

ISSN 2658-5340 (Print)



# СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издаётся с 2010 г.

CONSTRUCTION  
PRODUCTION

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

№2  
2024

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

Журнал включён в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)





**Лapidус  
Азари́й Абрамович**

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

#### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**АБРАМОВ И. Л.** – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
**АШИХМИН О. В.** – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»  
**АШРАПОВ А. Х.** – канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»  
**ГУРЬЕВА В. А.** – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»  
**ЗЕЛЕНЦОВ Л. Б.** – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»  
**ИБРАГИМОВ Р. А.** – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»  
**ИГНАТЬЕВ А. А.** – канд. техн. наук, доцент, ФАУ «РОСДОРНИИ», Управление развития отраслевого образования  
**КАЗАКОВ Д. А.** – канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
**КОНДРАТЬЕВ В. А.** – канд. техн. наук, доцент, Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт им. Мирзо Улугбека, Узбекистан  
**КОРОБКОВ С. В.** – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»  
**КРЮКОВ К. М.** – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»  
**КУЗИНА О. Н.** – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
**КУЗЬМИНА Т. К.** – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
**ЛЕОНОВИЧ С. Н.** – д-р техн. наук, профессор, Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь  
**ЛОГАНИНА В. И.** – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
**МАИЛЯН Л. Р.** – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»  
**МАЛАЕВ В. Ф.** – канд. техн. наук, доцент, Ливанский Университет, факультет Искусств и Архитектуры, Ливанская Республика  
**МАКАРОВ К. Н.** – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Сочинский государственный университет»  
**МЕНЕЙЛЮК А. И.** – д-р техн. наук, профессор, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Республика Украина  
**МОЛОДИН В. В.** – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет» (Сибстрин)  
**МОНДРУС В. Л.** – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
**МОРОЗЕНКО А. А.** – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
**ОЛЕЙНИК П. П.** – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
**ПИКУС Г. А.** – канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет»  
**ПОПОВА О. Н.** – канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова»  
**САБИТОВ Л. С.** – д-р техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
**СУЛЕЙМАНОВА Л. А.** – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова»  
**ТАМРАЗЯН А. Г.** – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
**ТЕР-МАТИРОСЯН А. З.** – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
**ФЕДОСОВ С. В.** – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
**ФЕДЮК Р. С.** – д-р техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»  
**ФОМИН Н. И.** – канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»  
**ХАВИН Д. В.** – д-р эконом. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
**ЦОПА Н. В.** – д-р эконом. наук, профессор, ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Академия строительства и архитектуры  
**ЭКЛЕР Н. А.** – канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова»  
**ЮДИНА А. Ф.** – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»  
**ЮСУПОВ Х. И.** – канд. техн. наук, профессор, Ташкентский архитектурно-строительный университет, Узбекистан

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ БЮДЖЕТА ПРОЕКТА НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА</b> Лapidус А. А., Степаев П. А. . . . . .	3
<b>ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОТТЯЖЕК КОНСТРУКЦИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И МЕТОДИК ПОДБОРА ИХ СЕЧЕНИЙ</b> Сабитов Л. С., Абдуллазянов Э. Ю., Токарева Л. А., Хусаинов Р. Д., Айзатуллин М. М. . . . . .	8
<b>ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ</b> Кузьмина Т. К., Берник Н. А., Егоров Д. А. . . . . .	13
<b>СОВРЕМЕННЫЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ СИСТЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ</b> Дорошин И. Н., Коблюк Д. А. . . . . .	17
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ</b> Олейник П. П., Глуховский С. В., Левиков М. А., Романов В. А. . . . . .	21
<b>ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ОБЪЕКТОВ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ</b> Кузьмина Т. К., Абрегов М. А., Бабушкина Д. Д., Тарханян Т. А. . . . . .	27
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОДУЛЕЙ</b> Амбарцумян С. А., Колпаков А. М., Мочалин Д. Е., Събева Ю. А. . . . . .	36
<b>РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ КАК ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ЗДАНИЙ</b> Опарина Л. А., Гневанов М. В. . . . . .	45
<b>УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ АВТОДОРОГ НА ЭТАПЕ СТРОИТЕЛЬСТВА С МОНИТОРИНГОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ AR-УСТРОЙСТВАМИ</b> Разяпов Р. В., Павлов С. Ю. . . . . .	51
<b>ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ</b> Кузьмина Т. К., Айдаров Б. А., Сергеев А. Д., Егоров Д. А. . . . . .	56
<b>ПРАКТИЧНОСТЬ МОДУЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА: ОПЫТ ПРОШЛОГО И ПЕРСПЕКТИВЫ</b> Амбарцумян С. А., Мочалин Д. Е., Събева Ю. А. . . . . .	61
<b>ФАКТОРЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКЛАДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ: КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ</b> <i>Построение концептуальной системы факторов производительности труда при строительстве складов</i> Лapidус А. А., Кардава А. М. . . . . .	65

<b>ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПУТЬ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ ИЗ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОБЪЕМНЫХ БЛОКОВ</b> Олейник П. П., Пахомова Л. А. . . . .	72
<b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В СИСТЕМЕ «НАГРЕТЫЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ ПРОВОДНИК – НЕПОДВИЖНАЯ КОМПОЗИТНАЯ СРЕДА»</b> Федосов С. В., Исаченко С. Л. . . . .	77
<b>АНАЛИЗ КРИТИЧНОСТИ ДЕФЕКТОВ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ</b> Байбурин А. Х., Белгородский Е. А., Самарин А. Ю. . . . .	83
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ПОДГОТОВЛЕННОЙ С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ</b> Синенко С. А., Никитин А. Р. . . . .	88
<b>ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ МЕХАНИЗАЦИИ НА ТРУДОЁМКОСТЬ РАБОТ ПО КАПИТАЛЬНОМУ РЕМОНТУ В РОССИИ И ИСПАНИИ</b> Фатуллаев Р. С., Боровкова А. Е., Седов Д. С. . . . .	94
<b>ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО АРБОЛИТА НА ОСНОВЕ БИОМАССЫ ДЛЯ РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАН (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ЧАД)</b> Лapidус А. А., Федосов С. В., Булгаков Б. И., Петрухин А. Б., Кеневей Э. . . . .	100

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_3

## Исследование факторов, влияющих на формирование бюджета проекта на этапах жизненного цикла объекта капитального строительства

Research Factors that Influence on the Formation of the Project Budget at the Stages of the Life Cycle of a Capital Construction Project

**Лapidус Азарий Абрамович**

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

Lapidus Azariy Abramovich

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

**Степаев Пётр Анатольевич**

Аспирант кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26; директор Частного учреждения Госкорпорации «Росатом» «Отраслевой центр капитального строительства», Россия, 117485, Москва, ДЦ «Кругозор», улица Обручева, 30/1, строение 1, PASTepaev@rosatom.ru

Stepaev Petr Anatolievich

Postgraduate student of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavlshossee, 26; Director General at Centre of Expertise for Major Construction Projects, Private Enterprise of the Rosatom State Atomic Energy Corporation, Russia, 117861, Moscow, ulitsa Obrucheva, 30/1, stroenie 1, PASTepaev@rosatom.ru

**Аннотация.** Реализация крупномасштабного строительного проекта является сложным и многоуровневым процессом, который на каждом этапе жизненного цикла имеет свои особенности и требующие внимания аспекты, контроль которых обеспечивает функция «управления проектом». Данный процесс включает взаимодействие участников строительного проекта, вопросы обеспечения трудовыми и материальными ресурсами, обеспечение надлежащего качества и безопасности готового строительного объекта.

Одним из наиболее важных и первоочередных элементов управления проектом является определение бюджета реализации проекта (предельной стоимости проекта). Накопленный многолетний опыт реализации проектов от концептуальных предложений до ввода в эксплуатацию отражает значимость своевременной, обоснованной и объективной оценки стоимости реализации проекта, которая напрямую оказывает влияние на каждый этап жизненного цикла объекта капитального стро-

**Abstract.** The implementation of a large-scale construction project is a complex and multi-level process, which at each stage of the life cycle has its own characteristics and aspects requiring attention, the control of which is ensured by the «project management» function. This process includes interaction between participants in the construction project, issues of providing labor and material resources, ensuring the proper quality and safety of the finished construction project.

One of the most important and primary elements of project management is the determination of the project implementation budget (the marginal cost of the project). The accumulated many years of experience in implementing projects from conceptual proposals to commissioning reflects the importance of timely, reasonable and objective assessment of the cost of project implementation, which directly affects each stage of the life cycle of a

**Введение**

Развитие городских территорий и площадей, увеличение количества возводимых объектов и рост экономи-

ительства.

Данное исследование посвящено определению факторов, оказывающих негативное влияние на формирование бюджета проекта, а следовательно, и на этапы реализации проекта в строительстве (в части проектных решений, контрактации, календарно-сетевого планирования и контроля реализации проекта). Влияние таких факторов ведёт к возникновению неопределённостей, отражающих неточность информации об условиях реализации проекта, осуществляемых затратах и достигаемых результатах. Предлагаемым в исследовании подходом к недопущению возникновения неопределённостей в части формирования бюджета проекта является установление предельной стоимости проекта по обоснованной расчётами максимальной оценке.

**Ключевые слова:** управление проектом, бюджет проекта, жизненный цикл, объекты капитального строительства, планирование, неопределённость.

capital construction project.

This study is devoted to identifying factors that have a negative impact on the formation of the project budget, and, consequently, on the stages of project implementation in construction (in terms of design decisions, contracting, calendar and network planning and project implementation control). The influence of such factors leads to the emergence of uncertainties, reflecting the inaccuracy of information about the conditions of the project, the costs incurred and the results achieved. The approach proposed in the study to avoiding the emergence of uncertainties in terms of project budgeting is to establish the maximum cost of the project based on the maximum estimate justified by calculations.

**Keywords:** project management, project budget, life cycle, capital construction projects, planning, uncertainty.

ческих показателей строительной отрасли непрерывно связаны с увеличением количества городского населения,





Рис. 1. Этапы реализации проекта в строительстве  
Fig. 1. Stages of project implementation in construction

реализуемыми глобальными задачами и целями, поставленными перед государством.

Также строительство как отдельная, одна из наиболее значимых, самостоятельная отрасль экономики Российской Федерации определяет и задаёт темп её развития, обеспечивает занятость населения и предоставляет комфортные условия для жизни, работы и деятельности населения страны [1].

Важнейшим направлением в реализации и возведении строительного объекта является управление проектом. Согласно [2], «управление проектом – это планирование, организация и контроль трудовых, финансовых и материально-технических ресурсов проекта, направленные на эффективное достижение целей проекта». Этапы реализации проекта в строительстве представлены на рисунке 1.

Финансовым ресурсом строительного проекта является его бюджетирование, а связующим звеном между бюджетированием и управлением проектом выступает бюджет проекта (предельная стоимость проекта) [3]. Определение предельной стоимости проекта является одним из этапов планирования проекта в строительстве [4].

Бюджет проекта определяет «общую сумму финансовых средств, распределённых по статьям и временным периодам» [2]. В процессе формирования бюджета проекта необходимо проводить учёт значительного количества характеристик и особенностей планируемого количества реализации проекта в условиях поставленных задач, возможных изменений и возникновения рисков. Исходя из [4, рис. В.1] отмечено, что формирование бюджета происходит на каждом этапе жизненного цикла реализации проекта. При планировании бюджета проекта в строительстве учитывается расчёт стоимости планируемых работ и услуг; проводится определение источников финансирования; контролируются документы, связанные с оплатой за выполненные объёмы работ; производится своевременная оплата работ по договорам; определяются изменения стоимости проекта.

