
- Sozdanie i issledovanie ehffektivnykh vsepogodnykh resur-soberegayushhih tekhnologij vozvedeniya monolitnykh konstruksij na baze ispol'zovaniya pnevmokarkasnykh modul'nykh sistem [Creation and research of effective all-weather resource-saving technologies for the construction of monolithic structures based on the use of pneumatic modular systems] / A. S. Arzumanov, A. N. Tkachenko, A. N. Kusakin, A. N. Vasilenko // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo [News of higher educational institutions. Construction]. – 1994. – № 11. – P. 101–104.
- Kazakov, D. A. Eksperimental'noe issledovanie deformativnosti modeli pnevmokarkasnogo opaluboch'nogo ehlementa s uchetom nalichiya kleeproshivnykh soedinenij [Experimental study of the deformability of the model of a pneumatic-frame formwork element taking into account the presence of adhesive joints] / D. A. Kazakov // Sovremennye problemy stroitel'nogo materialovedeniya : Sed'mye akademicheskie chteniya Rossijskoj akademii arkhitektury i stroitel'nykh nauk. Chast' 2 [Modern problems of building materials science: Seventh academic readings of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences. Part 2]. – Belgorod, 2001. – P. 134–136.
- Kazakov, D. A. Issledovanie deformatsionnykh svojstv pnevmaticheskikh opalubochnykh sistem kombinirovannogo tipa [Investigation of deformation properties of pneumatic shuttering systems of combined type] / D. A. Kazakov, E. G. Efremov // Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike : Materialy XVII mezhdunarodnoj zaachnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii. Chast' II [Technical sciences – from theory to practice : Materials of the XVII International correspondence scientific and practical conference. Part II]. – Novosibirsk : SibAK, 2013. – P. 13–21.
- Melkumov, V. N. Innovatsionnaya pnevmotekhnologiya vozvedeniya fibroarmirovannykh konstruksij [Innovative pneu-motechnology of the construction of fibro-reinforced structures] / V. N. Melkumov, A. N. Tkachenko, D. A. Kazakov // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkh-

- of Industrial Region" (UESF-2021)», Chelyabinsk, February 17–19, 2021. – Voronezh : Voronezh State Technical University, 2021. – Vol. 258. – P. 09041. – URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125809041>.
22. Воронина, С. А. Быстровозводимые здания промышленного назначения / С. А. Воронина, В. А. Шубина, Д. А. Казаков // Строительство и недвижимость. – 2021. – № 2 (9). – С. 7–11.
23. Луговская, М. В. Аддитивные технологии возведения зданий и сооружений. Строительные 3D-принтеры и подходящие для них материалы / М. В. Луговская // Строительство и недвижимость. – 2021. – № 1 (8). – С. 21–27.

- itekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura [Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture]. – 2014. – № 4 (36). – P. 11–21.
- Perspektivy primeneniya geodezicheskikh metodov nablyudeniya za deformatsiyami pnevmaticheskikh opalubok [Prospects of application of geodesic methods of observation of deformations of pneumatic formwork] / V. N. Melkumov, A. N. Tkachenko, D. A. Kazakov, N. B. Khakhulina // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura [Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture]. – 2015. – № 1 (37). – P. 51–59.
 - Kazakov, D. A. Sovershenstvovanie vozvedeniya fibroarmirovannykh monolitnykh svodov na pnevmokarkasnoj opalubke. Sovremennye materialy dlya realizatsii predlagaemoy tekhnologii [Improvement of the construction of fibro-reinforced monolithic vaults on pneumatic-framed formwork. Modern materials for the implementation of the proposed technology] / D. A. Kazakov, E. S. Panarina // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Student i nauka [Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Student and science]. – 2016. – № 2 (10). – P. 25–32.
 - Sharikova, E. P. Sovershenstvovanie tekhnologii vozvedeniya fibroarmirovannykh monolitnykh svodov na pnevmokarkasnoj opalubke. Ehkonomicheskaya otsenka predlagaemoy tekhnologii [Improvement of the technology of the construction of fibro-reinforced monolithic vaults on pneumatic-framed formwork. Economic assessment of the proposed technology] / E. P. Sharikova, D. A. Kazakov // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Student i nauka [Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Student and science]. – 2016. – № 2 (10). – P. 54–60.
 - Kuznetsov, A. A. Sovershenstvovanie tekhnologii vozvedeniya fibroarmirovannykh monolitnykh svodov na pnevmokarkasnoj opalubke. Tekhniko-ehkonomicheskoe sravnenie s analogami [Improvement of the technology of construction of fibro-reinforced monolithic vaults on pneumatic-framed formwork. Technical and economic comparison with analogues] / A. A. Kuznetsov, D. A. Kazakov // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Student i nauka [Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Student and science]. – 2016. – № 3 (11). – P. 9–14.
 - Arzumanov, A. A. Polimernye materialy i ikh ehkspluatatsionnye kachestva v pnevmaticheskikh konstruksiyakh [Polymer materials and their operational qualities in pneumatic structures] / A. A. Arzumanov, D. A. Kazakov // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny [Construction and road machines]. – 2017. – № 7. – P. 48–54.
 - Tekhnologiya vozvedeniya volnistykh fibroarmirovannykh

- svodov na pnevmoopalubke karkasnogo tipa [Technology of construction of wavy fiber reinforced arches on a frame-type pneumatic formwork] / A. N. Tkachenko, D. A. Kazakov, V. A. Chertov, A. N. Vasilenko, A. A. Arzumanov // Problemy sovremennykh ehkonomicheskikh, pravovykh i estestvennykh nauk v Rossii : Sbornik materialov VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Gannover (Germaniya) – Voronezh (Rossiya), 21–23 aprelya 2017 g. [Problems of modern economic, legal and natural sciences in Russia : Collection of materials of the VI International Scientific and Practical Conference, Hanover (Germany) – Voronezh (Russia), April 21–23, 2017]. – Voronezh : Voronezhskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet [Voronezh State Technical University], 2017. – Vol. 1. – P. 98–102.
- Mishchenko, V. Y. K voprosu otsenki formy pnevmaticheskikh opalubok iz impregirovannykh tkanevykh materialov [To the question of assessing the shape of pneumatic formwork from impregnated fabric materials] / V. Y. Mishchenko, A. N. Tkachenko, D. A. Kazakov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti [Izvestiya vysshikh uchebnykh uchebnykh zavody. Technology of the textile industry]. – 2017. – № 4 (370). – P. 213–220.
 - Kravchenko, M. S. Preimushhestva primeneniya bazal'tofibrobetona v stroitel'stve [Advantages of using basalt-fiber concrete in construction] / M. S. Kravchenko, D. A. Kazakov // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Student i nauka [Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Student and science]. – 2019. – № 1 (8). – P. 33–37.
 - Vorzheva, D. P. Ustanovlenie ratsional'nykh parametrov bazal'tofibrobetonnoj smesi dlya torkret-nanoseniya [Establishment of rational parameters of basalt-fiber concrete mixture for shotcrete application] / D. P. Vorzheva, D. A. Kazakov // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Student i nauka [Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Student and science]. – 2019. – № 1 (8). – P. 78–83.
 - Ovcharenko, A. S. Analiz tekhnologicheskikh parametrov betonirovaniya pri vozvedenii fibroarmirovannykh svodov na pnevmoopalubke [Analysis of technological parameters of concreting during the construction of fibro-reinforced arches on a pneumatic formwork] / A. S. Ovcharenko, D. A. Kazakov // Stroitel'stvo i nedvizhimost' [Construction and real estate]. – 2019. – № 1 (4). – P. 50–56.

- Repka, V. D. Kharakternye problemy 3D-tekhnologii v stroitel'stve: rassmotrenie voprosa armirovaniya [Typical problems of 3D technology in construction: consideration of the issue of reinforcement] / V. D. Repka, D. A. Kazakov // Stroitel'stvo i nedvizhimost' [Construction and real estate]. – 2019. – № 1 (4). – P. 56–63.
- K voprosu o tekhnologii ustrojstva monolitnykh konstruksij iz betonov na teploehffektivnykh zapolnitelyakh [On the issue of the technology of the device of monolithic structures made of concrete on heat-efficient aggregates] / D. A. Kazakov, A. S. Ovcharenko, A. O. Mitina, E. D. Kazakova // Stroitel'stvo i nedvizhimost' [Construction and real estate]. – 2020. – № 1 (5). – P. 44–53.
- Issledovanie tekhnologii ustrojstva stroitel'nykh konstruksij iz gidroizolyatsionno-konstruktivnykh materialov [Research of the technology of the device of building structures made of waterproofing and structural materials] / D. A. Kazakov, A. A. Kovalenko, Y. K. Savvina, E. D. Kazakova // Stroitel'stvo i nedvizhimost' [Construction and real estate]. – 2020. – № 2 (6). – P. 91–101.
- Nikolenko, S. D. Behavior of Beam with Fiber Reinforcement under Alternating Loads / S. D. Nikolenko, D. A. Kazakov, L. V. Bolotskikh. – DOI 10.1088/1757-899X/1079/2/022067 // International Science and Technology Conference (FarEastCon 2020) : IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, – 2021. – Vol. 1079, Ch. 1. – P. 022067.
- Development of technology for the construction of heat-efficient monolithic vaults from basalt fiber concrete / D. A. Kazakov, A. N. Tkachenko, A. A. Arzumanov, L. V. Bolotskikh, V. Y. Mishchenko // E3S Web of Conferences «Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2021)», Chelyabinsk, February 17–19, 2021. – Voronezh : Voronezh State Technical University, 2021. – Vol. 258. – P. 09041. – URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125809041>.
- Voronina, S. A. Byistrovozvodimye zdaniya promyshlennogo naznacheniya [Prefabricated buildings for industrial purposes] / S. A. Voronina, V. A. Shubina, D. A. Kazakov // Stroitel'stvo i nedvizhimost' [Construction and real estate]. – 2021. – № 2 (9). – P. 7–11.
- Lugovskaya, M. V. Additivnye tekhnologii vozvedeniya zdaniy i sooruzhenij. Stroitel'nye 3D-printery i podkhodyashhie dlya nikh materialy [Additive technologies for the construction of buildings and structures. Construction 3D printers and materials suitable for them] / M. V. Lugovskaya // Stroitel'stvo i nedvizhimost' [Construction and real estate]. – 2021. – № 1 (8). – P. 21–27.