Одним из ключевых показателей эффективности и результатов проекта в строительстве является своевременное окончание проекта в рамках запланированного

бюджета [5–6]. С целью исключения превышения установленных пределов бюджета проекта необходимо непрерывно контролировать и управлять стоимостью строительного проекта. Предельная стоимость проекта на каждом этапе жизненного цикла объекта капитального строительства подвержена изменениям вследствие влияния различных сторонних (санкционная составляющая современной геополитики, инфляция) и внутрипроцессных (ошибки, допущенные в проектной документации, нарушение технологии производства работ) причин.

Минимизация таких изменений и эффективное управление стоимостью проекта наряду с обеспечением безопасности и высокого уровня качества готовой строительной продукции являются важной задачей для всех участников инвестиционно-строительных проектов, особенно для проектов, финансирование которых планируется за счёт привлечения бюджетных средств.

Таким образом, целью настоящего исследования является определение существующих на сегодняшний день значимых факторов, оказывающих негативное влияние на формирование бюджета проекта, которые могут повлечь за собой изменения показателей проекта в части продолжительности его реализации, качества строительства и планируемых показателей, установленных для различных этапов реализации проекта.

#### Материалы и методы

С целью определения факторов, оказывающих негативное влияние на формирование бюджета проекта, был проведён анализ, позволивший отразить текущее состояние исследуемой области, на основе существующих исследований, нормативно-технической документации [2; 4] и накопленного опыта управления проектами.

Согласно [2], процесс планирования бюджета проекта заключается в определении порядка и объёма обеспечения проекта финансовыми ресурсами. Выходными показателями данного процесса являются показатели, приведённые на рисунке 2.

Исследования определения финансовой части реализации проектов представлены в работах Т. Н. Седаш [7], В. Н. Лисица [8], а проблематика ценообразования в строительной отрасли рассмотрена в научных трудах И. Н. По-

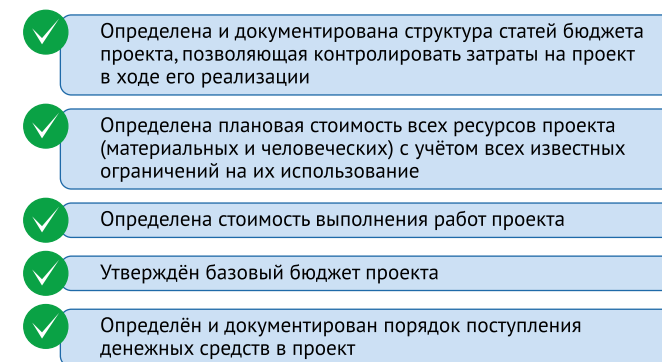


Рис. 2. Выходные показатели процесса планирования бюджета проекта

Fig. 2. Output indicators of the project budget planning process

ловцева [9], Д. Б. Лаврентьева [10]. На основе анализа было выявлено, что ключевые вопросы в части несовершенств ценообразования связаны с неактуальной сметно-нормативной базой ввиду быстрых темпов развития и внедрения новых методов и технологий строительства и недостаточностью квалифицированных специалистов сметного дела. Однако отсутствуют исследования о тех несовершенствах данного процесса, которые имеют непосредственное влияние на управление стоимостью проекта на различных этапах жизненного цикла объекта.

Также в исследовании был применён системный подход, позволивший представить процесс определения бюджета проекта как часть сложной системы управления крупномасштабными строительными проектами [11], который позволяет учесть существующие в системе взаимосвязи, структурные части и обеспечить в будущем способность системы функционировать без превышений или выходов за рамки установленных показателей проекта [12–14].

#### Результаты

Основываясь на проведённом анализе и собственном опыте в реализации крупномасштабных строительных проектов, авторы настоящей статьи пришли к выводу, что определение предельной стоимости проекта происходит по минимальным и часто заниженным показателям стоимости проекта, что приводит к существенным отклонениям в части характеристик и параметров реализации проекта строительства от первоначально заявленных в рамках утверждённого бюджета проекта. Также искусственно создаваемая неопределённость в технических деталях проекта, таких как состав оборудования, техническая компоновка, применяемые материалы и др., тоже ведёт к увеличению предельной стоимости проекта (бюджета проекта).

Сознательное занижение стоимости сооружения объекта капитального строительства представляет собой желание продемонстрировать инвестору проекта максимально привлекательные экономические характеристики на этапе принятия решения о реализации проекта. В дальнейшем, при условии первоначальных затрат, инвестор оказывается в ситуации навязанного выбора: либо остановить реализацию проекта, понеся убытки в сумме затрат начального периода, либо продолжить с некоторым удорожанием и/или изменением технико-экономических характеристик объекта.

Как правило, первоначальное занижение стоимости проекта производится на существенную величину, порядок которой определяется длительностью сооружения

проекта и эмпирически оценивается в диапазоне 5–10 % на каждый год сооружения. Можно отметить, что данный диапазон сопоставим с инфляционными ожиданиями, что позволяет предположить подмену понятия стоимости проекта в ценах соответствующих лет (фактических сумм финансирования по годам) понятием стоимости, приведённой к моменту его начала.

Таким образом, для проекта, сооружение которого запланировано на 5 лет, первоначальное заведомое занижение стоимости составляет порядка 25–50 % без учёта иных факторов и рисков. Этот факт характерен для большинства проектов независимо от страны, в которой планируется сооружение объекта, и периода реализации. Дополнительным фактором, определяющим увеличение доли таких проектов, является влияние первоначальной стоимости проекта на вероятность принятия положительного решения об открытии и старте проекта. Получается, что конкуренцию за инвестиционный ресурс выигрывают в подавляющем большинстве случаев проекты с заниженной стоимостью, что накапливается в командах управления проектами как «положительный» опыт, передаваемый на последующие проекты. Это классический пример отрицательного отбора, свидетельствующего о существующих недостатках системы принятия решений на этапах жизненного цикла объекта капитального строительства.

На основании вышеизложенного, авторы исследования выделяют следующие факторы, которые оказывают негативное влияние на формирование бюджета проекта и задают отрицательную тенденцию к появлению неопределённостей в части оценки реализации проекта, в отношении целей проекта и расставления приоритетов, а также в отношениях между участниками строительства:

1. Установление заведомо минимальной стоимости проекта с целью формирования инвестиционной привлекательности проекта;
2. Специальное занижение ряда стоимостных показателей проекта;
3. Искусственно создаваемая неопределённость в технических показателях проекта;
4. Рост количества компаний, имеющих в своём портфеле проектов проекты с заниженными показателями стоимости.

#### Влияние факторов на этапы жизненного цикла при реализации проектов

1. Занижение стоимости на первоначальном этапе жизненного цикла необоснованно относится к несущественным факторам риска, которые не влекут за собой каких-либо последствий в отношении тех, кто принимает подобные решения. Однако, если рассмотреть последующие этапы жизненного цикла детальнее, то можно убедиться в том, как деформируются процессы управления проектом после начала реализации проекта с изначально представленными в ложном виде параметрами.
2. Далее неизбежными будут являться сложности, связанные с проектированием, так как проектные решения будут определены исходя из заданных условий, а именно заниженных показателей бюджета проекта. Однако всё должно быть наоборот: стоимость проекта должна быть определена исходя из принятых проектных решений на данном этапе.
3. Следствием из вышеуказанных аспектов будут являться сложности с контрактацией, так как нельзя



законтрактовать весь объём работ ввиду отсутствия требуемого для этого финансирования в целях реализации проекта в установленные сроки.

4. Также возникают сложности, связанные с необходимостью исполнения утверждённых календарно-сетевых графиков проекта. В условиях, когда не законтирован полный объём требуемых для реализации проекта работ и поставок, а процесс проектирования осуществляется от «обратного», возникает производственная необходимость выполнения как минимум какой-либо части работ, приводящая к бесплановой и частичной контрактации, которая проводится в заведомо неопределённых условиях, а риски перекладываются на подрядчиков, которые закладывают их с запасом в стоимость контракта. Команда управления проектом вынуждена управлять процессом реализации проекта в таком направлении, так как отставание от календарно-сетевого графика подлежит постоянному контролю со стороны как непосредственных руководителей, так и заказчиков проекта.

5. При вышеописанных условиях возникает необходимость вести двойной учёт различных показателей проекта. Отставания от утверждённых календарных графиков, завышение стоимости в части работ, проектирование «от обратного», контроль по заведомо неточным показателям проекта приводят к разрыву между реальными показателями проекта и периодическими отчётами по заведомо заниженным показателям предельной стоимости проекта. Поэтому часто применяемым подходом является ведение двойного учёта по всему спектру параметров проекта. Отрицательными показателями ведения двойного учёта являются: постоянная корректировка сроков, стоимости и состава проекта.

Описанные признаки являются следствием изначально заниженных стоимостных показателей проекта, которые влекут за собой значимые изменения в процессе управления проектом. Безусловно, ряд изменений и корректировок будет неизбежен в процессе реализации любого строительного проекта, но эмпирически очевидно, что масштаб таких изменений не должен превышать десятков процентов от стоимости проекта за раз и по нескольку раз в течение жизненного цикла проекта.

#### Обсуждение

Указанные отрицательные показатели влияния неопределённостей в части бюджета проекта на различных этапах жизненного цикла реализации проекта являются системными, и оказать влияние на них напрямую практически невозможно.

Однако в качестве способа снижения влияния таких неопределённостей можно предложить установление предельной стоимости проекта по обоснованной расчётами максимальной оценке. Во-первых, применение такого подхода ставит на место роль проектирования как ведущего процесса формирования полного состава проекта, сокращает количество промежуточных итераций, переводящих проект в реализуемый и удовлетворяющий

заказчика. Во-вторых, на основе проектно-сметной документации высокой степени готовности уже на подготовительном этапе есть возможность заключения договора с поставщиками оборудования и на выполнение всего комплекса строительно-монтажных работ с детализацией. В-третьих, при таком подходе календарный план становится единым инструментом для планирования и контроля жизненного цикла проекта для всех участников реализации проекта, а также эффективным инструментом принятия своевременных организационных решений по проекту. В-четвёртых, появляется возможность вести единый учёт по проекту, так как величина отклонений будет находиться в приемлемом диапазоне, контролируемом командой управления проектом, и прямая эскалация возникающих проблем не будет нести рисков для проекта в целом. Также в настоящее время это может позволить привести к сокращению временных затрат на принятие оперативных организационных и технических решений в части возникающих вопросов.

#### Заключение

При реализации крупномасштабных строительных проектов процесс управления проектом является неотъемлемой частью, которая заключается в организационных аспектах, планировании и контроле различных охватывающих проект ресурсов, направленных на достижение целей проекта.

Одним из таких ресурсов является бюджет проекта, который формируется с целью планирования реализации проектов в установленные сроки и в рамках запланированного бюджета.

Однако современный опыт управления строительными проектами указывает, что в процессе формирования предельной стоимости проекта имеют место быть негативно влияющие факторы, которые создают неопределённость формируемого бюджета проекта и ведут к последовательному воздействию в сторону снижения различных показателей и характеристик проекта с каждым последующим этапом жизненного цикла. Главные, по мнению авторов настоящей статьи, факторы, оказывающие влияние на предельную стоимость проекта, связаны с заведомо установленными заниженными показателями проекта, установлением минимальной стоимости проекта, искусственно создаваемой неопределённостью в технических показателях проекта, увеличением числа компаний, имеющих в своем портфеле проектов проекты с заниженными показателями стоимости. В основном целью такого отрицательного подхода является создание ложной финансовой привлекательности строительных проектов, которая в дальнейшем негативно скажется на процессе управления проектом и будет вести к прогрессивному снижению различных показателей проекта с каждым последующим этапом его реализации.

С целью снижения влияния неопределённостей предложено исследование установления предельной стоимости проекта по обоснованной расчётами максимальной оценке, которая позволит избежать описанных в статье негативных последствий на различных этапах реализации проекта.

вительства Российской Федерации от 31.10.2022 № 3268-р (ред. от 29.11.2023) // КонсультантПлюс : [справочно-правовая система]. – Москва, 2023. – 5 с. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_430333/?ysclid=lryzlvob2955940577](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_430333/?ysclid=lryzlvob2955940577).

yvob2955940577.

2. Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом : ГОСТ Р 54869-2011 : Национальный стандарт Российской Федерации : утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22.12.2011 № 1582-ст // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [информационно-правовой портал]. – Москва : Стандартинформ 2019. – 11 с. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200089604>.
3. Баясникова, И. Э. Проблемы организации процесса бюджетирования в проектно-ориентированных компаниях / И. Э. Баясникова // Экономика и право. – 2017. – № 1 (71). – С. 68–72.
4. Управление проектом в строительстве. Деятельность управляющего проектом (технического заказчика) : ГОСТ Р 57363-2023 : Национальный стандарт Российской Федерации : утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16.12.2016 № 2043-ст // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [информационно-правовой портал]. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 150 с. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1302614783>.
5. Лapidus, А. А. Системно-комплексный метод реализации строительных проектов / А. А. Лapidus, И. Л. Абрамов // Наука и бизнес: пути развития. – Москва : ТМБпринт. – № 10 (76). – 2017. – С. 39–42.
6. Лapidus, А. А. Оценка организационно-технологического потенциала строительного проекта, формируемого на основе информационных потоков / А. А. Лapidus, А. О. Фельдман // Вестник МГСУ. – 2015. – № 11. – С. 193–201.
7. Тютюкина, Е. Б. Финансовые аспекты реализации инвестиционных проектов в рамках соглашений о защите и поощрении капиталных вложений / Е. Б. Тютюкина, Т. Н. Седаш. – DOI 10.24891/fc.28.10.2225 // Финансы и кредит. –

#### REFERENCES

1. Strategiya razvitiya stroitel'noj otrasli i zhilishnokommunal'nogo hozyajstva Rossijskoj Federatsii na period do 2030 goda s prognozom do 2035 goda [Strategy for the development of the construction industry and housing and communal services of the Russian Federation for the period up to 2030 with a forecast up to 2035] : Rasporяzhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federatsii ot 31.10.2022 № 3268-r (red. ot 29.11.2023) [Decree of the Government of the Russian Federation dated 10/31/2022 No. 3268-r (ed. from 11/29/2023)] // ConsultantPlus : spravochno-pravovaya sistema [legal reference system]. – Moscow, 2023. – 5 p. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_430333/?ysclid=lryzlvob2955940577](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_430333/?ysclid=lryzlvob2955940577).
2. Proektnyj menedzhment. Trebovaniya k upravleniyu proektom [Project management. Project management requirements] : ГОСТ R 54869-2011 : Natsional'nyj standart Rossijskoj Federatsii [ГОСТ R 54869-2011 : The national standard of the Russian Federation] : utverzhdyon i vvedyon v dejstvie Prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 22.12.2011 № 1582-st [approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated 12/22/2011 No. 1582-st] // Ehlektronnyj fond pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov : informatsionno-pravovoj portal [Electronic fund of legal and regulatory documents : legal information portal]. – Moscow : Standartinform, 2019. – 11 p. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200089604>.
3. Balyasnikova, E. I. Problemy organizatsii protsessа byudzhetrovaniya v proektno-orientirovannykh kompaniyakh [Problems of organization of the budgeting process in project-oriented companies] / E. I. Balyasnikova // Ehkonomika i pravo [Economics and Law]. – 2017. – No. 1 (71). – Pp. 68–72.

2022. – Т. 28, № 10 (826). – С. 2225–2248.

8. Лисица, В. Н. Соглашение о защите и поощрении капиталовложений как вид публично-частного инвестиционного контракта / В. Н. Лисица. – DOI: 10.25205/2542-0410-2021-17-1-65-72 // Юридическая наука и практика. – 2021. – Т. 17, № 1. – С. 65–72.
9. Половцев, И. Н. Проблемы в области ценообразования строительной продукции в Российской Федерации / И. Н. Половцев // Universum: экономика и юриспруденция. – 2016. – № 6 (27). – URL: <http://7universum.com/ru/economy/archive/item/3242>.
10. Лаврентьев, Д. Б. Реформирование системы сметного нормирования и ценообразования в строительстве в современных российских условиях / Д. Б. Лаврентьев // Молодой учёный. – 2017. – № 11 (145). – С. 229–231.
11. Лapidus, А. А. Организационно-технологическая платформа строительства / А. А. Лapidus. – DOI 10.22227/1997-0935.2022.4.516-524 // Вестник МГСУ. – 2022. – № 4 (44). – С. 516–524.
12. Tas, E. F. A building cost estimation model based on cost significant work packages / E. F. Tas, H. Yaman. – DOI 10.1108/09699980510600116 // Engineering, Construction and Architectural Management. – 2005. – Vol. 12, Iss. 3. – Pp. 251–263.
13. Li, X. K. The application of an ANP-Fuzzy comprehensive evaluation model to assess lean construction management performance / X. K. Li, X. M. Wang, L. Lei. – DOI 10.1108/ECAM 01-2019-0020 // Engineering, Construction and Architectural Management. – 2020. – Vol. 27, Iss. 2. – Pp. 356–384.
14. Application of stacking ensemble machine learning algorithm in predicting the cost of highway construction projects / M. G. Meharie, W. J. Mengesha, Z. A. Gariy, R. N. N. Mutuki. – DOI 10.1108/ECAM 02-2020-0128 // Engineering, Construction and Architectural Management. – 2022. – Vol. 29, Iss. 7. – Pp. 2836–2853.
4. Upravlenie proektom v stroitel'stve. Deyatel'nost' upravlyayushchego proektom (tekhnicheskogo zakazchika) [Project management in construction. Activity of the project manager (technical customer)] : ГОСТ R 57363-2023 : Natsional'nyj standart Rossijskoj Federatsii [ГОСТ R 57363-2023 : National standard of the Russian Federation] : utverzhdyon i vvedyon v dejstvie Prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 16.12.2016 № 2043-st [approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated 12/16/2016 No. 2043-st] // Ehlektronnyj fond pravovykh i normativnotekhnicheskikh dokumentov : informatsionno-pravovoj portal [Electronic fund of legal and regulatory documents : legal information portal]. – Moscow : Standartinform, 2019. – 15 p. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1302614783>.
5. Lapidus, А. А. Системно-комплексный метод реализации строительно-технологических проектов [System-integrated method of implementation of construction projects] / А. А. Лapidus, И. Л. Абрамов // Наука и бизнес: пути развития [Science and business: ways of development]. – Moscow : ТМБпринт. – 2017. – № 10 (76). – Pp. 39–42.
6. Lapidus, А. А. Оценка организационно-технологического потенциала строительного проекта, формируемого на основе информационных потоков [Assessment of the organizational and technological potential of a construction project, formed on the basis of information flows] / А. А. Лapidus, А. О. Фельдман // Вестник МГСУ [Bulletin of MGSU]. – 2015. – No. 11. – Pp. 193–201.
7. Tyutyukina, E. B. Finansovye aspekty realizatsii investitsionnykh proektov v ramkakh soglashenij o zashhite i pooshhrenii kapital'nykh vlozhenij [Financial aspects of the implementation of investment projects within the framework of agreements on the protection and promotion of capital in-

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года : Распоряжение Пра-



- vestments] / E. B. Tyutyukina, T. N. Sedash. – DOI 10.24891/ fc.28.10.2225 // *Finansy i kredit* [Finance and Credit]. – 2022. – Vol. 28, No. 10 (826). – Pp. 2225–2248.
8. Lisitsa, V. N. Soglashenie o zashchite i pooshhrenii kapitalov-lozhenij kak vid publichno-chastnogo investitsionnogo kontrakta [Agreement on the protection and promotion of capital investments as a type of public-private investment contract] / V. N. Lisitsa. – DOI 10.25205/2542-0410-2021-17-1-65-72 // *Yuridicheskaya nauka i praktika* [Legal Science and Practice]. – 2021. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 65–72.
  9. Polovtsev, I. N. Problemy v oblasti tsenoobrazovaniya stroitel'noj produktcii v Rossijskoj Federatsii [Issues in building product pricing in the Russian Federation] / I. N. Polovtsev // *Univer-sum: ehkonomika i yurisprudentsiya* [Universum: Economics and Law]. – 2016. – No. 6 (27). – URL: <http://7universum.com/ru/economy/archive/item/3242>.
  10. Lavrentiev, D. B. Reformirovanie sistemy smetnogo normirovaniya i tsenoobrazovaniya v stroitel'stve v sovremennykh rossijskikh usloviyakh [Reforming the system of estimated rationing and pricing in construction in modern Russian conditions] / D. B. Lavrentiev // *Molodoy uchenyj* [Young Scientist]. – 2017. – No. 11 (145). – Pp. 229–231.
  11. Lapidus, A. A. Organizatsionno-tekhnologicheskaya platforma stroitel'stva [Organizational and technological platform of construction] / A. A. Lapidus. – DOI 10.22227/1997-0935.2022.4.516-524 // *Vestnik MGSU* [Bulletin of the MGSU]. – 2022. – No. 4 (44). – Pp. 516–524.
  12. Tas, E. F. A building cost estimation model based on cost significant work packages / E. F. Tas, H. Yaman. – DOI 10.1108/09699980510600116 // *Engineering, Construction and Architectural Management*. – 2005. – Vol. 12, Iss. 3. – Pp. 251–263.
  13. Li, X. K. The application of an ANP-Fuzzy comprehensive evaluation model to assess lean construction management performance / X. K. Li, X. M. Wang, L. Lei. – DOI 10.1108/ECAM 01-2019-0020 // *Engineering, Construction and Architectural Management*. – 2020. – Vol. 27, Iss. 2. – Pp. 356–384.
  14. Application of stacking ensemble machine learning algorithm in predicting the cost of highway construction projects / M. G. Meharie, W. J. Mengesha, Z. A. Gariy, R. N. N. Mutuki. – DOI 10.1108/ECAM 02-2020-0128 // *Engineering, Construction and Architectural Management*. – 2022. – Vol. 29, Iss. 7. – Pp. 2836–2853.

УДК 624.042

DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_8

## Оценка несущей способности оттяжек конструкций энергетических объектов и методик подбора их сечений

Assessment of the Load-Bearing Capacity of the Braces of Structures of Energy Facilities and Methods for Selecting Their Sections

### Сабитов Линар Салиханович

Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Энергообеспечение предприятия, строительство зданий и сооружений», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (КГЭУ), Россия, 420066, Казань, улица Красносельская, 51, [sabitov-kgasu@mail.ru](mailto:sabitov-kgasu@mail.ru)

### Sabitov Linar Salikhzanovich

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises, Construction of Buildings and Structures, Kazan State Energy University (KSEU), Russia, 420066, Kazan, ulitsa Krasnoselskaya, 51, [sabitov-kgasu@mail.ru](mailto:sabitov-kgasu@mail.ru)

### Абдуллазянов Эдвард Юнусович

Кандидат технических наук, доцент, ректор ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (КГЭУ), Россия, 420066, Казань, улица Красносельская, 51, [kgeu@kgeu.ru](mailto:kgeu@kgeu.ru)

### Abdullazyanov Edward Yunusovich

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Rector of Kazan State Energy University (KSEU), Russia, 420066, Kazan, ulitsa Krasnoselskaya, 51, [kgeu@kgeu.ru](mailto:kgeu@kgeu.ru)

### Токарева Лия Андреевна

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

### Tokareva Liya Andreevna

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

### Хусаинов Ренат Дамирович

Аспирант кафедры «Энергообеспечение предприятия, строительство зданий и сооружений», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (КГЭУ), Россия, 420066, Казань, улица Красносельская, 51, [Rinat-00000@mail.ru](mailto:Rinat-00000@mail.ru)

### Khusainov Renat Damirovich

Postgraduate student of the Department of Energy Supply of Enterprises, Construction of Buildings and Structures, Kazan State Energy University (KSEU), Russia, 420066, Kazan, ulitsa Krasnoselskaya, 51, [Rinat-00000@mail.ru](mailto:Rinat-00000@mail.ru)

### Айзатуллин Марат Мансурович

Соискатель ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (КГЭУ), Россия, 420066, Казань, улица Красносельская, 51, [marat.ayzatullin@tatar.ru](mailto:marat.ayzatullin@tatar.ru)

© Сабитов Л. С., Абдуллазянов Э. Ю., Токарева Л. А., Хусаинов Р. Д., Айзатуллин М. М., 2024, Строительное производство № 2'2024

### Айзатуллин Марат Мансурович

Applicant of the Kazan State Energy University (KSEU), Russia, 420066, Kazan, ulitsa Krasnoselskaya, 51, [marat.ayzatullin@tatar.ru](mailto:marat.ayzatullin@tatar.ru)

**Аннотация.** Оттяжки – конструктивный несущий элемент, который широко используется в мачтовых сооружениях. Задача этого элемента – обеспечение общей устойчивости основного элемента – мачты – за счёт восприятия горизонтальных нагрузок, снижения её расчётной длины, обеспечение требуемой деформативности мачтовых сооружений. Оценка величин коэффициентов запаса канатных оттяжек мачтовых сооружений энергетических объектов с использованием индекса надёжности выявила существенный и возможно излишний запас прочности для оттяжек при расчёте их в соответствии с современными строительными правилами.