УДК 666.792

DOI: 10.54950/26585340_2022_4_121

Особенности деградации железобетонных конструкций, подвергшихся хлоридной агрессии

Features of Degradation of Reinforced Concrete Structures Subjected to Chloride Aggression

Молодин Владимир Викторович

Доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология и организация строительства», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», Россия, 630008, Новосибирск, улица Ленинградская, 113, molodin@sibstrin.ru

Molodin Vladimir Viktorovich

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technology and Organization of Construction, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia, 630008, Novosibirsk, Leningradskaya ulitsa, 113, molodin@sibstrin.ru

Новиков Денис Сергеевич

Ассистент кафедры «Технология и организация строительства», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», Россия, 630008, Новосибирск, улица Ленинградская, 113, d.novikov@sibstrin.ru

Novikov Denis Sergeevich

Assistant of the Department of Technology and Organization of Construction, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Russia, 630008, Novosibirsk, Leningradskaya ulitsa, 113, d.novikov@sibstrin.ru

Аннотация. Целью данной статьи является изучение воздействия хлоридной агрессии на структуру цементного камня бетона. Известно, что хлоридная агрессия оказывает деструктивное воздействие на структуру цементного камня железобетонных конструкций, из-за чего при восстановлении данной конструкции трудно достичь оптимального сцепления «старого» и «нового» бетонов. Это приводит к повторному разрушению на контакте восстанавливаемой конструкции и бетона восстановления. Ионы хлора, проникая в капиллярную систему цементного камня, разрушают его кристаллическую структуру, достигают арматуры и усугубляют разрушение конструкции.

Проведенный эксперимент позволил установить глубину проникновения хлора в толщу бетона, характер разрушения его поверхностного слоя, а также смоделировать динамику деградации. Также установлена зависимость глубины проникновения ионов хлора от пористости бетона.

Abstract. The purpose of this article is to study the effect of chloride aggression on the structure of concrete cement stone. It is known that chloride aggression has a destructive effect on the structure of cement stone of reinforced concrete structures, which is why it is difficult to achieve optimal adhesion of «old» and «new» concrete during the restoration of this structure. This leads to repeated destruction at the contact of the restored structure and the restoration concrete. Chlorine ions, penetrating into the capillary system of cement stone, destroy its crystal structure, reach the reinforcement and aggravate the destruction of the structure.

The experiment made it possible to determine the depth of penetration of chlorine into the concrete thickness, the nature of the destruction of its surface layer, as well as to simulate the dynamics of degradation. The dependence of the penetration depth of Chlorine ions on the porosity of concrete has also been established.

Введение

Тяжелые условия эксплуатации зданий и сооружений часто приводят к необходимости восстановления строи-

Для достижения оптимального сцепления бетонов и частичного восстановления кристаллической решетки разрушенного бетона предложено использовать термообработку «ремонтного» бетона, вследствие чего образуется температурный градиент, что в силу возникающей разницы парциального давления формирует поток влаги с продуктами растворения цемента из «ремонтного» бетона в «восстанавливаемый» бетон.

В рамках дальнейших исследований планируется экспериментально проверить выдвинутое выше предположение и разработать технологию восстановления железобетонных конструкций, подвергшихся разрушительному влиянию хлоридной агрессии.

Ключевые слова: деградация железобетонных конструкций, хлоридная агрессия, глубина проникновения ионов хлора, разрушение защитного слоя бетона, коррозия арматуры, проблема восстановления железобетонных конструкций.

lished.

To achieve optimal concrete adhesion and partial restoration of the crystal lattice of the destroyed concrete, it is proposed to use heat treatment of «repair» concrete, resulting in a temperature gradient, which, due to the resulting difference in partial pressure, forms a moisture flow with cement dissolution products from «repair» concrete into «recoverable» concrete.

As part of further research, it is planned to experimentally verify the above assumption and develop a technology for restoring reinforced concrete structures that have been subjected to the destructive influence of chloride aggression.

Keywords: degradation of reinforced concrete structures, chloride aggression, depth of penetration of chlorine ions, destruction of the protective layer of concrete, corrosion of reinforcement, the problem of restoration of reinforced concrete structures.

тельных конструкций, что может повлечь за собой серьезные затраты и остановку производства или эксплуатации сооружения. Как правило, коррозия бетона включает в

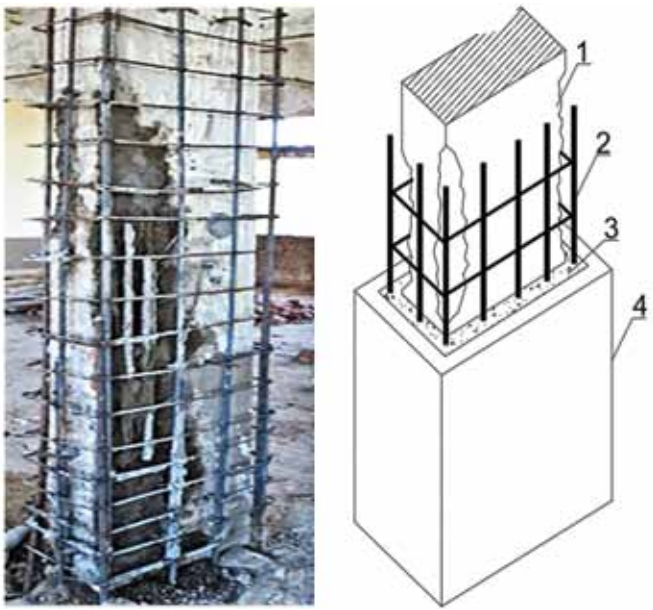


Рис 2. Порядок восстановления железобетонной конструкции: 1 – усиливаемая конструкция; 2 – дополнительный дублирующий армокаркас; 3 – ремонтная бетонная смесь; 4 – щитовая опалубка

Fig. 2. The order of restoration of reinforced concrete structure: 1 – reinforced structure; 2 – additional redundant armoured frame; 3 – repair concrete mix; 4 – panel formwork

себя несколько процессов: карбонизацию, хлоридную и сульфатную агрессии и другие виды воздействий в разных комбинациях. В хлоридных средах карбонизация и влияние других факторов не так существенны, как проникновение хлоридов, поэтому малоизученность процесса [1] тормозит развитие методов борьбы с этим явлением. Таким производствам, как отделения хлорирования химико-металлургических заводов, водопроводных станций, цехов по производству хлора и каустика, хлорной извести, хлорированных органических продуктов или портовых сооружений, приходится сталкиваться со снижением нормативного срока службы железобетонных конструкций [2–4]. Через несколько лет эксплуатации

появляются первые признаки разрушений – трещины, локализованные в зонах расположения арматуры, затем отслоение защитного слоя с обнажением арматуры и заметная невооруженным глазом ее интенсивная коррозия (рисунок 1).

Как правило, появление разрушений рано или поздно требует восстановления защитного слоя. Для этого поверхность разрушенного бетона и видимая арматура тщательно очищаются – обычно с помощью пескоструйных или дробеструйных установок. Затем вокруг восстанавливаемой конструкции устраиваются дублирующий арматурный каркас и опалубка (рисунок 2). Бетонируется новый защитный слой, и бетон восстановления выдерживается до заданной прочности, после чего опалубка разбирается.

Однако наблюдение за состоянием восстановленных конструкций показывает, что часто в зоне контакта «старого» и «нового» бетонов появляются трещины, что свидетельствует о продолжении коррозионных процессов в арматуре (рисунок 3), вызванных агрессивными агентами, проникшими туда по вновь открывшимся транзитным каналам. Внимательное изучение вновь возникших трещин позволяет установить, что повторное отслоение теперь уже ремонтного слоя проходит по телу «старого» бетона.

Разрушение защитного слоя бетона внешними агрессивными воздействиями происходит по двум направлениям:

- химическое разрушение кристаллического каркаса цементного камня воздействием агрессивного агента, когда элементы кристаллической структуры разрушаются и в результате остаются только слабосвязанные комковатые образования [5];
- физическое разрушение, когда агрессивные агенты, достигнув за счет капиллярного транспорта и ионной диффузии арматуры, активируют процесс ее коррозии, в результате чего многократно увеличивающиеся в объеме продукты коррозии создают



Рис. 1. Типичные разрушения бетона защитного слоя железобетонных конструкций
Fig. 1. Typical concrete destruction of the protective layer of reinforced concrete structures



Рис 3. Появление трещин в зоне восстановления конструкции
Fig. 3. The appearance of cracks in the area of restoration of the structure

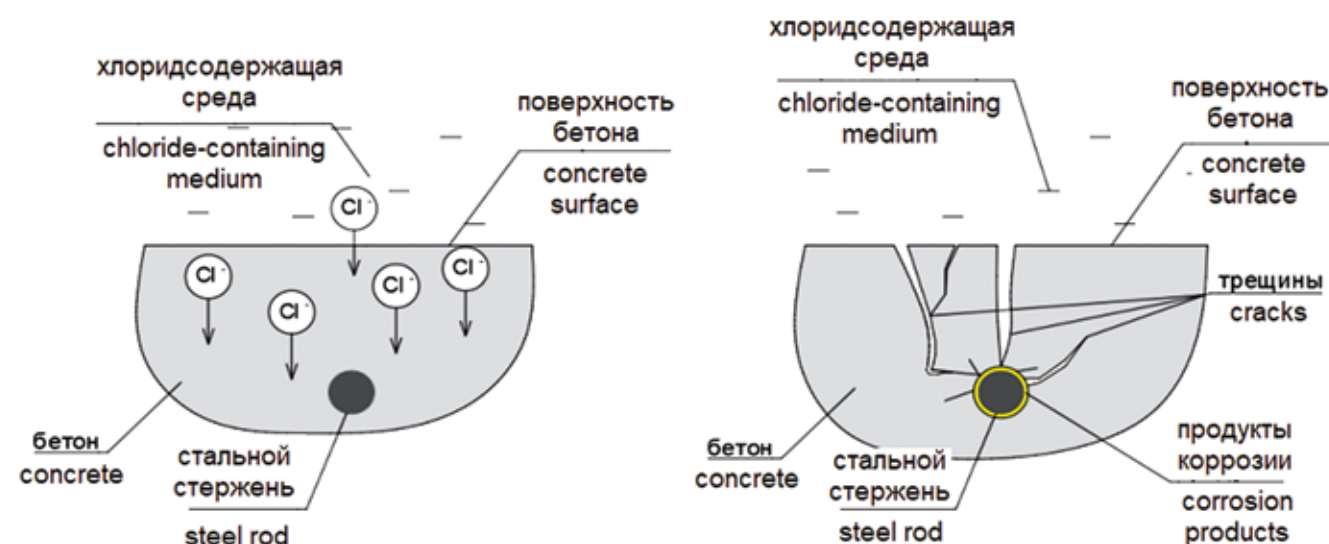


Рис. 4. Работа хлоридной коррозии по разрушению железобетона
Fig. 4. The work of chloride corrosion on the destruction of reinforced concrete

внутреннее давление на защитный слой и в конечном счете разрушают его [6].

В процессе контакта с хлоридной средой ионы хлора проникают в поры и капилляры цементного камня. При взаимодействии их с твердыми телами протекает ряд физико-химических процессов: адсорбция на поверхности твердого тела; при наличии в порах воды – растворение с образованием коллоидных растворов и гидролиз соединений, образующих твердое тело. Особняком стоит ионообменное взаимодействие. Причем процесс рассматривается как преобладающий при действии растворов на силикатные материалы [7].

Естественно, что возможность ионного обмена зависит от структуры твердого тела, которая, в свою очередь, определяет его стерическую доступность к обмену. Ранее

установлено [8], что наиболее предрасположены к ионному обмену силикаты с обособленными группами кремнекислородных тетраэдров. С помощью радиоактивных изотопов было определено [9] наличие глубоких изменений структуры кристаллических образований в конструкциях, аналогичных $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, при взаимодействии солей металлов и протекании ионного обмена. Исследования клинкерных минералов с водными растворами солей, имеющих один и тот же анион Cl^- и трехзарядные катионы металлов Fe^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , показали, что действие растворов хлоридов, содержащие многозарядные катионы, приводит к интенсивному выходу ионов Ca^{2+} в раствор, в нашем случае – в капиллярную воду. Рентгенофазный анализ минералов до и после их взаимодействия убедительно демонстрирует факт разрушения минералов [7].

Гетеровалентный ионный обмен, например:



при котором три вышедших иона кальция замещаются двумя ионами железа, ведет к образованию пустот и обвалу структуры.

Одновременно с разрушительной работой внутри цементного камня хлорид-ионы мигрируют вглубь защитного слоя бетона и со временем достигают плоскости арматуры. Первым делом они разрушают пассивную оксидную пленку на поверхности арматурных стержней. После этого начинают контактировать с самой арматурой. Хлорид-индуцированная коррозия незащищенной стали протекает достаточно быстро в зависимости от многих факторов: качественных характеристик бетона и параметров окружающей среды [5].

В результате этого взаимодействия появляются продукты коррозии $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (ржавчина), которые будут занимать объем в 2÷6 раз больший, чем арматура. По этой причине возникнет давление на защитный бетонный слой изнутри конструкции. В результате сначала вдоль арматурных стержней начинают формироваться трещины, а затем происходит полное отслоение защитного слоя (рисунок 4).

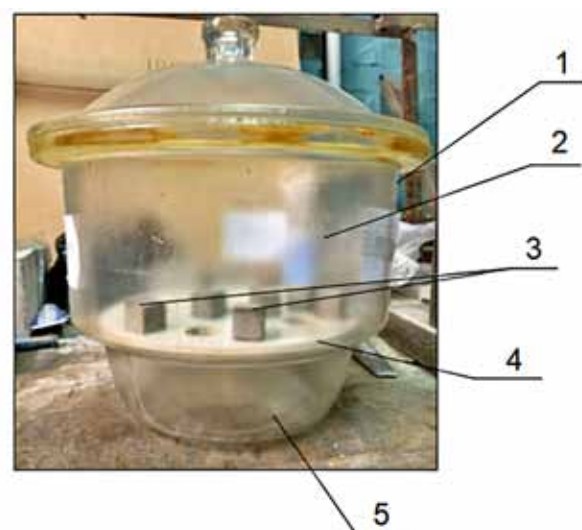


Рис. 5. Фото проведения эксперимента: 1 – эксикатор; 2 – газовая агрессивная среда хлора; 3 – образцы бетона; 4 – перфорированная подставка; 5 – хлоридсодержащий раствор
Fig. 5. Photo of the experiment: 1 – desiccator; 2 – chlorine gas aggressive medium; 3 – concrete samples; 4 – perforated stand; 5 – chloride-containing solution

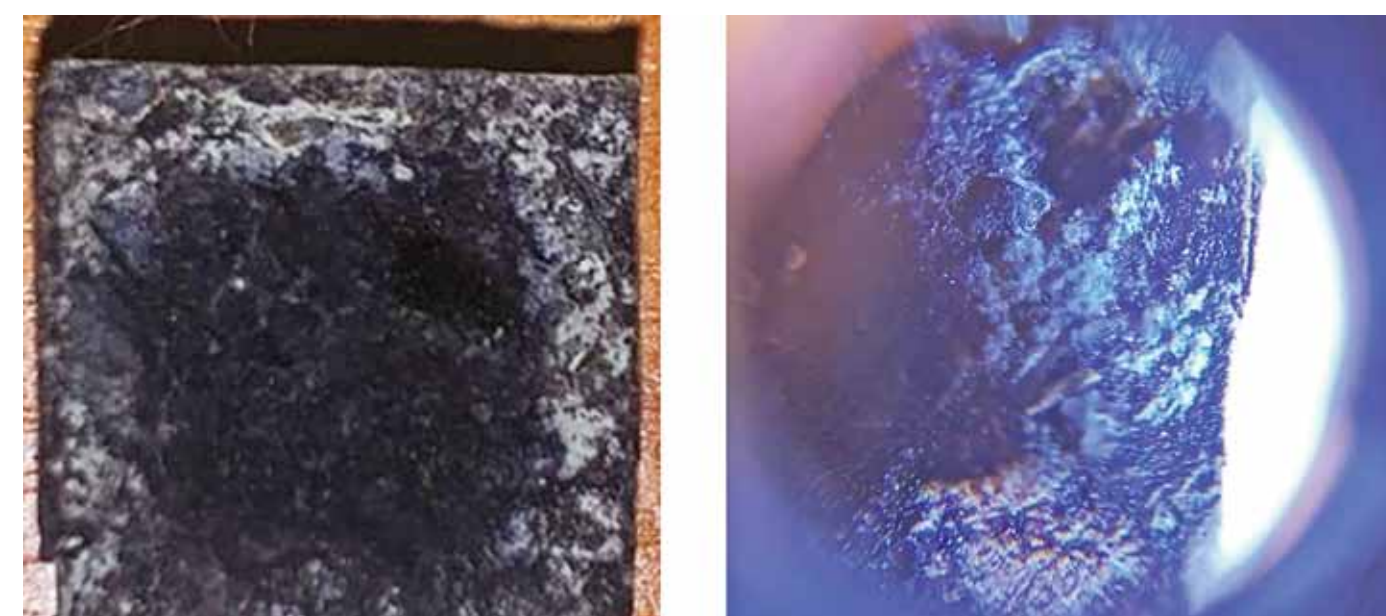


Рис. 6. Следы проникновения хлоридов вглубь образца: а) общий вид типичного скола образца после обработки йодкрахмальным раствором; б) микрофотография граничной зоны скола с увеличением в 60 раз
Fig. 6. Traces of chloride penetration deep into the sample: а) a general view of a typical cleavage of the sample after treatment with iodine starch solution; б) micrograph of the boundary zone of the cleavage with an increase of 60 times

Таким образом, к моменту появления под действием хлоридной агрессии разрушений защитного слоя арматуры структура его цементного камня в той или иной степени разрушена и когезионная прочность существенно снижена. Сам защитный слой под давлением продуктов коррозии частично отвалился, и беззащитная арматура открыта для ничем не ограниченной коррозии. Восстановление работоспособности конструкции простым бетоном обеспечивается его адгезией к «старому» бетону, имеющему низкую когезионную прочность, вряд ли обеспечит необходимую сплошность конструкции. Для качественного сцепления нужно по возможности восстановить структуру разрушенного защитного слоя цементного камня и создать единую кристаллическую систему «нового» бетона, восстановленного и не подвергнутого коррозионному

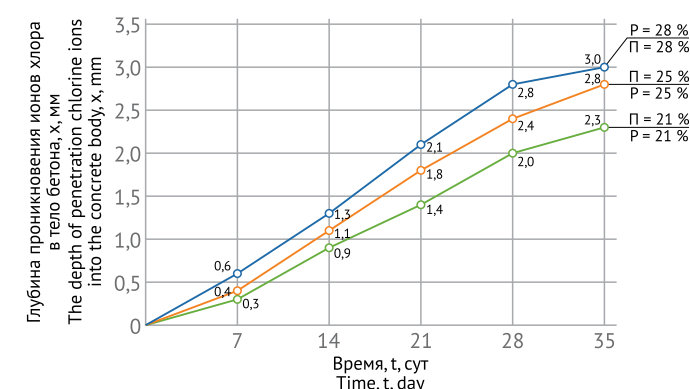


Рис. 7. Глубина проникновения ионов хлора при концентрации 5,2 % от массы цемента в образцах с пористостью: 1 – 28 %; 2 – 25 %; 3 – 21 %
Fig. 7. Penetration depth of chloride ions at a concentration of 5,2 % by weight of cement in samples with porosity: 1 – 28 %; 2 – 25 %; 3 – 21 %