В данной статье рассмотрена форма методики оценки несущей способности канатных оттяжек мачтовых сооружений. На основании анализа и расчёта сделан вывод, что использование коэффициента запаса для оценки состояния канатных

**Abstract.** Guy ropes are a structural bearing element that is widely used in mast structures. The task of this element is to ensure the overall stability of the main element - the mast due to the perception of horizontal loads, reducing its estimated length, and ensuring the required deformability of mast structures. An assessment of the values of the reserve coefficients of cable ties of mast structures of energy facilities using the reliability index revealed a significant and possibly excessive safety margin for the ties, when calculating them in accordance with modern building regulations.

In this article, the form of the methodology for assessing the bearing capacity of cable ties for cable ties of mast structures is considered. Based on the analysis and calculation, it was concluded that the use of the reserve coefficient to assess the condition

### Введение

Оттяжки – конструктивный несущий элемент, который широко используемый в мачтовых сооружениях. Задача этого элемента – обеспечение общей устойчивости основного элемента – мачты – за счёт восприятия горизонтальных нагрузок, снижения её расчётной длины, обеспечение требуемой деформативности мачтовых сооружений. Мачтовые сооружения с оттяжками имеют



Рис. 1. Оттяжки на стойках ЛЭП мощностью до 10 кВт  
Fig. 1. Guys on power transmission poles with power up to 10 kW

оттяжек мачтовых сооружений существенно упрощает оценку их надёжности, браковки в процессе эксплуатации. Для оценки состояния несущей способности канатных оттяжек не требуется выполнение поэтапных расчётов по деформированной схеме, достаточно определить горизонтальное нормативное суммарное усилие, приходящееся в узел крепления оттяжек мачты, и по следующей формуле определить достаточность разрывного усилия каната в оттяжке. Определены значения коэффициентов запаса канатных оттяжек мачтовых сооружений для величин усилий от нормативных нагрузок с использованием известного в теории надёжности индекса безопасности в зависимости от планируемого срока эксплуатации сооружений.

**Ключевые слова:** оттяжки, мачтовые сооружения, конструкция, методика, оценка эффективности, несущая способность.

of cable ties of mast structures significantly simplifies the assessment of their reliability and defects during operation. To assess the state of the bearing capacity of rope ties, it is not necessary to perform step-by-step calculations according to a deformed scheme., it is enough to determine the horizontal normative total force falling into the anchorage of the mast ties and, using the following formula, determine the sufficiency of the breaking force of the rope in the tie. The values of the reserve coefficients of cable ties of mast structures for the values of forces from standard loads using the safety index known in reliability theory, depending on the planned service life of the structures, are determined.

**Keywords:** guy ropes, mast structures, construction, methodology, efficiency assessment, load-bearing capacity.

широкое применение и используются в опорах линий электропередачи мощностью от 10 до 500 кВт, в антенных сооружениях и опорах сотовой связи [11; 14]. На рисунках 1–3 показаны конструкции опор ЛЭП с оттяжками мощностью от 10 до 330 кВт.

Конструкции оттяжек, как правило, выполняют составными из нескольких конструктивных элементов, из-



Рис. 2. Оттяжки на стойках ЛЭП мощностью свыше 35 кВт  
Fig. 2. Guys on power transmission poles with power over 35 kW





Рис. 3. Конструкции мачтовых сооружений ЛЭП более 100 кВТ  
Fig. 3. Designs of mast structures for power lines over 100 kW

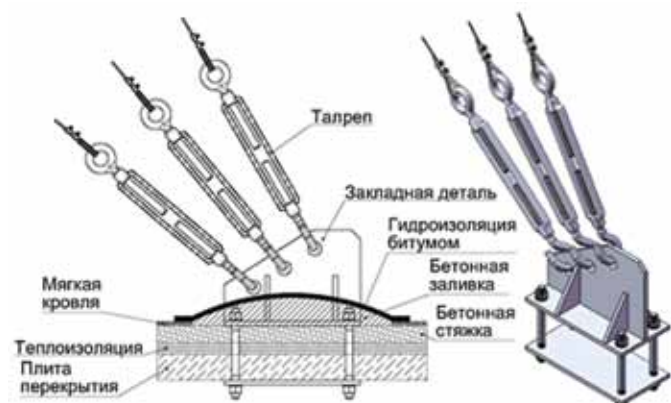


Рис. 4. Элементы оттяжек в зоне опорных узлов  
Fig. 4. Elements of guy wires in the area of support nodes

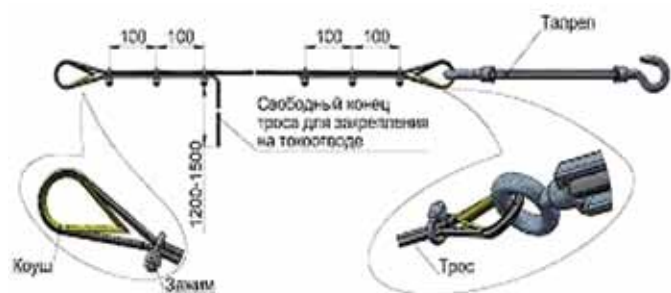


Рис. 5. Вариант конструктивного исполнения оттяжки  
Fig. 5. Guy design option

готовавляемых из различных материалов и имеющих различные узловые решения и конструктивное исполнение.

На рисунках 4 и 5 приведены варианты конструктивного исполнения оттяжек.

Основным элементом оттяжек являются участки с канатными вставками.

**Материалы и методы**

Методика расчёта мачтовых сооружений с определением усилий в оттяжке, приведённая в работе [3], представляется как многоэтапная задача. Расчёт мачты и её оттяжек проводят в несколько этапов. В начале нужно

задаться предварительным напряжением оттяжек  $\sigma_0$  и их сечениями  $A$ , после чего, выполнив все необходимые вычисления, а также решив систему уравнений, определить изгибающие моменты. Распределение моментов, скорее всего, окажется неудачным, поэтому все операции нужно выполнять несколько раз, добиваясь оптимизации.

**Результаты**

Процесс расчёта эпюр моментов для ствола мачты является менее трудоёмким и более удобным способом с точки зрения технической реализации. Сначала задаются эпюры моментов, которые описывают распределение моментов по длине ствола мачты, затем последовательно определяют прогибы и опорные реакции в узлах крепления оттяжек. Такой подход позволяет эффективно учитывать механическое поведение ствола мачты под воздействием нагрузок и обеспечивает более точные результаты расчётов. Эпюра поперечных сил строится в соответствии с эпюрой моментов. Продольные усилия в конструкциях определяются с учётом массы всех выше-расположенных элементов, так как эти элементы создают вертикальные составляющие тяжения. Для каждого участка конструкции необходимо учесть как нагрузку от самой конструкции, так и вертикальные составляющие сил от массы всех элементов, находящихся выше данного сечения. Такой подход позволяет рассчитать продольные усилия в каждом участке конструкции с необходимой точностью.

Проверка принятого сечения каната оттяжек проводится в форме сравнения максимального расчётного усилия в оттяжке с несущей способностью каната.

$$N_{max} = \sigma_{max} \cdot A \leq N_p \cdot Y_c \cdot Y_{bt} / Y_m \quad (1)$$

где  $A$  – площадь сечения оттяжки;  
 $N_p$  – разрывное усилие каната в целом;  
 $Y_m$  – коэффициент надёжности по материалу, принимаемый равным для канатов;  
 $Y_c = 0,8$  при числе оттяжек в одном ярусе менее 5;  
 $Y_{bt}$  – коэффициент крепления каната во втулке, равный 0,95.

Для задач, решаемых на стадии эксплуатации мачтовых сооружений для оценки их несущей способности и принятия решения по их ремонту или замене, требуются более простые инженерные методики.

Одной из самых эффективных методик оценки несущей способности с браковочными критериями на стадии эксплуатации применительно к канатным элементам является методика, применяемая для канатов грузоподъёмных машин [4], в которой вместо метода расчёта по предельным состояниям используется метод расчёта по допускаемым напряжениям в виде применения коэффициента запаса. В ней при проектировании, а также перед установкой на кран канаты должны быть проверены расчётом по формуле:

$$F_0 \geq Z_p \cdot S, \quad (2)$$

где  $F_0$  – разрывное усилие каната в целом ( $H$ ), принимаемое по сертификату (свидетельству об их испытании);

$Z_p$  – минимальный коэффициент использования каната (коэффициент запаса прочности);

$S$  – наибольшее натяжение ветви каната ( $H$ ), указанное в паспорте крана.

Значения коэффициентов запаса для канатов в конструкциях кранов принимаются согласно [4].

Канатные механизмы М1–М3 используются в различных стреловых грузоподъёмных машинах, таких как автокраны, стреловые краны на специальном шасси и краны-манипуляторы. Установление зависимости между коэффициентами запаса и коэффициентами метода расчёта по предельным состояниям рассмотрено в работе [5]. Из работы [5] при обозначении расчётных значений нагрузок и прочности значениями  $F$  и  $R$  соответственно надёжность конструкций характеризуется не только контролируемыми нормативными величинами, но и величинами коэффициентов надёжности.

Для оценки величин коэффициентов запаса в оттяжках необходимо определить значения числовых характеристик, описывающих значения несущей способности и усилия в оттяжках мачтовых сооружений, то есть необходимо установить значения  $\mu_R, v_R, \mu_F, v_F$ .

Нормативное значение несущей способности оттяжки определяется по формуле:

$$R_n = m_R (1 - \mu_R v_R). \quad (3)$$

Нормативное значение усилия от ветровой нагрузки в оттяжке равно:

$$T_n = m_f (1 + \mu_f v_f). \quad (4)$$

Для параметров несущей способности, описываемых нормальным законом распределения с известной обеспеченностью значений,  $\mu_R = 1,65, v_R = 0,1$ .

Более сложной представляется задача определения коэффициентов вариации и соответствующих значений квантилей для значений нормативной нагрузки.

Для мачтовых сооружений нагрузка в оттяжках возникает, как правило, от действия ветровой нагрузки, которая описывается несимметричными законами распределения. В работе [6; 7] при описании ветровой нагрузки рекомендуется использовать распределение Гумбеля для ежегодных максимумов ветрового давления.

Используем распределение Гумбеля и запишем уравнения для периодов непревышения значений для нормативного ветрового давления с  $N = 5$  лет и для расчётного ветрового давления с  $N = 50$  лет.

Ветровое нормативное давление будет равно:

$$w_{\bar{N}} = w_{\bar{1}} + 0,78 S w \ln 5. \quad (5)$$

Ветровое расчётное давление будет равно:

$$w_{\bar{p}} = w_{\bar{1}} + 0,78 S w \ln 50. \quad (6)$$

При этом  $w_{\bar{p}} = 1,4 w_{\bar{N}}$ .