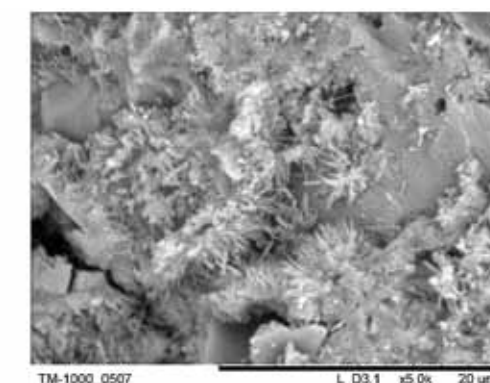


Рис. 8. Микрофотография разлома образца, не тронутого коррозией, при увеличении в 5000 раз
Fig. 8. Micrograph of the fracture of the sample, untouched by corrosion at a magnification of 5000 times

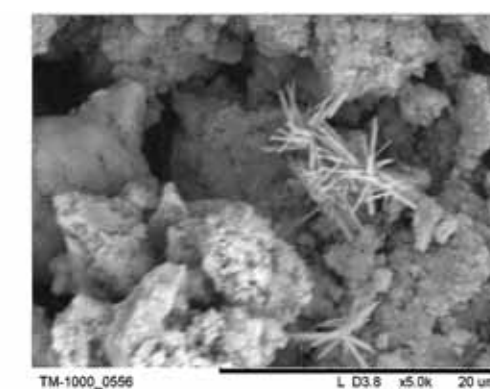


Рис. 9. Микрофотография разлома образца, поврежденного коррозией, при увеличении в 5000 раз
Fig. 9. Micrograph of the fracture of a sample damaged by corrosion at a magnification of 5000 times

Материалы Международной научно-практической конференции «Технологии, организация и управление в строительстве» TOMiC-2022

разрушению «старого» бетона. Это даст возможность решить поставленную задачу.

Материалы и методы

Исследования характера и глубины разрушения структуры бетона воздействием хлоридов выполнялось по стандартной методике ГОСТ 31383-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний».

Предварительно были изготовлены образцы из пескобетона в форме куба с ребром 20 мм, сериями по 10 штук с разным водоцементным отношением: 0,65; 0,55; 0,45. Образцы в течение 28 суток выдерживались в герметичном контейнере при температуре +20° С и относительной влажности 75 %. По окончании выдерживания определялась их пористость: 28 %, 25 %, 21 %, соответственно.

Далее исследования проводились согласно следующему алгоритму: образцы бетона помещались в эксикатор с хлорсодержащей средой (рисунок 5).

Так как задачей эксперимента было определение характера разрушения цементного камня под действием хлоридов, для ускорения эксперимента концентрация хлора в эксикаторе была принята 16 г/л. Ежедневно, на протяжении 5 недель из эксикатора извлекался один образец из каждой серии с разным водоцементным отношением. На плоскость раскола наносился раствор йода и крахмала в соотношении 1:2. Раствор изначально имеет темно-синий оттенок. При наличии хлоридов на сколе образца нанесенный раствор осветляется (рисунок 6).

Результаты

Глубина проникновения хлор-ионов определялась в соответствии с ГОСТ 31 383 2008. Измерения осветленных зон выполнялись с точностью до 1,0 мм через каждые 10,0 мм. Затем определялось среднеарифметическое значение толщины пораженного слоя. Результаты исследования представлены на рисунке 7. Одновременно в Институте химии твердого тела и механохимии (ИХТТМ) СО

РАН с помощью электронного сканирующего микроскопа ТМ-1000 с увеличением в 5000 раз были исследованы зоны образцов, поврежденные и не тронутые хлоридами (рисунки 8, 9).

На фотографии зоны, не тронутой коррозией, наблюдается большое количество волокнистых субмикроструктур гидросиликата кальция, надежно «сшивающих» комковатые образования, в результате чего формируется монолитный и прочный материал – цементный камень. На рисунке 9 – зона образца, подвергшаяся разрушительному воздействию хлора. На фоне не связанных между собой комковатых образований локально сохранился фрагмент кристаллической структуры. Остальная ее часть исчезла. Структура явно утратила свою былую монолитность. Ионы хлора радикально изменили когезионную прочность материала. Аналогичные результаты показали исследования карбонизации бетона [7; 8].

Заключение

Выполненные исследования позволили:

1. Установить, что эксплуатация железобетонных конструкций в хлорной среде ведет к разрушению кристаллической структуры цементного камня в зоне контакта с агрессивной средой и снижению его когезионной прочности.
2. Определить, что при концентрации хлора 16 г/л в первый месяц увеличение пораженных зон идет по нарастающей и достигает 2,3÷3 мм в зависимости от пористости материала.
3. Показать, что причиной отслоения ремонтного слоя является снижение когезионной прочности на поверхности восстанавливаемого бетона.
4. Предложить для восстановления разрушенной кристаллической структуры использование разницы парциального давления для глубокого проникновения в бетон продуктов растворения цемента в процессе термообработки бетона восстановления.

агрессии-вероятностная-модель-расchyota-прогноза-срока-sluzhby.

5. Шалый, Е. Е. Анализ деградации бетона сооружений на острове Сахалин / Е. Е. Шалый // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2018. – № 1 (34). – С. 65–76.
6. Федосов, С. В. Исследование процессов коррозионной деградации железобетонных изделий в агрессивных средах с хлорид-ионами / С. В. Федосов, В. Е. Румянцев, В. С. Кононова // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 5. – С. 61–67.
7. Взаимодействие клинкерных минералов с водными растворами хлоридов / Г. И. Бердов, О. С. Мадзаева, А. Е. Бурученко, С. И. Линник // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1987. – № 10. – С. 59–63.
8. Белов, Н. В. Кристаллическая структура силикатов / Н. В. Белов // Химическая наука и промышленность. – 1958. – Т. 3, № 1. – С. 46–50.
9. Молодин, В. В. Форсированный разогрев смеси, как фактор увеличения сцепления бетонов, подвергшихся коррозии / В. В. Молодин, А. Е. Ануфриева, А. Х. Навоян // Известия вузов. Строительство. – 2020. – № 2. – С. 56–71.

tal Study / I.-S. Yoon // Key Engineering Materials. – 2007. – Vol. 348–349. – P. 729–732.

2. Shaly, E. E. Khloridnaya korroziya morskogo betona [Chloride

Материалы Международной научно-практической конференции «Технологии, организация и управление в строительстве» TOMiC-2022

corrosion of marine concrete] E. E. Shaly, L. V. Kim // Vestnik inzhenernoj shkoly DVFU [Bulletin of the FEPU Engineering School]. – 2018. – № 2 (35). – URL: <https://www.dvfu.ru/vestnikis/archive-editions/2-35/13/>.

3. Ovchinnikov, I. I. Primenenie nelinejnoj deformatsionnoj modeli dlya analiza povedeniya armirovannykh plastin na uprugom osnovanii, vzaimodejstvuyushhikh s khloridsoderzhashhej sredoj. Osnovnye sootnosheniya [Application of a nonlinear deformation model to analyze the behavior of reinforced plates on an elastic base interacting with a chloride-containing medium. Basic ratios] / I. I. Ovchinnikov, I. G. Ovchinnikov // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal [Magazine of Civil Engineering]. – 2013. – № 1 (36). – P. 27–38.
4. Shaly, E. E. Zhelezobeton pri vozdeystvii karbonizatsii i khloridnoj agressii: veroyatnostnaya model' raschyota-prognoza sroka sluzhby [Reinforced concrete under the influence of carbonation and chloride aggression: probabilistic model of calculation-forecast of service life] / E. E. Shaly, L. V. Kim, S. N. Leonovich // Vestnik BGТУ imeni V. G. Shukhova [Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov]. – 2018. – № 6. – P. 5–14. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhelezobeton-pri-vozdeystvii-karbonizatsii-i-hloridnoy-agressii-veroyatnostnaya-model-raschyota-prognoza-sroka-sluzhby>.
5. Shaly, E. E. Analiz degradatsii betona sooruzhenij na ostrove Sakhalin [Analysis of concrete degradation of structures on Sakhalin Island] / E. E. Shaly // Vestnik inzhenernoj shkoly

DVFU [Bulletin of the FEPU Engineering School]. – 2018. – № 1 (34). – P. 65–76.

6. Fedosov, S. V. Issledovanie protsessov korrozionnoj destruktzii zhelezobetonnykh izdelij v agressivnykh sredakh s khloridionami [Investigation of the processes of corrosion destruction of reinforced concrete products in aggressive environments with chloride ions] / S. V. Fedosov, V. E. Rumyantseva, V. S. Konovalova // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers]. – 2016. – № 5. – P. 61–67.
7. Vzaimodejstvie klinkernykh mineralov s vodnymi rastvorami khloridov [Interaction of clinker minerals with aqueous chloride solutions] / G. I. Berdov, O. S. Madzayeva, A. E. Buruchenko, S. I. Linnik // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura [News of universities. Construction and architecture]. – 1987. – № 10. – P. 59–63.
8. Belov, N. V. Kristallicheskaya struktura silikatov [Crystal structure of silicates] / N. V. Belov // Khimicheskaya nauka i promyshlennost' [Chemical Science and industry]. – 1958. – Vol. 3, № 1. – P. 46–50.
9. Molodin, V. V. Forsirovannyj razogrev smesi, kak faktor uvelicheniya stsepleniya betonov, podvergshikhsya korrozii [Forced heating of the mixture as a factor of increasing the adhesion of concrete subjected to corrosion] / V. V. Molodin, A. E. Anufrieva, A. H. Navoyan // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo [News of universities. Construction]. – 2020. – № 2. – P. 56–71.

УДК 658.5

DOI: 10.54950/26585340_2022_4_127

Развитие основных видов специализаций при организации строительства объектов недвижимости на рынке жилья

Development of the Main Types of Specializations when Organizing the Construction of Real Estate Objects in the Housing Market

Хрусталеv Борис Борисович

Доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономика, организация и управление производством», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Россия, 440028, Пенза, улица Германа Титова, 28, hrustalev_bb@mail.ru

Khrustalev Boris Borisovich

Doctor of Economics, Professor, Head of the Department «Economics, Organization and Production Management», Penza State University of Architecture and Construction, Russia, 440028, Penza, Herman Titov ulitsa, 28, hrustalev_bb@mail.ru

Чудайкина Татьяна Николаевна

Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика, организация и управление производством», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Россия, 440028, Пенза, улица Германа Титова, 28, chudajkina-tn@list.ru

Chudaykina Tatiana Nikolaevna

Ph. D. in Economics, Associate Professor of the Department «Economics, Organization and Management of Production», Penza State University of Architecture and Construction, Russia, 440028, Penza, Herman Titov ulitsa, 28, chudajkina-tn@list.ru

Каргин Алексей Александрович

Младший научный сотрудник научно-исследовательского сектора, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Россия, 440028, Пенза, улица Германа Титова, 28, kargin_a@mail.ru

Kargin Alexey Alexandrovich

Junior Researcher of the Research Sector, Penza State University of Architecture and Construction, Russia, 440028, Penza, Herman Titov ulitsa, 28, kargin_a@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены виды специализации, рациональное сочетание которых обеспечивает равновесие на рынке недвижимости и повышает эффективность деятельности предприятий инвестиционно-строительного комплекса (ИСК)

на рынке жилья. Выявлены особенности функционирования предприятий инвестиционно-строительного комплекса, которые существуют в новых экономических условиях, они условно разделены на 3 группы: отраслевые, территориальные и соци-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yoon, I.-S. Deterioration of Concrete due to Combined reaction of Carbonation and Chloride Penetration: Experimental Study / I.-S. Yoon // Key Engineering Materials. – 2007. – Vol. 348–349. – P. 729–732.
2. Шалый, Е. Е. Хлоридная коррозия морского бетона / Е. Е. Шалый, Л. В. Ким // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2018. – № 2 (35). – URL: <https://www.dvfu.ru/vestnikis/archive-editions/2-35/13/>.
3. Овчинников, И. И. Применение нелинейной деформационной модели для анализа поведения армированных пластин на упругом основании, взаимодействующих с хлоридсодержащей средой. Основные соотношения / И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – № 1 (36). – С. 27–38.
4. Шалый, Е. Е. Железобетон при воздействии карбонизации и хлоридной агрессии: вероятностная модель расчета-прогноза срока службы / Е. Е. Шалый, Л. В. Ким, С. Н. Леонович // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. – 2018. – № 6. – С. 5–14. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhelezobeton-pri-vozdeystvii-karbonizatsii-i-hloridnoy-agressii-veroyatnostnaya-model-raschyota-prognoza-sroka-sluzhby>.

REFERENCES

1. Yoon, I.-S. Deterioration of Concrete due to Combined reaction of Carbonation and Chloride Penetration: Experiment-

Материалы Международной научно-практической конференции «Технологии, организация и управление в строительстве» TOMiC-2022

ально-экономические. Методами исследования являются теоретический анализ, экономико-статистический подход, метод экспертных оценок и эмпирическое изучение с последующим обобщением и систематизацией данных в виде таблиц и схем. Объектом анализа являются предприятия строительного комплекса. Произведена количественная оценка факторов, которые влияют на результат. Рассмотрены виды специализации, их характеристики, достоинства и недостатки. Выполнена классификация факторного пространства, влияющего на деятельность предприятий ИСК с учетом различных видов специализаций. Рассмотрен вариант выбора устойчивого развития предприятий инвестиционно-строительного комплекса в условиях ра-

Abstract. The article considers the types of specialization, the rational combination of which ensures balance in the real estate market and increases the efficiency of the enterprises of the investment and construction complex (ICC) in the housing market. The features of the functioning of the enterprises of the investment and construction complex that exist in the new economic conditions are revealed, they are conditionally divided into 3 groups: sectoral, territorial and socio-economic. The research methods are theoretical analysis, economic and statistical approach, the method of expert assessments and empirical study with subsequent generalization and systematization of data in the form of tables and diagrams. The object of the analysis is the enterprises of the construction complex. Quantification of factors that affect the result. The types of specialization, their characteristics, advantages and disadvantages are considered. The classification of the factor space affecting the activities of ICC en-

Введение

Деятельность предприятий инвестиционно-строительного комплекса на рынке жилья находится в прямой зависимости от трех основных участников: потребителя, производителя и государства. Одним из основных участников ИСК является потребитель, и в этой связи очень важное значение имеет изучение его возможностей и потребностей в условиях меняющейся внешней среды. Рынок недвижимости занимает особое место в сложившейся экономической системе, поскольку интересы потребителя оказывают непосредственное влияние на эффективность его функционирования. Таким образом, предприятия инвестиционно-строительного комплекса должны быть клиентоориентированы как предметно, так и технологически, максимально учитывать потребности потребителей [1].

В таких сформировавшихся сложных экономических условиях развития инвестиционно-строительного комплекса (ИСК) требуется разработка принципиально новых подходов к управлению его предприятиями для более гибкой системы взаимодействия с клиентами. Это связано с необходимостью решения многих существующих проблем, направленных на реструктуризацию их деятельности, формирование устойчивых связей взаимодействия между ними в процессе производства работ.

Каждая организация как участник инвестиционно-строительного комплекса в своей деятельности и в развитии должна уделять внимание двум аспектам: с одной стороны, предприятия должны изучать спрос потребителей и быть клиентоориентированными, а с другой стороны, должны быть конкурентноспособными на рынке, так

ционального сочетания всех видов специализаций, а также с учетом факторов внешней и внутренней среды. Сформулированы основные принципы устойчивого развития предприятий инвестиционно-строительного комплекса на рынке жилья для повышения их конкурентоспособности. Обоснована и определена экономическая эффективность методических и практических рекомендаций по развитию предприятий инвестиционно-строительного комплекса на рынке жилья.

Ключевые слова: инвестиционно-строительный комплекс, специализация, конкурентоспособность, клиентоориентированность, рынок жилья, эффективность деятельности.

terprises, taking into account various types of specializations, is carried out. The option of choosing the sustainable development of enterprises of the investment and construction complex, in the conditions of a rational combination of all types of specializations, as well as taking into account the factors of the external and internal environment, is considered. Organizational and economic mechanisms of sustainable development of enterprises of the investment and construction complex in the housing market to increase their competitiveness are formulated. The economic efficiency of methodological and practical recommendations for the development of enterprises of the investment and construction complex in the housing market is substantiated and determined.

Keywords: investment and construction complex, specialization, competitiveness, customer orientation, housing market, efficiency.

как покупатель предъявляет свои требования к объектам недвижимости. Для повышения и обеспечения требуемого уровня конкурентоспособности на рынке жилья организациям в своей работе нужно рационально сочетать разные виды специализаций. Данные решения обеспечивают максимальный объем строительства объектов недвижимости на рынке жилья и определяют требуемый потенциал компаний. Указанные социально-экономические требования формируют потенциальный спрос на жилье.

В условиях давления внешних и внутренних факторов предприятиям, как участникам рынка жилья, необходимо оставаться в равновесии, дополняя друг друга, что, в конечном итоге, обеспечивает устойчивость их развития. Стоит отметить, что в реальных условиях функционирования рынка недвижимости объективно существуют различные особенности, процессы и факторы, которые приводят к изменениям во внешней среде. Данные изменения способствуют постоянным нарушениям равновесия во внутренней среде и приводят к напряжению на рынке жилья [2–4].

Глобальная пандемия 2020 года и, как следствие, появление кризисных явлений в экономике привели к сокращению объемов капитальных вложений. На внутреннем рынке России произошло снижение спроса на жилье, что, в конечном итоге, привело к уменьшению темпов ввода жилья в эксплуатацию, увеличению падения поставок строительных материалов и оборудования, а также к сокращению спроса на подрядные работы. В непростом положении оказались хозяйствующие субъекты страны,

Материалы Международной научно-практической конференции «Технологии, организация и управление в строительстве» TOMiC-2022

формирующие строительный комплекс и его направления развития.

Для восстановления равновесия инвестиционно-строительного комплекса необходимо выработать основные направления развития предприятий, основополагающим решением для которых является оптимальное соотношение всех видов специализаций при организации строительства объектов недвижимости на рынке жилья.

При применении рационального сочетания специализаций строительных организаций одновременно достигается цель по основополагающей оптимизации баланса всей отрасли в целом.

В процессе поиска решений этих непростых задач необходимо выделить следующие этапы и направления для развития предприятий ИСК на рынке жилья:

- обязательное выявление особенностей функционирования предприятий;
- определение и классификация факторов внешней и внутренней среды, влияющих на эффективность деятельности организаций;
- создание методики оценки уровня эффективности деятельности предприятий ИСК на основе рационального использования специализации;
- разработка основных вариантов развития и формирования механизмов, влияющих на эффективность деятельности предприятий ИСК на основе рационального сочетания всех видов специализаций;
- формирование алгоритмов выбора рациональных вариантов и путей развития организаций;
- создание теоретических и практических рекомендаций по повышению эффективности деятельности организаций;
- учет экономической эффективности от внедрения разработанных рекомендаций по повышению эффективности деятельности предприятий ИСК.

Основным предметом исследования является разработка направлений деятельности организаций при формировании и развитии рынка жилья в конкретном регионе.

Материалы и методы

Методами исследования являются теоретический анализ, экономико-статистический подход, метод экспертных оценок и эмпирическое изучение с последующим обобщением и систематизацией данных в виде таблиц и схем. Объектом анализа являются предприятия строительного комплекса. Произведена количественная оценка факторов, которые влияют на результат. Исследование проведено с помощью методов общей экономической теории с применением системного подхода, позволяющего глубоко исследовать основные особенности управления инвестиционно-строительным комплексом в регионе на современном этапе развития неустойчивой экономики.

Указанные особенности деятельности организаций ИСК порождают условия возникновения факторов внешней и внутренней среды. В таких постоянно меняющихся условиях функционирования и формируется общий потенциал предприятий [3].