Решая систему из двух уравнений, можно определить значения неизвестных математического ожидания ветрового давления  $w_{\bar{1}}$  и среднеквадратического отклонения ветрового давления  $S_w$ :

$$S w = 0,4 w_{\bar{N}} / 1,784, w_{\bar{1}} = 0,717 w_{\bar{N}}. \quad (7)$$

Тогда  $v_f = \frac{S w}{w_{\bar{1}}} = 0,31$ .

$\mu_f$  определим из уравнения в виде  $w_{\bar{N}} = w_{\bar{1}} (1 + \mu_f v_f)$ .

Тогда квантиль для нормативного ветрового давления будет равен:

$$\mu_f = 1,27. \quad (8)$$

Нормативный коэффициент запаса для оттяжек сечением из каната определяется по формуле:

$$K_n = \frac{F_0 \cdot n \cdot \sin \alpha}{T_n} = \gamma_n \gamma_f \gamma_m \gamma_d = 2,8 = \frac{1 \cdot 1,4 \cdot 1,6}{0,8}, \quad (9)$$

где  $T_n$  – горизонтальное суммарное усилие от нормативных значений нагрузок, приходящееся на узел крепления оттяжек;

$n$  – количество оттяжек в узле, воспринимающее  $T_n$ ;  
 $\alpha$  – угол наклона оттяжек к горизонту, например,  $\alpha = 57^\circ$  для затяжек мачт и опор ЛЭП по сериям 3,407;  
 $F_0$  – разрывное усилие каната в целом.

При сравнении коэффициент запаса канатов оттяжек, определённый по строительным нормам, соответствует режиму работы кранов А2–А3 (лёгкого режима работы). К этой группе кранов можно отнести большинство автомобильных и самоходных кранов.

Для анализа полученного значения коэффициента запаса используем такой показатель надёжности, как индекс безопасности  $\beta$ .

Если изменчивость нагрузки и прочности известна, то иногда оценить надёжность можно по изменчивости функции, которую называют резервом прочности:

$$S^{\sim} = R^{\sim} - F^{\sim}, \quad (10)$$

где  $R^{\sim}$  и  $F^{\sim}$  – случайные величины несущей способности и нагрузки (нагрузочного эффекта), имеющие одинаковые размерности.

Основными вероятностными характеристиками этой функции являются математическое ожидание  $m_s = m_R - m_F$  и дисперсия  $S_s^2 = S_R^2 + S_F^2$  (при отсутствии корреляционной связи между нагрузкой и несущей способностью).

Вероятность отказа (риск) или вероятность отрицательного значения резерва прочности  $S^{\sim}$  при известном значении  $\beta$  определяется из формулы:

$$P_f = P(S^{\sim} < 0) = 1 - \Phi(\beta), \quad (11)$$

где  $\Phi(\beta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi_0}} \int_{-\beta}^{\beta} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du$  – интеграл вероятности или функция Лапласа переменной  $u = \frac{(S^{\sim} - m_s)}{S_s}$ , соответствующей стандартной функции  $\varphi(u)$ .

С учётом свойства функции  $\varphi^*(u)$  можно также записать:

$$P_f = P(S^{\sim} < 0) = 0,5 - \Phi^*(\beta). \quad (12)$$

Вероятность безотказной работы или надёжности конструкции  $P_R = 1 - P_f$ .

Индекс безопасности  $\beta$  является стандартизированной вероятностью случайной величины  $S^{\sim}$ . Метод оценки надёжности посредством коэффициента  $\beta$  получил название метода двух моментов, поскольку для его определения используются по две характеристики случайных величин  $R^{\sim}$  и  $F^{\sim}$ . Данный индекс безопасности используется в европейских нормах EN1990.

Определим значения индекса безопасности, устанавливаемые для строительных сооружений нашими нормативными документами. При  $n$  годах планируемой эксплуатации индекс надёжности определяем по формуле:

$$\Phi(\beta_n) = (\Phi(\beta_1))^n. \quad (13)$$

При  $n = 50$  лет  $\beta_1 = 5,2$  из уравнения  $[\Phi(\beta_1)]^{50} = 0,999995$ .

Значения индекса надёжности  $\beta$  будем определять по формуле:

$$\beta = \frac{m_s}{S_s} = \frac{m_R - m_F}{\sqrt{S_R^2 + S_F^2}} = \frac{m_k - 1}{\sqrt{m_k^2 v_R^2 + v_F^2}}, \quad (14)$$

где  $m_k = m_R / m_F$  – отношение средних значений усилий разрыва каната и усилия в оттяжке от ветровой нагрузки.

С учётом определённых параметров  $\mu_R, v_R, \mu_F, v_F$ :



Срок эксплуатации	1 год	6 лет	10 лет	30 лет	50 лет
Значение $\beta$	4,5	4,8	4,97	5,1	5,2
Значение $m_k$	2,925	3,1	3,23	3,3	3,39
Значение $K_n$ коэффициента запаса для каната оттяжки для усилия в канате от нормативной нагрузки	1,76	1,86	1,94	1,98	2,0

Табл. 1. Значения коэффициента запаса для канатов оттяжки для усилий в затяжке от нормативной нагрузки  
Tab. 1. Values of the safety factor for guy ropes for tightening forces from the standard load

$$k_n = m_k \frac{1 - \mu_R \nu_R}{1 + \mu_F \nu_F} = m_k \cdot 0,6. \quad (15)$$

Тогда при  $K_n = 2,8m_k = \frac{2,8}{0,6} = 4,67$ , что соответствует индексу надёжности  $\beta = 6,55$ . При эксплуатации объекта с оттяжками до 50 лет нормативный индекс надёжности, определённый по данным ГОСТ 31937-2011, равен  $\beta = 5,2$ . При планируемой эксплуатации объекта до 50 лет полученное значение индекса надёжности для оттяжек мачтовых сооружений выше нормативного, что свидетельствует о неоптимальных завышенных значениях коэффициентов надёжности, используемых при расчёте оттяжек мачтовых сооружений.

#### Обсуждение

В таблице 1 приведены значения коэффициента запаса для канатов оттяжки для усилий в затяжке от нормативной нагрузки, определённые при помощи индекса надёжности  $\beta$  при различных сроках планируемой эксплуатации сооружений с оттяжками из канатов.

Использование коэффициента запаса для оценки состояния канатных оттяжек мачтовых сооружений существенно упрощает оценку их надёжности, браковки в процессе эксплуатации [12; 13]. Для оценки состояния несущей способности канатных оттяжек не требуется выполнение поэтапных расчётов по деформированной схеме. Достаточно определить горизонтальное нормативное суммарное усилие  $T_n$ , приходящееся в узел крепления оттяжек мачты, и по следующей формуле определить достаточность разрывного усилия каната в оттяжке  $F_0$ :

$$F_0 \geq \frac{T_n \cdot K_n}{(n \cdot \sin \alpha)}, \quad (16)$$

где  $\alpha$  – угол наклона оттяжек к горизонту,  $n$  – количество оттяжек в узле, воспринимающее  $T_n$ ;

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Токарева, Л. А. Анализ конструктивных решений башенных сооружений в энергетике / Л. А. Токарева // XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвящённый Дню энергетика : Материалы конференции : в 3-х томах ; под общей редакцией Э. Ю. Абдуллазянова, Казань, 7–8 декабря 2021 г. – Казань : КГЭУ, 2022. – Т. 2. – С. 240–242.
- Method of the steel aluminum wires protection of air transmission lines from fast vibration damage at the output from the support clamp / L. S. Sabitov, N. F. Kashapov, Yu. M. Strelkov, I. L. Kuznetsov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – Art. 012059.
- Металлические конструкции : Справочник проектировщика. В 3 т. Том 3. Стальные сооружения, конструкции из алюминиевых сплавов. Реконструкция, обследование, усиление и испытание конструкций зданий и сооружений / Под общ. ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – Москва : Издательство АСВ, 1999. – 528 с.
- Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные

$$T_n = w_{\bar{n}} \cdot C_x \cdot A_k \cdot K_z,$$

где  $w_{\bar{n}}$  – нормативное ветровое давление по СП 20.13330.2016;

$A_k$  – площадь контура мачтового сооружения, приходящаяся на узел крепления оттяжек;

$C_x, K_z$  – аэродинамический коэффициент и коэффициент увеличения ветрового давления по высоте по СП 20.13330.2016 в зоне узла крепления оттяжек.

#### Заключение

- Оценка величин коэффициентов запаса канатных оттяжек мачтовых сооружений энергетических объектов с использованием индекса надёжности выявила существенный и возможно излишний запас прочности для оттяжек при расчёте их в соответствии с современными строительными правилами. Так, коэффициент запаса оттяжек мачтовых сооружений по своей величине соответствует коэффициентам запаса для канатов, используемых в стреловых кранах режима А1–А2, которые имеют более жёсткие условия эксплуатации.
- Форма методики оценки несущей способности канатных оттяжек для канатных оттяжек мачтовых сооружений, используемая для диагностики состояния канатов грузоподъёмных машин, удобна для инженерно-технических работников, занимающихся диагностированием и эксплуатацией мачтовых сооружений, и отличается простотой и наглядностью.
- Определены значения коэффициентов запаса канатных оттяжек мачтовых сооружений для величин усилий от нормативных нагрузок с использованием известного в теории надёжности индекса безопасности в зависимости от планируемого срока эксплуатации сооружений.

сооружения» : утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 ноября 2013 г. № 533 / Собрание законодательства Российской Федерации. – 2013. – № 12, ст. 1343.

- Краснощёков, Ю. В. Основы проектирования конструкций зданий и сооружений : учебное пособие / Ю. В. Краснощёков, М. Ю. Заполева. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 314 с.
- Райзер, В. Д. Теория надёжности сооружений / В. Д. Райзер. – Москва : Издательство АСВ, 2010. – 384 с.
- Ржаницын, А. Р. Теория расчёта строительных конструкций на надёжность / А. Р. Ржаницын. – Москва : Стройиздат, 1978. – 239 с.
- Способ защиты сталеалюминевых проводов воздушных линий электропередачи от усталостных колебательных повреждений на выходе из поддерживающего зажима / Л. С. Сабитов, В. К. Ильин, А. В. Ибрагимов, Ю. М. Стрелков // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21, № 5 (124). – С. 122–130.
- К вопросу о надёжности воздушных линий электропередачи / И. Н. Хамидуллин, В. К. Ильин, Л. С. Сабитов, Ю. М. Стрелков // Электротехнические и информационные комплексы

и системы. – 2017. – Т. 13, № 1. – С. 5–10.

- Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\* (с поправкой, с изменением № 1) : СП 16.13330.2017 : Свод правил : утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 27 февраля 2017 г. № 126/пр : введён в действие с 28 авгу-

#### REFERENCES

- Tokareva, L. A. Analiz konstruktivnykh reshenij bashennykh sooruzhenij v ehnergetike [Analysis of structural solutions of tower structures in the energy sector] / L. A. Tokareva // XXV Vserossijskij aspirantsko-magisterskij nauchnyj seminar, posvyashhyonnyj Dnyu ehnergetika : Materialy konferentsii : v 3-kh tomakh ; pod obshej redaktsiej Eh. Yu. Abdullazyanova, Kazan, 7–8 dekabrya 2021 g. [ XXV All-Russian postgraduate and Master's scientific seminar dedicated to the Day of the Power Engineer : Conference materials : in 3 volumes ; under the general editorship of E. Y. Abdullazyanov, Kazan, December 7-8, 2021]. – Kazan : KGEU, 2022. – Vol. 2. – Pp. 240–242.
- Method of the steel aluminum wires protection of air transmission lines from fast vibration damage at the output from the support clamp / L. S. Sabitov, N. F. Kashapov, Yu. M. Strelkov, I. L. Kuznetsov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – Art. 012059.
- Metallicheskie konstruktsii : Spravochnik proektirovshhika V 3 t. Tom 3. Stal'nye sooruzheniya, konstruktsii iz alyuminiyevykh splavov. Rekonstruktsiya, obsledovanie, usilenie i ispytanie konstruktsij zdaniy i sooruzhenij [Metal structures: A designer's Handbook. In 3 vols. Volume 3. Steel structures, structures made of aluminum alloys. Reconstruction, inspection, reinforcement and testing of structures of buildings and structures] / Pod obshh. red. V. V. Kuznetsova (TSNIIproektstal'konstruktsiya im. N. P. Mel'nikova) [Under the general editorship of V. V. Kuznetsov (Tsniiproektstalconstruction named after N. P. Melnikov)]. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 1999. – 528 p.
- Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoj bezopasnosti «Pravila bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov, na kotorykh ispol'zuyutsya pod'emnye sooruzheniya» [Federal norms and rules in the field of industrial safety "Safety rules for hazardous production facilities where lifting structures are used] : utverzheny prikazom Federal'noj sluzhby po ehkologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 12 noyabrya 2013 g. № 533 [approved by Order of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision dated November 12, 2013 No. 533] / Sbranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federatsii, 2013, № 12, st. 1343 [Assembly of Legislation of the Russian Federation, 2013, No. 12, Article 1343].
- Krasnoshchekov, Yu. V. Osnovy proektirovaniya konstruktsij zdaniy i sooruzhenij : uchebnoe posobie [Fundamentals of designing structures of buildings and structures : a textbook] / Yu. V. Krasnoshchekov, M. Yu. Zapoleva. – 2nd edition, revised

ста 2017 г. / Росстандарт. – Москва, 2017.

- Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения : ГОСТ 27751-2014 : Межгосударственный стандарт : принят Межгос. советом по стандарт., метрол. и сертиф. протоколом от 14 ноября 2014 г. № 72-П : дата введ. 2015.07.01. – Москва : Стандартиформ, 2016. – 20 с. and supplemented. – Moscow ; Vologda : Infra-Engineering, 2019. – 314 p.
- Raiser, V. D. Teoriya nadyozhnosti sooruzhenij [Theory of reliability of structures] / V. D. Raiser. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 2010. – 384 p.
- Rzhanitsyn, A. R. Teoriya raschyota stroitel'nykh konstruksij na nadyozhnost' [Theory of calculation of building structures for reliability] / A. R. Rzhanitsyn. – Moscow : Stroyizdat, 1978. – 239 p.
- Sposob zashhity stalealyuminyevykh provodov vozdushnykh liniy ehlektroperedachi ot ustalostnykh kolebatel'nykh povrezhdenij na vykhode iz podderzhivayushhego zazhima [A method for protecting steel-aluminum wires of overhead power lines from fatigue oscillatory damage at the outlet of the supporting clamp] / L. S. Sabitov, V. K. Ilyin, A. V. Ibragimova, Yu. M. Strelkov // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Irkutsk State Technical University]. – 2017. – Vol. 21, No. 5 (124). – Pp. 122–130.
- K voprosu o nadyozhnosti vozdushnykh liniy ehlektroperedachi [On the issue of reliability of overhead power transmission lines] / I. N. Khamidullin, V. K. Ilyin, L. S. Sabitov, Yu. M. Strelkov // Ehlektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy [Electrotechnical and information complexes and systems]. – 2017. – Vol. 13, No. 1. – Pp. 5–10.
- Stal'nye konstruktsii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP II-23-81\* (s Popravkoj, s izmeneniyem № 1) [Steel structures. Updated version of SNIIP II-23-81\* (as Amended, with Amendment No. 1)] : SP 16.13330.2017 : Svod pravil [SP 16.13330.2017 : Code of Rules] : utv. prikazom Ministerstva stroitel'stva i zhilishhno-kommunal'nogo khozyajstva RF ot 27 fevralya 2017 g. № 126/pr [approved by Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation dated February 27, 2017 No. 126/pr] : vvedyon v dejstvie s 28 avgusta 2017 g. [effective from August 28, 2017] / Rosstandart. – Moscow, 2017.
- Nadyozhnost' stroitel'nykh konstruksij i osnovanij. Osnovnye polozeniya [Reliability of building structures and foundations. Main provisions] : GOST 27751-2014 : Interstate standard] : prinyat Mezhgosudarstvennyy sovetom po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii protokolom ot 14 noyabrya 2014 g. № 72-P [adopted by the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification by Protocol No. 72-P dated November 14, 2014] : data vved. 2015.07.01. [date of introduction. 2015.07.01.]. – Moscow : Standartinform, 2016. – 20 p.

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_13

## Оценка факторов, влияющих на продолжительность выполнения работ по обследованию зданий и сооружений

Assessment of Factors Affecting the Duration of Work on the Inspection of Buildings and Structures

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, kuzmina\_tk@mail.ru

Kuzmina Tatiana Konstantinovna

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



**Берник Никита Алексеевич**

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

**Bernik Nikita Alekseevich**

Master of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavlshosse, 26, berniknik@yandex.ru

**Егоров Данила Андреевич**

Студент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, corvvid@vk.com

**Egorov Danila Andreevich**

Student of the National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavlshosse, 26, corvvid@vk.com

**Аннотация.** Как и в любом строительном процессе, при проведении работ по обследованию имеются свои сложности, требующие решения. В данной статье рассмотрен вопрос о выявлении основных факторов, влияющих на сроки проведения работ по обследованию зданий и сооружений.

По результатам проведённого исследования были выявлены факторы, наиболее взаимосвязанные между собой и влияющие на продолжительность выполнения работ по обследованию зданий и сооружений.

В качестве решения данной проблематики предложено разработать научно обоснованный подход к формированию и проведению процедуры обследования зданий и сооружений, условия выполнения которого послужат фундаментом для дальнейшего создания регламентирующего документа – ана-

**Abstract.** As in any construction process, there are difficulties that need to be solved when carrying out survey work. This article discusses the issue of identifying the main factors affecting the timing of work on the inspection of buildings and structures.

According to the results of the study, the factors that are most interrelated and affect the duration of work on the inspection of buildings and structures were identified.

As a solution to this problem, it is proposed to develop a scientifically based approach to the formation and conduct of a procedure for the inspection of buildings and structures, the conditions of which will serve as the foundation for further creation

**Введение**

Проведение работ по обследованию зданий и сооружений является обособленным направлением инженерной деятельности, связанным с выявлением фактического технического состояния строительных конструкций. Качественное выполнение работ позволяет получить полную и достоверную информацию об объекте исследования, что в последующем служит материалом для определения путей сокращения издержек, связанных с проведением работ по реконструкции, реставрации и капитальному ремонту зданий и сооружений [1; 2].

Несмотря на наличие регламентирующего порядок проведения обследовательских работ документа, такого как ГОСТ 31937-2011, на сегодняшний день отсутствует единый механизм определения сроков выполнения данных работ [3]. В силу этого целью данной работы является определение факторов, влияющих на продолжительность выполнения работ по обследованию зданий и сооружений, с возможностью последующего прогнозирования и формирования подхода к определению продолжительности выполнения обследовательских работ.

Актуальность данного исследования обусловлена тем, что на сегодняшний день организации, предоставляющие спектр услуг по обследовательским работам, определяют

лога ГЭСН и ЕНиР для работ по обследованию. Применение данного документа позволит определять нормы времени, необходимый состав исполнителей и формировать график производства работ.

Ключевым значением этих работ станет усовершенствование системы планирования (чёткое определение загрузки исполнителей, необходимость привлечения дополнительных специалистов, определение сроков выполнения работ) внутри организаций, выполняющих работы по обследованию зданий и сооружений.

**Ключевые слова:** обследование зданий и сооружений, оценка технического состояния, строительные конструкции, организация выполнения работ.

of a regulatory document, an analogue of the GESN and ENIR for survey work. The application of this document will allow you to determine the time standards, the necessary composition of performers and create a work schedule.

The key importance of these works will be the improvement of the planning system (a clear definition of the workload of performers, the need to attract additional specialists, determining the timing of work) within organizations performing work on the inspection of buildings and structures.

**Keywords:** inspection of buildings and structures, assessment of technical condition, building structures, organization of work.

сроки выполнения работ, в первую очередь, основываясь на личном опыте. В силу этого возникает ряд вопросов и проблем, таких как [4]:

- некорректность определения сроков выполнения работ, которая влечёт за собой срыв сроков сдачи конечного результата;
- определение продолжительности проведения работ с излишним запасом;
- невозможность оценить оптимальность выбранной продолжительности процесса.

Это в последующем может вести к потере репутации компаний, некорректности расчёта экономической эффективности и, самое главное, к потере качества выполняемых работ.

**Материалы и методы**

В настоящей работе основным критерием для оценки был выбран метод экспертной оценки. Первым этапом для реализации экспертного метода стало выявление фундаментальных факторов, сказывающихся на сроках выполнения работ как по визуальному, так и по инструментальному обследованию. По итогам изучения различных аспектов и деталей выполнения подобных видов работ, а также личного опыта авторов с последующим

№ пп.	Факторы, влияющие на продолжительность выполнения работ по обследованию	Код фактора
1	Уровень компетентности исполнителя работ	X1
2	Материально-техническое оснащение подрядной организации	X2
3	Объёмно-планировочные и конструктивные решения объекта	X3
4	Условия проведения работ (труднодоступность места проведения обследования)	X4
5	Классификация объекта (жилые, общественные, промышленные, режимные, объекты культурного наследия и т. п.)	X5
6	Частичное или полное отсутствие исходной документации	X6

**Табл. 1.** Факторы, влияющие на продолжительность выполнения работ по обследованию  
**Tab. 1.** Factors affecting the duration of the survey work

выполнением сопоставительного анализа было выявлено 6 факторов [5; 6; 7; 8]:

- уровень компетентности исполнителя работ;
- материально-техническое оснащение подрядной организации;
- объёмно-планировочные и конструктивные решения объекта;
- условия проведения работ (труднодоступность места проведения обследования);
- частичное или полное отсутствие исходной документации;
- классификация объекта (жилые, общественные, промышленные, режимные, объекты культурного наследия и т. п.).

Вторым этапом метода экспертной оценки стало формирование группы специалистов-экспертов, способных предоставить объективные и адекватные данные. Поэтому к проведению опроса были привлечены эксперты и специалисты крупнейших организаций из строительной отрасли РФ, включая НИУ МГСУ и ООО «НИИ ПТЭС».

Заключительный этап экспертного метода – обработка экспертных оценок, заключающаяся в оценке степени согласованности и значимости мнений экспертов и подсчёте сводных характеристик опроса.

**Результаты**

Сведём факторы, влияющие на продолжительность выполнения работ по обследованию, в таблицу 1.

Далее в таблице 2 приведём ранговые оценки факторов, влияющих на продолжительность выполнения работ по обследованию.

Для оценки степени тесноты и направления связи между рассматриваемыми факторами, а также взаимозависимостей факторов будет применён метод корреляционного анализа с применением методологии парного линейного коэффициента корреляции (коэффициента Пирсона), который будет рассчитываться по следующим формулам:

$$r = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \bar{y}}{\sigma_x * \sigma_y}, \quad (1)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\overline{x^2} - \bar{x}^2}, \quad (2)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\overline{y^2} - \bar{y}^2}, \quad (3)$$

где X – факторный показатель (один из рассматриваемых факторов), а Y – фактор результативный (оценка экспертов).