При систематизации материалов исследования выявлены основные три группы особенностей путей развития организаций [5–7]:

1. Территориальные: темп роста фактических инвестиций; план застройки населенных пунктов; гибкий характер работ; недостаточный объем инвестиций; сложные экономические условия; многовекторность производственных взаимозависимостей; большие материальные затраты и время подготовки; удаленность предприятий строительной индустрии, производящих материалы, изделия и конструкции от объектов недвижимости; трудовая мобильность; разнообразие участников строительного процесса.
2. Отраслевые: особенности рельефа; рассредоточенность строительных объектов; неподвижный характер создания конечной продукции; природно-климатические условия; состояние мощностей строительно-монтажных организаций, предприятий и хозяйств материально-технической базы строительства; развитость транспортной инфраструктуры; правовое обеспечение; ресурсные возможности компании; особенности возведения объектов на основе специализации резидентов отрасли; значительный удельный вес непроизводственных затрат в себестоимости продукции; создание уникальных производств; учет сезонности при строительстве объектов.
3. Социально-экономические: меняющийся спрос и предпочтения потребителей продукции; демографическая мобильность; функциональное назначение объекта; юридические аспекты; сроки и стоимость объектов строительства; вид жилья.

Произведенный анализ вышеупомянутых групп позволяет сделать вывод о том, что основным вектором развития потенциала организаций ИСК должна стать, в первую очередь, клиентоориентированность – на основе применения специализаций предприятий на рынке жилья.

Специализация в строительстве – это направленность деятельности строительных компаний и организаций при выполнении однотипных работ или строительстве объектов схожего функционального назначения. С использованием данного подхода делается упор на подготовку кадров и подбор средств механизации, предназначенных именно для выполнения ограниченного вида работ, что приводит к росту производительности труда, сокращению сроков строительства, снижению себестоимости готовой строительной продукции и накоплению потенциала. На данный момент разделяют отраслевую, территориальную, технологическую и предметную специализации. При выполнении всех условий переориентации предприятий на основе специализации обеспечиваются равномерная загрузка строительных предприятий, низкая себестоимость продукции, оптимальное использование трудовых ресурсов, высокая производительность машин и механизмов.

Основная задача отраслевой специализации строительных предприятий заключается в сосредоточении на

устройстве зданий и сооружений для отдельных отраслей экономики. Например, это могут быть жилищное строительство, объекты непроизводственного (социальной инфраструктуры) и производственного назначения, строительство инженерных сетей и сооружений, возведение объектов транспорта (дороги, мосты, путепроводы и т. п.), а также объекты железнодорожного хозяйства и другие объекты. Объекты капитального строительства каждой из отраслей имеют свои особенности возведения, свою специфику и набор применяемых материалов и оборудования, свойственные именно данной отрасли.

Именно отраслевая специализация организаций выступает в качестве основного преимущества. Однако к одному из недостатков указанного вида специализации можно отнести узкое направление производства работ. В частности, при изменении номенклатуры возводимых объектов требуется переориентация технологии организации строительства, ее методов и всего менеджмента. В результате снижается производительность труда персонала, увеличивается иррациональное использование строительных машин и механизмов, материальных ресурсов и т. п., то есть происходит рост издержек. При рационалистическом подходе в применении отраслевой специализации организаций строительно-инвестиционного комплекса наиболее верным решением для последующего развития является целенаправленность на строительство зданий или сооружений, схожих по характеру объектов, например, возведение жилых многоквартирных домов разной этажности и конструктивных решений (кирпич, монолит, панели и т. п.).

Территориальная специализация направлена на производство продукции преимущественно для внешнего потребления за границами предприятия. К примеру, завод по производству керамического кирпича, расположенный непосредственно рядом с сырьевой базой, обеспечивает поставки своей продукции для предприятий в смежных регионах. Главным достоинством данного вида специализации является узконаправленность и, как следствие, сосредоточение основных сил предприятия на каком-то одном виде продукции. В существующих условиях бытующего будущего рождаются отдельные специализированные производства или организации на фоне углубления и разделения труда. Но в то же время это преимущество может обернуться проблемой: при специализации однородных комплексов строительно-монтажных работ довольно проблематично переориентироваться на выпуск другой продукции.

Предметная специализация – это сосредоточение на предприятии производства полностью готовых видов строительной продукции, например, системы вентиляции, железобетонных изделий и т. д. К достоинствам данного вида специализации можно отнести упрощение логистических систем по поставкам исходных комплектующих, а также сырья и сбыту готовой продукции. При применении предметной специализации возможно внедрять поточные методы производства работ, сокращать время производственных циклов. К недостаткам данной специализации можно отнести невозможность произ-

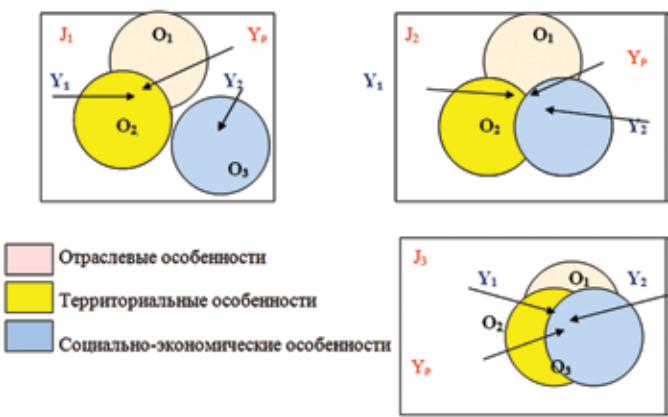


Рис. 1. Основные зоны при формировании интересов производителя и потребителя на рынке жилья
Fig. 1. The main areas in the formation of producer and consumer interests in the housing market

водства другой продукции без выполнения реконструкции предприятия (технического перевооружения), смены строительной техники при переходе на другой предмет специализации.

Технологическая специализация основана на применении единого технологического процесса, а также связанного с ним применяемого оборудования и материалов. В строительном комплексе к таким предприятиям можно отнести заводы по выпуску железобетонных изделий, кирпича или кровельных материалов, организаций, выполняющих один или несколько схожих по своим технологическим процессам видов деятельности. Например, одна организация может выполнять как комплекс работ по гидроизоляции, так и устройство кровли из наплавляемых материалов. К преимуществам технологической специализации относится то, что она способствует применению наиболее рациональных и прогрессивных технологий производства работ, снижению себестоимости готовой продукции за счет объема выпуска однородной продукции. Однако, как и у любого вида специализации, в данном типе существует и ряд недостатков, а именно: это проблемы внутриорганизационной консолидации, а также локализации ответственности персонала за качество готовой продукции и организации фрагментации производственного процесса по применяемой технологии производства работ. Указанные признаки функционирования организаций строительного комплекса являются типичными для предприятий, выпускающих разноплановую и переменную номенклатуру продукции.

При функционировании предприятия ИСК его деятельность может находиться в одной из трех зон взаимодействия, в которых учитываются потребности всех участников рынка жилья. Для этого предприятия формируют и реализуют различные виды специализаций, основными из которых являются отраслевая, территориальная, предметная, технологическая.

Существующие особенности влияют на возможность попадания предприятий в одну из этих зон (рисунок 1): J1 – степень минимального совмещения интересов производителя и потребителя (устойчивая ситуация); J2 – сте-

Внешние факторы		Внутренние факторы	
X ₆₂	Высокая стоимость строительных материалов, изделий, конструкций	X ₁₂₅	Гибкость структуры капитала
X ₅₁	Налоги в строительной отрасли	X ₉₁	Наличие конкурентов
X ₁₅	Инфляция (дефляция)	X ₁₂₂	Общий финансовый потенциал
X ₅₂	Государственное регулирование в строительстве	X ₈₄	Внедрение НИОКР
X ₆₅	Источники и объемы финансирования	X ₁₁₂	Система контроля и планирования
X ₆₄	Развитость финансовой системы	X ₇₁	Используемые материалы в строительстве
X ₂₁	Государственное финансирование отдельных проектов	X ₁₀₁	Себестоимость квадратного метра
X ₁₃	Экономическая активность населения, %	X ₇₃	Механовооруженность
X ₃₆	Демографические особенности	X ₉₈	Уровень развития инфраструктуры
X ₄₃	Климатические условия	X ₉₇	Наличие парковки
		X ₁₁₄	Квалификация персонала
		X ₁₂₆	Наличие собственных земельных участков
		X ₁₀₃	Уровень покупательской способности потребителей
		X ₈₅	Развитие экологически чистых технологий
	ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ		ПРЕДМЕТНАЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ

Табл. 1. Ранжированные факторы
Tab. 1. Ranked factors

пень частичного совмещения интересов производителя и потребителя (менее устойчивая ситуация); J3 – степень максимального совмещения интересов производителя и потребителя (неустойчивая ситуация).

Такой подход, с одной стороны, повышает конкурентоспособность самого предприятия на рынке жилья, с другой – клиентоориентированность.

Таким образом, имеющиеся особенности, в которых осуществляется деятельность предприятий ИСК, определяют условия и природу возникновения факторов внешней и внутренней среды, которые необходимо учитывать для повышения их потенциала, а также устойчивости развития с учетом разработанных методологических функциональных направлений.

Для выявления влияния факторов внешней и внутренней среды на деятельность организаций разработана классификация, позволяющая выделить следующие основные группы:

- во внешней среде (экономические, политические, социальные, экологические, правовые, инвестиционные);
- во внутренней среде (технические, технологические, инвестиционные, социально-экономические, управленческие, организационные).

Территориальная и отраслевая специализации в деятельности предприятий ИСК направлены на учет факторов внешней среды, от которых зависит их конкурентоспособность на рынке жилья. В этой ситуации предприятия наиболее полно используют свой накопленный потенциал, адаптируя его к внешней деятельности для последующей разработки основных методологических принципов развития. Предметная и технологическая специализации направлены на учет, как правило, факторов внутренней среды и на удовлетворение интересов потребителей, они направлены на улучшение объемно-планировочных решений, формирование привлекательной

инфраструктуры, транспортной доступности, тем самым влияя на клиентоориентированность.

Таким образом, использование всех видов специализаций в деятельности предприятий ИСК позволяет последним пребывать в той зоне, где конкурентоспособность и клиентоориентированность максимальны. Эти параметры являются необходимым условием для сокращения затрат и повышения эффективности деятельности, а все виды специализаций находятся в рациональном сочетании между собой.

В процессе исследования был проведен отбор и ранжирование факторов внешней и внутренней среды, наиболее значимые из которых приведены в таблице 1.