По результатам анализа и оценки полученных результатов, отражённых в таблицах 2 и 3, корреляция генерального фактора X1 (уровень компетентности исполнителя работ) больше всего влияет на фактор с наибольшим по модулю коэффициентом корреляции, в данном случае на фактор X5 (классификация объекта (жилые, обществен-

Эксперты	Ранговые оценки факторов, влияющих на продолжительность выполнения работ по обследованию					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6
M1	1	3	4	5	6	2
M2	1	6	5	2	3	4
M3	2	3	6	4	1	5
M4	1	6	4	2	5	3
M5	1	2	4	3	5	6
M6	1	5	3	6	4	2
M7	1	2	3	4	5	6
M8	2	3	4	5	6	1
M9	1	2	3	4	5	6
M10	6	4	3	5	1	2
M11	4	3	5	2	6	1
M12	3	6	5	2	1	4
M13	1	6	2	4	3	5
M14	1	4	2	5	6	3
M15	1	6	3	4	5	2
M16	2	3	4	5	6	1
M17	1	4	2	3	6	5
M18	1	3	5	6	2	4
M19	1	4	5	2	6	3
M20	1	5	2	3	4	6
Среднее значение	1,65	4	3,7	3,8	4,3	3,55

**Табл. 2.** Ранговые оценки факторов, влияющих на продолжительность выполнения работ по обследованию  
**Tab. 2.** Rank estimates of factors affecting the duration of survey work

ные, промышленные, режимные, объекты культурного наследия и т. п.)).

**Заключение**

По результатам проведённого исследования были выявлены факторы, наиболее взаимосвязанные между собой и влияющие на продолжительность выполнения работ по обследованию зданий и сооружений.

В качестве решения данной проблематики требуется разработать научно обоснованный подход к формированию и проведению процедуры обследования зданий и сооружений, на основных этапах которого предстоит:

- 1) разработать базу объектов на основании многолетнего опыта специалистов, квалифицировав их по назначению;
- 2) определить сложность выполнения работ;
- 3) произвести натурные замеры времени на характерных объектах;
- 4) вычислить среднее время, необходимое для проведения работ.

Выполнение данных этапов послужит фундаментом для дальнейшего создания регламентирующего документа – аналога ГЭСН и ЕНиР для работ по обследованию

Фактор	X2	X3	X4	X5	X6
Корреляция Пирсона	-0,055	0,194	-0,011	-0,407	-0,3915

Табл. 3. Корреляция фактора X1 с остальными  
Tab. 3. Correlation of factor X1 with the rest

согласно нормам [9]. Применение данного документа позволит определять нормы времени, необходимый состав

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Кузьмина, Т. К. Методический подход к техническому обследованию строительных объектов / Т. К. Кузьмина, А. Ю. Кагазев, А. Е. Боровкова. – DOI 10.54950/26585340\_2022\_4\_14 // Строительное производство. – 2022. – № 4 (44). – С. 14–17.
- Гроздов, В. Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений / В. Т. Гроздов. – Санкт-Петербург : Издательский Дом КН+, 2001. – 140 с.
- Ефимов, В. В. Организация обследования объектов незавершенного строительства / В. В. Ефимов, А. С. Гапонова // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 4. – С. 280–288.
- Петрова, И. Ю. Обзор процесса проведения обследования зданий и сооружений. Проблемы и пути решения / И. Ю. Петрова, О. О. Мостовой // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. – № 1 (35). – С. 69–75.
- Ефимов, В. В. Основные проблемы при обследовании объектов культурного наследия / В. В. Ефимов, Е. С. Щуров // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 4. – URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\_54\_3\_Efimov.pdf\_d9e3279e70.pdf.
- Гусев, Н. Н. К вопросу определения сроков обследований технического состояния зданий и сооружений / Н. Н. Гусев, А. С. Соломахин, Д. С. Старчуков // Строительные материалы,

#### REFERENCES

- Kuzmina, T. K. Metodicheskiy podkhod k tekhnicheskomu obsledovaniyu stroitel'nykh ob'ektov [Methodical approach to the technical inspection of construction sites] / T. K. Kuzmina, A. Yu. Kagazev, A. E. Borovkova. – DOI 10.54950/26585340\_2022\_4\_14 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2022. – No. 4 (44). – Pp. 14–17.
- Grozdo, V. T. Tekhnicheskoe obsledovanie stroitel'nykh konstruksij zdaniy i sooruzhenij [Technical inspection of building structures of buildings and structures] / V. T. Grozdov. – St. Petersburg : Publishing House KN+, 2001. – 140 p.
- Efimov, V. V. Organizatsiya obsledovaniya ob'ektov nezavershennogo stroitel'stva [Organization of inspection of objects of unfinished construction] / V. V. Efimov, A. S. Gaponova // Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2022. – No. 4. – Pp. 280–288.
- Petrova, I. Y. Obzor protsessa provedeniya obsledovaniya zdaniy i sooruzhenij. Problemy i puti resheniya [Review of the process of conducting a survey of buildings and structures. Problems and solutions] / I. Y. Petrova, O. O. Mostovoy // Inzhenerno-stroitel'nyy vestnik Prikaspiya [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian region]. – Astrakhan : GAOU JSC VO «AGASU», 2021. – No. 1 (35). – Pp. 69–75.
- Efimov, V. V. Osnovnye problemy pri obsledovanii ob'ektov kul'turnogo naslediya [The main problems in the examination of cultural heritage sites] / V. V. Efimov, E. S. Shchurov // Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2022. – No. 4. – URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\_54\_3\_Efimov.pdf\_d9e3279e70.pdf.
- Gusev, N. N. K voprosu opredeleniya srokov obsledovaniy tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy i sooruzhenij [On the issue of determining the timing of surveys of the technical condition of buildings and structures] / N. N. Gusev, A. S. Solomakhin, D. S. Starchukov // Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka [Building materials, equipment, technologies

исполнителей и сформировать график производства работ.

Ключевым значением этих работ станет усовершенствование системы планирования (чёткое определение загруженности исполнителей, необходимость привлечения дополнительных специалистов, определение сроков выполнения работ) внутри организаций, выполняющих работы по обследованию зданий и сооружений.

- оборудование, технологии XXI века. – 2021. – № 2 (265). – С. 29–33.
- Ломтев, И. А. Этапы и проблемы при обследовании жилых зданий и сооружений / И. А. Ломтев // Наука и инновации в строительстве : Сборник докладов Международной научно-практической конференции (к 165-летию со дня рождения В. Г. Шухова), Белгород, 17 апреля 2018. – Белгород, 2018. – С. 300–305.
- Липидус, А. А. Организационно-технологическая платформа строительства / А. А. Липидус. – DOI 10.22227/1997-0935.2022.4.516-524 // Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17, № 4. – С. 516–524.
- Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния : ГОСТ 31937-2011 : Межгосударственный стандарт : принят Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (протокол № 39 от 8 декабря 2011 г.) : введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. № 1984-ст : дата введения 2014.01.01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 55 с. – Издание официальное.

- of the XXI century]. – 2021. – No. 2 (265). – Pp. 29–33.
- Lomtev, I. A. Ehtapy i problemy pri obsledovanii zhilykh zdaniy i sooruzhenij [Stages and problems in the inspection of residential buildings and structures] / I. A. Lomtev // Nauka i innovatsii v stroitel'stve : Sbornik dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (k 165-letiyu so dnya rozhdeniya V. G. Shukhova), Belgorod, 17 aprelya 2018 [Science and innovations in construction : Collection of reports of the International scientific and practical Conference (to the 165th anniversary of the birth of V. G. Shukhov), Belgorod, April 17, 2018]. – Belgorod, 2018. – Pp. 300–305.
- Lapidus, A. A. Organizatsionno-tekhnologicheskaya platforma stroitel'stva [Organizational and technological platform of construction] / A. A. Lapidus. – DOI 10.22227/1997-0935.2022.4.516-524 // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2022. – Vol. 17, No. 4. – Pp. 516–524.
- Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya [Buildings and structures. Rules for inspection and monitoring of technical condition] : GOST 31937-2011 : Mezhhgosudarstvennyy standart [GOST 31937-2011 : Interstate standard] : prinyat Mezhhgosudarstvennoy nauchno-tekhnicheskoy komissiej po standartizatsii, tekhnicheskomu normirovaniyu i sertifikatsii v stroitel'stve (protokol № 39 ot 8 dekabrya 2011 g.) [adopted by the Interstate Scientific and Technical Commission for Standardization, Technical Standardization and Certification in Construction (Protocol No. 39 dated December 8, 2011)] : vvedyon v dejstvie Prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnicheskemu regulirovaniyu i metrologii ot 27 dekabrya 2012 g. №1984-st [put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated December 27, 2012 No. 1984-st] : data vvedeniya 2014.01.01. [date of introduction 2014.01.01]. – Moscow : Standartinform, 2014. – 55 p. – Izdanie ofitsial'noe [Official publication].

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_17

## Современные платформы для информационного взаимодействия участников системы строительного контроля

Modern Platforms for Information Interaction Between Participants in the Construction Control System

Дорошин Иван Николаевич

Кандидат экономических наук, профессор, доцент кафедры «Испытания сооружений», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, ivandoroshin@rambler.ru

Doroshin Ivan Nikolaevich

Candidate of Economic Sciences, Professor, Associate Professor of the Department of Testing of Structures, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, ivandoroshin@rambler.ru

Коблюк Данила Александрович

Аспирант кафедры «Испытания сооружений», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, venvoobr@mail.ru

Koblyuk Danila Alexandrovich

Postgraduate student of the Department of Testing Structures, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, venvoobr@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье представлен обзор существующих методов информационного взаимодействия участников системы строительного контроля с помощью информационных платформ. Рассматриваемые платформы пользуются популярностью у строительных компаний нашей страны, так как значительно оптимизируют и повышают качество информационного взаимодействия при производстве тех или иных работ, а также существенно ускоряют документооборот строительного производства.

При взаимодействии участников системы строительного контроля зачастую возникают ситуации, негативно влияющие на процесс этого взаимодействия. Возникновение этих ситуаций напрямую зависит от влияния множества факторов, выявленных при анализе качества взаимодействия участников системы строительного контроля. Основными, наиболее значимыми факторами являются уровень конфликтности между

**Abstract.** This article provides an overview of existing methods of information interaction between participants in the construction control system using information platforms. The platforms under consideration are popular among construction companies in our country, as they significantly optimize and improve the quality of information interaction during the performance of certain works, and also significantly speed up the document flow of construction production.

When interacting between participants in the construction control system, certain situations often arise that negatively affect the process of this interaction. The occurrence of these situations directly depends on the influence of many factors identified when analyzing the quality of interaction between participants in the construction control system. The main, most significant factors are

#### Введение

Строительное производство в Российской Федерации стремительно набирает обороты за счёт достижений научно-технической деятельности в сфере совершенствования технологии и организации этого производства. В связи с этим увеличивается и потребность в тщательном контроле за всеми процессами на строительных площадках, что, в свою очередь, влечёт за собой потребность в максимально удобном и простом способе взаимодействия участников системы строительного контроля [1–2].

участниками, уровень оперативности взаимодействия и уровень влияния бюрократических процессов на это взаимодействие.

Перевод работы участников системы строительного контроля в электронный формат с помощью обозреваемых в статье информационных платформ для взаимодействия позволяет значительно снизить влияние вышеуказанных факторов. Это доказывает опыт множества как российских, так и зарубежных строительных компаний, активно пользующихся функциями и возможностями информационных платформ для электронного взаимодействия.

**Ключевые слова:** система строительного контроля, информационная платформа, электронное взаимодействие, единая информационная среда, исполнительная документация, электронный документооборот.

the level of conflict between participants, the level of efficiency of interaction and the level of influence of bureaucratic processes on this interaction.

Transferring the work of participants in the construction control system into electronic format using the information platforms for interaction reviewed in the article can significantly reduce the influence of the above factors. This is proven by the experience of many Russian and foreign construction companies that actively use the functions and capabilities of information platforms for electronic interaction.

**Keywords:** construction control system, information platform, electronic interaction, unified information environment, as-built documentation, electronic document management.

В настоящее время на строительных площадках нашей страны практически каждая строительная компания, занимающаяся возведением объектов капитального строительства, использует те или иные информационные платформы для совершенствования взаимодействия участников системы строительного контроля [2].