Эффективность деятельности предприятий ИСК оценивалась обобщающим показателем, который включает в себя уровень использования потенциала строительного предприятия с учетом его конкурентоспособности (Y1) и уровень использования потенциала с учетом клиентоориентированности на потребителя на рынке жилья (Y2) и рассчитывается по формуле:

$$V_p = \sqrt{Y_1 \times Y_2}, [0 \leq V_p \leq 1], \quad (1)$$

$$Y_1 = \frac{V_{смп} \cdot K_{вып.норм} \cdot K_{спец}}{V_{отр} \cdot K_{отр.вып.норм} \cdot K_{отр.спец}}, \quad (2)$$

$$K_{спец} = \frac{V_{собств.силами}}{V_{смп}}, \quad (3)$$

$$Y_2 = \frac{C \cdot 54}{D_{сд} \cdot 2 \cdot 12}, [0 \leq Y_2 \leq 1], \quad (4)$$

где V_p – уровень эффективности деятельности предприятий ИСК на основе рационального использования специализаций;

Y_1 – уровень использования потенциала строительного предприятия с учетом его конкурентоспособности на рынке жилья;

U_2 – уровень использования потенциала с учетом клиентоориентированности на потребителя на рынке жилья;
 $V_{\text{собств силами}}$ – объем СМР, выполненных собственными силами организации;
 $V_{\text{СМР}}$ – объем выполненных работ;
 $K_{\text{спец}}$ – коэффициент специализации на предприятии;
 $K_{\text{спец}}^{\text{отр}}$ – коэффициент специализации в отрасли;
 $K_{\text{вып норм}}$ – коэффициент выполнения норм на предприятии;
 $K_{\text{вып норм}}^{\text{отр}}$ – коэффициент выполнения норм в отрасли;

$$Y_2 = \frac{C \cdot 54}{D_{\text{сд}} \cdot 2 \cdot 12} \cdot [0 \leq Y_2 \leq 1], \tag{4}$$

где C – стоимость 1 м² жилья, руб.;
 $D_{\text{сд}}$ – среднедушевой ежемесячный доход, руб.;
54 – площадь условной квартиры, м²;
2 – число членов домохозяйства, чел.;
12 – количество месяцев в году.
В зависимости от этого уровня U_p можно условно выделить 4 ситуации [8, 9].
Первая ситуация носит отраслевой характер, где устойчивость развития поддерживается за счет разработки механизмов совершенствования с учетом отраслевых факторов. В этой ситуации рынок жилья развивается с учетом интересов подрядной организации и потребителя в рамках толкающих логистических систем. Главное направление развития в этом случае – это повышение конкурентоспособности предприятий ИСК. Вторая ситуация

характеризуется наличием отраслевых и территориальных факторов внешней и внутренней среды. Устойчивость развития осуществляется посредством создания методологического комплекса действий. Здесь осуществляется постепенный переход с толкающей логистической системы на тянущую. Третья ситуация схожа с предыдущей, но с учетом отраслевых, территориальных, социально-экономических факторов, которые должны находиться в рациональном сочетании. Ситуация четвертая характеризуется рациональностью сочетания факторов, которые позволяют развивать рынок с учетом тянущей логистической системы при устойчивом развитии организаций на рынке жилья.
Проведенный анализ предприятий ИСК Пензенской области показал, что большинство из них находится в зоне первых двух ситуаций, которые формируются за счет толкающей логистической системы. Это связано с тем, что спрос минимален, затраты максимальны, т. к. необходимо найти территории, заинтересовать потребителя. Эти уровни можно обеспечить за счет разработки комплекса механизмов на основе специализаций для повышения эффективности деятельности предприятий ИСК. Рациональное сочетание всех видов специализации позволит существенно повысить конкурентоспособность и клиентоориентированность предприятий ИСК. С одной стороны, это обеспечит равновесие на рынке жилья, с другой стороны – повысит эффективность деятельности. Необходимо разработать организационно-экономические методы, чтобы большинство предприятий перешло в третью зону.

Отраслевая специализация	Территориальная специализация	Предметная специализация	Технологическая специализация
Использование местной ресурсной базы	Застройка новых микрорайонов с развитой инфраструктурой	Сосредоточение на выпуске определенного вида строительной продукции	Отделка «под ключ»
Обеспечение жильем отдельных категорий граждан в рамках реализации государственных региональных и федеральных жилищных программ	Обеспечение земельных участков под жилищное строительство инженерной, дорожной и социальной инфраструктурой за счет средств бюджета	Использование специализированного оборудования	Применение новых технологических процессов, механизации, автоматизации, способов организации труда и производства
Решение проблемы «обманутых» дольщиков и ввод в эксплуатацию проблемных объектов строительства	Участие в программах поддержки региональных строительных организаций на всех инвестиционных объектах субъекта Федерации	Развитие мощностей строительной индустрии и промышленности строительных материалов	Строительство домов с улучшенными объемно-планировочными и конструктивными решениями
Создание гибких структур управления	Создание зоны эффективного строительства	Организация производственных подразделений по выпуску ограниченной номенклатуры готовой продукции по принципу ее изготовления	Производство отдельных составных элементов готовой продукции, классифицированной по принципу технологического подобию
Повышение доступности ипотечного кредитования	Установление связей между всеми участниками строительства	Освоение новых технологий	Создание отдельных самостоятельных производств
Привлечение новых специалистов	Сокращение рассредоточенности объектов	Вовлечение комплексных бригад	Планировка домов по желанию потребителя, в т. ч. свободная планировка
	Переход от точечного к крупномасштабному строительству	Создание новых конструкций и их использование	Выполнение особо сложных специализированных работ
	Повышение мобильности	Укрупнение подразделений	

Табл. 2. Организационно-экономические направления развития предприятий инвестиционно-строительного комплекса на рынке жилья на основе различных видов специализации
Tab. 2. Organizational and economic directions of development of enterprises of the investment and construction complex in the housing market based on different types of specialization

Для этого необходимо максимально учитывать интересы потребителей, осваивать новые территории, развивать инфраструктуру.
Применение принципов любого вида специализации эффективно только при значительной доле строительно-монтажных работ, которая обеспечивает постоянную работу строительных бригад, эффективную производительность труда и рациональное использование спецоборудования, строительной техники.
Результаты
В результате проведенного исследования определены основные особенности функционирования и развития рынка жилья, в том числе предложена авторская классификация факторов и оценки степени их влияния на функционирование и развитие участников ИСК. Разработана авторская методика оценки уровня эффективности деятельности организаций на основе рационального использования специализации в комплексе с предложенным алгоритмом формирования механизмов развития предприятий инвестиционно-строительного комплекса.
Для определения уровня эффективности деятельности предприятий ИСК на основе рационального использования специализации предложен алгоритм, который позволит определить необходимый вариант развития, включающий в себя:
– сбор исходных данных о деятельности предприятий ИСК и их анализ (расчет доли предприятия, занимаемой на рынке);
– выделение отраслевых, территориальных и социальных особенностей функционирования предприятий ИСК;
– систематизация факторов, оказывающих воздействие на деятельность предприятий ИСК (с ранжированием их по значимости);
– расчет степени влияния и удельного веса значимости каждого фактора;
– создание обобщенной модели формирования организационно-экономических действий и разработка практических рекомендаций для внедрения в деятельность предприятий ИСК.
Выбор эволюции развития организаций должен основываться на рациональном сочетании всех видов специализаций с учетом факторов внешней и внутренней среды. При выборе направления развития деятельности организации инвестиционно-строительного комплекса будут находиться в одной из зон с учетом интересов производителя и потребителя. Для этого предприятия формируют и реализуют различные виды специализаций, основными из которых являются отраслевая, территориальная, предметная и технологическая.
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
1. Асаул, А. Н. Специализация в строительстве как экономическое явление в рамках институциональной теории / А. Н. Асаул, А. В. Лобанов // Экономика строительства. – 2014. – № 2 (26). – С. 12 – 24.
2. Организация строительства и девелопмент недвижимости : учебник : в двух частях / А. А. Бенуж, А. Х. Бижанов, С. А. Болотин и др. ; под общ. науч. ред. проф. П. Г. Грабового ; Нац-

Территориальная и отраслевая специализации в деятельности предприятий инвестиционно-строительного комплекса связаны со снижением факторов внешней среды. От данных факторов зависит повышение конкурентоспособности на рынке жилья. В данных условиях внешних факторов организации максимально полно используют накопленный потенциал, адаптируясь к условиям внешней среды для последующей разработки мероприятий по повышению эффективности деятельности [9–11].
Предметная и технологическая специализации направлены на учет, как правило, факторов внутренней среды и на удовлетворение интересов потребителей. Они направлены на улучшение объемно-планировочных решений, формирование привлекательной инфраструктуры, транспортной доступности и тем самым влияют на клиентоориентированность [10; 12].
Таким образом, правильный учет значимых факторов, обеспечение рационального сочетания всех видов специализаций позволит существенно повысить конкурентоспособность и клиентоориентированность предприятий ИСК с учетом разработки соответствующих принципов, которые могут быть использованы органами управления при разработке различных мероприятий в области эффективной организации и управления предприятиями ИСК.
Разработанная в исследовании модель позволила дать оценку развития предприятий инвестиционно-строительного комплекса на рынке жилья, и разработать направления повышения эффективности деятельности предприятий инвестиционно-строительного комплекса на рынке жилья, а также необходимые практические организационно-экономические направления (таблица 2), и произвести корректировку существующих планов развития.
Цель реализации мероприятий этих механизмов – вывод предприятий ИСК на рубеж финансового равновесия и обеспечение их финансовой устойчивости.
Заключение
Использование всех видов специализаций в деятельности организаций строительного комплекса позволяет обеспечить условия, в которых все виды специализаций будут функционировать в наиболее оптимальном сочетании в пространстве и во времени, с учетом воздействия внутренних и внешних факторов. При данных условиях клиентоориентированность и конкурентоспособность будут максимальными, что будет влиять на сокращение стоимости конечной строительной продукции, а также повысит эффективность предприятия и позволит повышать качество готовой продукции. Совокупность данных факторов обеспечит равновесие на рынке жилья и повысит эффективность деятельности предприятий инвестиционно-строительного комплекса.
ональный исследовательский Московский государственный университет. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательский дом АСВ : Просветитель. – Ч. 1 : Организация строительства. – 2018. – 643 с.
3. Сервейинг : организация, экспертиза, управление : учебник : в 3 ч. / С. А. Болотин ; В. В. Бредихин, М. Ю. Викторов и др. ; под общ. науч. ред. проф. П. Г. Грабового ; Национальный исследовательский Московский государственный универси-

- тет. – Москва : Издательский дом АСВ : Просветитель. – Ч. 3. Организационно-технический модуль. – 2021. – 584 с.
4. Хованская, Г. П. Современное состояние и проблемные задачи в сфере регулирования жилищной политики и ЖКХ / Г. П. Хованская, Н. В. Самосудова // Недвижимость: экономика, управление. – 2018. – № 3. – С. 6–11.
5. Grabovyy, P. Digitalization of the world economy – A factor in the development of society / P. Grabovyy. – DOI 10.1051/e3sconf/201913504058 // E3S Web of Conferences : Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITESE 2019, Divnomorskoe Village, 04.12.2019. – Divnomorskoe Village : EDP Sciences, 2019. – Vol. 135, iss. 04058.
6. Круи, М. Основы риск-менеджмента : учебное пособие / М. Круи, Д. Галай, Р. Марк ; науч. ред. В. Б. Минасян. – Москва : ЮРАЙТ, 2015. – 389 с.
7. Features of the use of information modeling technology in the activities of the construction complex enterprises in risk conditions / B. Khrustalev, P. Grabovyy, A. Kargin, K. Grabovyy // NEXO Revista Cientifica. – Vol. 35, № 03. – P. 777–786. – URL: <https://www.lamjol.info/index.php/NEXO/article/view/15007/17688>.
- REFERENCES**
1. Asaul, A. N. Specializatsiya v stroitel'stve kak ehkonomicheskoe yavlenie v ramkakh institutsional'noj teorii [Specialization in construction as an economic phenomenon within the framework of institutional theory] / A. N. Asaul, A. V. Lobanov // Ehkonomika stroitel'stva [Economics of construction]. – 2014. – № 2 (26). – P. 12–24.
2. Organizatsiya stroitel'stva i development nedvizhimosti : учебник : v dvukh chastyakh [Organization of construction and real estate development: textbook: in two parts] / A. A. Benuzh, A. K. Bizhanov, S. A. Bolotin i dr. ; pod obshh. nauch. red. prof. P. G. Grabovogo ; Natsional'nyj issledovatel'skij Moskovskij gosudarstvennyj universitet [National Research Moscow State University]. – 4-e izd., pererab. i dop. – Moscow : Izdatel'skij dom ASV : Prosvetitel'. – Ch. 1 : Organizatsiya stroitel'stva [Part 1 : Organization of construction]. – 2018. – 643 p.
3. Servejning : organizatsiya, ehkspertiza, upravlenie : учебник : v 3 ch. [Servicing: organization, expertise, management : textbook : in 3 parts] / S. A. Bolotin ; V. V. Bredikhin, M. Y. Viktorov i dr. ; pod obshh. nauch. red. prof. P. G. Grabovogo ; Natsional'nyj issledovatel'skij Moskovskij gosudarstvennyj universitet [National Research Moscow State University]. – Moscow : Izdatel'skij dom ASV : Prosvetitel'. – Ch. 3. Organizatsionno-tekhnicheskij modul' [Part 3. Organizational and technical module]. – 2021. – 584 p.
4. Khovanskaya, G. P. Sovremennoe sostoyanie i problemnye zadachi v sfere regulirovaniya zhilishchnoj politiki i ZhKH [The current state and problematic tasks in the field of regulation of housing policy and housing and communal services] / G. P. Khovanskaya, N. V. Samosudova // Nedvizhimost': ehkonomika, upravlenie [Real estate: economics, management]. – 2018. – № 3. – P. 6–11.
5. Grabovyy, P. Digitalization of the world economy – A factor in the development of society / P. Grabovyy. – DOI 10.1051/e3sconf/201913504058 // E3S Web of Conferences : Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITESE 2019, Divnomorskoe Village, 04.12.2019. – Divnomorskoe Village : EDP Sciences, 2019. – Vol. 135, iss. 04058.
8. Царенко, И. В. Отраслевая специализация регионов России как индикатор устойчивого экономического развития / И. В. Царенко // Вестник ОрелГИЭТ. – 2022. – № 2 (60). – С. 27–31.
9. Чудайкина, Т. Н. Особенности отраслевой и технологической специализаций в строительстве / Т. Н. Чудайкина, С. Ю. Глазкова // Проблемы научной мысли. – 2020. – Т. 4, № 5.
10. Чудайкина, Т. Н. Разработка направлений повышения конкурентных преимуществ предприятий инвестиционно-строительного комплекса / Т. Н. Чудайкина, Н. А. Шлапакова // Приднепровский научный вестник. – 2020. – № 4.
11. Маргарян, Н. В. Специализация и рациональное использование материальных ресурсов для достижения эффективной организации производства / Н. В. Маргарян // Вестник науки. – 2020. – Т. 5, № 11 (32). – С. 122–124.
12. Авдеевская, Е. А. Специализация региональных социально-экономических систем Российской Федерации / Е. А. Авдеевская, Д. А. Сергеев, П. А. Карпенко // Экономические науки. – 2020. – № 193. – С. 9–14.
6. Krui, M. Osnovy risk-menedzhmenta : учебное posobie [Fundamentals of Risk Management : textbook] / M. Krui, D. Galaj, R. Mark ; nauch. red. V. B. Minasyan. – Moscow : YURAYT, 2015. – 389 p.
7. Features of the use of information modeling technology in the activities of the construction complex enterprises in risk conditions / B. Khrustalev, P. Grabovyy, A. Kargin, K. Grabovyy // NEXO Revista Cientifica. – Vol. 35, № 03. – P. 777–786. – URL: <https://www.lamjol.info/index.php/NEXO/article/view/15007/17688>.
8. Tsarenko, I. V. Otraselevaya specializatsiya regionov Rossii kak indikator ustojchivogo ehkonomicheskogo razvitiya [Branch specialization of Russian regions as an indicator of sustainable economic development] / I. V. Tsarenko // Vestnik OreLGIEHT. [Bulletin of OreLGIEHT]. – 2022. – № 2 (60). – P. 27–31.
9. Chudaikina, T. N. Osobennosti otraslevoj i tekhnologicheskoy specializacij v stroitel'stve, [Features of industry and technological specializations in construction] / T. N. Chudaikina, S. Y. Glazkova // Problemy nauchnoj mysli [Problems of scientific thought]. – 2020. – Т. 4, № 5.
10. Chudaikina, T. N. Razrabotka napravlenij povysheniya konkurentnykh preimushchestv predpriyatij investitsionno-stroitel'nogo kompleksa [Development of directions for increasing the competitive advantages of enterprises of the investment and construction complex] / T. N. Chudaikina, N. A. Shlapakova // Pridneprovskij nauchnyj vestnik [Pridneprovsky Scientific Bulletin]. – 2020. – № 4.
11. Margaryan, N. V. Specializatsiya i racional'noe ispol'zovanie material'nykh resursov dlya dostizheniya effektivnoj organizatsii proizvodstva, [Specialization and rational use of material resources to achieve effective organization of production] / N. V. Margaryan // Vestnik nauki [Bulletin of Science]. – 2020. – Vol. 5, № 11 (32). – P. 122–124.
12. Avduevskaya, E. A. Specializatsiya regional'nykh sotsial'no-ehkonomicheskikh sistem Rossijskoj Federatsii, [Specialization of regional socio-economic systems of the Russian Federation] / E. A. Avduevskaya, D. A. Sergeev, P. A. Karpenko // Ehkonomicheskie nauki [Economic Sciences]. – 2020. – № 193. – P. 9–14.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Статья или ее части не должны быть ранее опубликованы или находиться на рассмотрении в других изданиях. Автор несет ответственность за соответствие информации, содержащейся в представленных документах.
2. Статьи должны содержать результаты научных исследований, аналитику, описание проектов и др. в области технического регулирования в строительстве.
3. Статью необходимо представить в электронном виде.
4. Перед названием статьи должен быть указан индекс УДК.
5. Название статьи, Ф. И. О. авторов, аннотацию, ключевые слова, название таблиц и иллюстраций следует приводить на русском и английском языках.
6. На отдельном листе нужно представить сведения об авторах: фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, звание, должность, место работы, почтовый адрес, телефон и адрес электронной почты.
7. Объем рукописи не должен превышать 20 страниц (файл в формате .doc в MS Word).
8. Текст статьи должен быть напечатан следующим образом: с подрисуночными подписями, номерами рисунков и необходимыми пояснениями к ним; шрифт – Times New Roman, 12 пт., межстрочный интервал – полуторный.
9. Рисунки с подрисуночными подписями и номерами следует направлять отдельными файлами в формате .jpeg (разрешение не менее 300 dpi). Имя файла должно соответствовать наименованию или номеру рисунка в тексте статьи.
10. Библиографический список на русском и английском языках должен включать только литературу, цитируемую в статье. Ссылки на источники следует приводить в тексте в квадратных скобках. Список оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.5 - 2008.

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 Бабушкина Д. Д.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор)

**Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 – 75299
от 25.03.2019 ЭЛ № ФС 77 – 75165 от 22.02.2019**

Цитирование, частичное или полное воспроизведение материалов
только с согласия редакции

Авторы опубликованных материалов несут ответственность
за достоверность приведенных в статьях сведений, точность данных
по цитируемой литературе и за использование в статьях данных,
не подлежащих открытой публикации

Редакция может опубликовать статьи в порядке обсуждения,
не разделяя точку зрения автора

Редакция не несет ответственности за содержание рекламы
и объявлений

СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО 4 (44) 2022
Дата публикации: 30 декабря 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, Сушеvский вал,
д. 16, стр. 5, этаж 4, кабинет 405
сайт издательства: www.mosnec.com

© Редакция научно-технического журнала «Строительное производство», 2022