С начала 2000-х годов потребность в использовании платформ для информационного взаимодействия возрастает с каждым годом сопоставимо с совершенствованием технологических процессов в строительном производстве,



которые увеличивают темп и сокращают сроки строительства. В первую очередь, строительные компании переводят в электронный формат процессы, связанные с документооборотом, именно по этим причинам, а платформы для информационного взаимодействия являются подходящими инструментами для поставленных целей [2].

Технический заказчик при выборе такой информационной платформы должен руководствоваться не только собственным опытом и бюджетом, но также ему необходимо принимать во внимание то, какие потребности для взаимодействия есть у остальных участников системы строительного контроля [3–5].

#### Материалы и методы

В исследовании рассматриваются популярные информационные платформы, используемые российскими строительными компаниями для осуществления тех или иных функций строительного производства [1–2].

Согласно исследованию, проведённому в статье «Анализ качества взаимодействия участников системы строительного контроля», на взаимодействие участников больше всего влияют следующие факторы [1]:

- уровень конфликтности между участниками при взаимодействии при проведении строительного контроля;
- влияние бюрократических процессов на оперативность взаимодействия при проведении строительного контроля;
- оптимизация взаимодействия участников системы строительного контроля для совершенствования оперативности этого взаимодействия [2].

Исходя из результатов исследования, можно рассматривать достоинства и недостатки наиболее популярных платформ для информационного взаимодействия по их влиянию на выявленные в исследовании факторы [2–6].

Согласно ГОСТ Р 70108-2022 «Документация исполнительная. Формирование и ведение в электронном виде», на объектах капитального строительства в России разрешено ведение исполнительной документации в электронном формате [2; 7–9].

Облачная платформа Exon (см. рисунок 1) позволяет взаимодействовать в электронном формате всем участникам системы строительного контроля, в частности, для разработки, ведения и передачи в электронном, а потом и бумажном формате исполнительной документации.

Для упрощения формирования исполнительной документации сотрудниками подрядных организаций у платформы Exon существуют следующие функции:

- ведение внутреннего журнала общих работ;
- хранение исполнительных геодезических схем для их проверки и использования в строительстве;

- автоматизированное формирование актов освидетельствования скрытых работ и актов освидетельствования ответственных конструкций;
- подписание ответственными лицами актов освидетельствования скрытых работ и актов освидетельствования ответственных конструкций с помощью усиленной квалификационной электронной подписи [10].

Платформа Exon обладает «единым сервисом» – системой для всех участников строительного контроля, которая сохраняет данные по всем видам работ, что, несомненно, значительно оптимизирует процессы, связанные с документооборотом, а также способствует уменьшению влияния на ход строительства бюрократических процессов.

Одними из важнейших компонентов системы строительного контроля являются контроль снабжения объекта строительства ресурсами и обеспечение входного контроля.

Для контролирования регулярных поступлений материала, а также удобного формирования заявок на строительном объекте существует информационная платформа Cynтека (см. рисунок 2) [11–13].

Благодаря платформе Cynтека многие строительные компании в Российской Федерации оптимизировали взаимодействие между снабжением, бухгалтерией и непосредственными участниками строительства, переведя это взаимодействие в электронный формат.

Cynтека позволяет своим пользователям обеспечивать полный «жизненный цикл снабжения», то есть создавать заявки на поставки тех или иных ресурсов для строительства, после чего передавать эти заявки на согласование с руководством фирмы. При получении согласования заявки попадают в работу к сотрудникам снабжения и бухгалтерии. Окончанием «жизненного цикла снабжения» считается приёмка заявленного материала на объекте строительства и обеспечение входного контроля ответственными лицами, и для этого у платформы Cynтека есть функция отметки успешной приёмки материала на объекте [3; 11–13].

Также при работе с сервисами платформы Cynтека при создании заявок пользователи имеют возможность проставлять сроки исполнения и конкретную дату потребности в материале на строительной площадке, что даёт возможность контролировать все процессы «жизненного цикла снабжения» в онлайн-режиме.

Своевременная разработка и актуализация проектной и рабочей документации – неотъемлемая и бесспорно важная задача для любой проектной компании. Помимо технической составляющей этой задачи, то есть непосред-



Рис. 1. Официальная эмблема облачной платформы Exon  
Fig. 1. The official logo of the Exon cloud platform



Рис. 2. Официальная эмблема облачной платформы Cynтека  
Fig. 2. The official logo of the Cynтека cloud platform

Фактор	Уровень конфликтности между участниками при взаимодействии при проведении строительного контроля	Влияние бюрократических процессов на оперативность взаимодействия при проведении строительного контроля	Оптимизация взаимодействия участников системы строительного контроля для совершенствования оперативности этого взаимодействия
Exon	Нейтральное	Положительное	Положительное
Cynтека	Нейтральное	Положительное	Положительное
Vitro-CAD	Положительное	Положительное	Нейтральное

Табл. 1. Влияние внедрения представленных в исследовании платформ на факторы взаимодействия  
Tab. 1. The impact of the implementation of the platforms presented in the study on the factors of interaction



Рис. 3. Официальная эмблема Среды общих данных строительных проектов Vitro-CAD  
Fig. 3. The official emblem of the General Data Environment of construction projects Vitro-CAD

ственной работы проектировщиков, немаловажным является решение той части задачи, которая подразумевает передачу документации от проектной компании в экспертизу и на строительную площадку [14–15].

Для оптимизации, структуризации, хранения и удобства передачи проектной и рабочей документации многие проектные компании нашей страны используют облачные хранилища, в частности, одной из часто используемых является «Среда общих данных строительных проектов Vitro-CAD» (см. рисунок 3).

Функционал платформы Vitro-CAD позволяет не только хранить и редактировать документацию в онлайн-режиме, но и позволяет взаимодействовать участникам системы строительного контроля заметно быстрее, чем традиционными способами [3–6].

Основным преимуществом Среды общих данных строительных проектов Vitro-CAD является возможность

проставлять на документах QR-коды, с помощью которых можно определять статус актуальности документации, чтобы исключить работу на строительном объекте по некорректным данным. Также как и платформа Exon, Vitro-CAD обладает функцией подписания документации с помощью усиленной квалификационной подписи, что уменьшает потребность в затрате временных и человеческих ресурсов на бюрократические процессы [13–15].

#### Результаты

Исходя из представленных в исследовании функций обозреваемых платформ для информационного взаимодействия, составлена таблица 1, которая показывает, какое влияние окажет внедрение этих платформ на взаимодействие участников системы строительного контроля.

#### Заключение

Исходя из обзора наиболее популярных платформ для взаимодействия участников системы строительного контроля, можно сделать вывод о том, что электронное взаимодействие с помощью рассматриваемых платформ значительно снижает негативное действие факторов, выявленных в исследовании Кузьминой Т. К., Ледовских Л. И., Акимовой Е. А. и Коблюка Д. А. [1–2].

Однако каждая из этих платформ специализирована лишь на определённых участниках системы строительного контроля, то есть не охватывает взаимодействие участников этой системы полностью [2–4]. Это указывает на то, что возможность создания Единой информационной среды для электронного взаимодействия участников системы строительного контроля необходимо рассмотреть подробнее.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ качества взаимодействия участников системы строительного контроля / Т. К. Кузьмина, Л. И. Ледовских, Е. А. Акимова, Д. А. Коблюк. – DOI 10.54950/26585340\_2023\_3\_74 // Строительное производство. – 2023. – № 3. – С. 74–80.
2. Усовершенствование системы строительного контроля при производстве строительно-монтажных работ / Т. К. Кузьмина, Д. Д. Бабушкина, Р. В. Волков, Д. А. Коблюк. – DOI 10.54950/26585340\_2022\_4\_24 // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 24–29.
3. 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. – Саратов : Издательство ЦПМ «Академия Бизнеса», 2020. – С. 37–45.
4. 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 / XXII International Scientific Conference «Construction the Formation of Living Environment» (FORM-2019). – 2019. – Vol. 97. – Art. 06037.

5. Лapidus, A. A. Организационно-технологическая платформа строительства / А. А. Лapidus // Вестник МГСУ. – 2022. – № 17 (4). – С. 516–524.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Куренков, О. Г. Исполнительная документация как инструмент совершенствования системы менеджмента качества строительной продукции / О. Г. Куренков, П. П. Олейник // Организация строительного производства : Всероссийская научная конференция, Санкт-Петербург, 4 февраля 2019 г. – 2019. – С. 31–36.
  10. 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.
  11. 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.

## REFERENCES

1. Analiz kachestva vzaimodejstviya uchastnikov sistemy stroitel'nogo kontrolya [Analysis of the quality of interaction between participants in the construction control system] / T. K. Kuzmina, L. I. Ledovskikh, E. A. Akimova, D. A. Koblyuk. – DOI 10.54950/26585340\_2023\_3\_74 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2023. – No. 3. – Pp. 74–80.
2. Uovershenstvovanie sistemy stroitel'nogo kontrolya pri proizvodstve stroitel'no-montazhnykh работ [Improvement of the construction control system in the production of construction and installation works] / T. K. Kuzmina, D. D. Babushkina, R. V. Volkov, D. A. Koblyuk. – DOI 10.54950/26585340\_2022\_4\_24 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2022. – No. 4. – Pp. 24–29.
3. Oleynik, 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 an object by a technical customer (developer)] / P. P. Oleynik, P. V. Bolshakova // Prioritetnye napravleniya razvitiya rossijskoj nauki : Materialy VI vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 15 sentyabrya 2020 g. [Priority directions for the development of Russian science : Materials of the VI All-Russian scientific and practical conference, St. Petersburg, September 15, 2020] ; editor A. A. Zaraisky. – Saratov : Publishing House of the CPM «Academy of Business», 2020. – Pp. 37–45.
4. 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 / XXII International Scientific Conference «Construction the Formation of Living Environment» (FORM-2019). – 2019. – Vol. 97. – Art. 06037.
5. Lapidus, A. A. Organizatsionno-tekhnologicheskaya platforma stroitel'stva [Organizational and technological platform of construction] / A. A. Lapidus // Vestnik MGSU [Bulletin of the MGSU]. – 2022. – № 17 (4). – Pp. 516–524.
6. Chukavin, D. P. Distsionnyj kontrol' khoda stroitel'stva posredstvom sovremennykh tekhnologij [Remote monitoring 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 our time: opportunities and prospects for development : Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference, Rostov-on-Don, March 31, 2022]. – Stavropol : Stavropol publishing house «Paragraph», 2022. – Pp. 62–67.

12. 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.
13. Борисова, М. Д. Строительный контроль с использованием технологий информационного моделирования / М. Д. Борисова, В. Ф. Поповцев, Н. С. Астафьева // Неделя науки ИСИ : Сборник материалов Всероссийской конференции, Санкт-Петербург, 04–10 апреля 2022 года. – Часть 2. – 2022. – С. 364–367.
14. Соколов, Н. С. Роль службы строительного контроля, BIM-технологий и службы материально-технического снабжения при строительстве нефтеперерабатывающего завода / Н. С. Соколов, Н. П. Майорова // Евразийский союз ученых. – 2020. – № 6-2 (75). – С. 14–17.
15. Кузьмина, Т. К. Особенности использования технологии информационного моделирования при осуществлении строительного контроля / Т. К. Кузьмина, Л. И. Ледовских // Строительное производство. – 2021. – № 4. – С. 49–53.
7. Ruban, I. A. Kontrol' kachestva stroitel'nykh работ 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. – Pp. 372–377.
8. Ovchinnikov, A. N. Modelirovanie protsessov upravleniya informatsionnymi potokami pod vozdejstviem 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 : DIA Publishing House, 2021. – 268 p.
9. 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. Oleynik // Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva : Vserossijskaya nauchnaya konferentsiya, Sankt-Peterburg, 4 fevralya 2019 g. [Organization of construction production : All-Russian Scientific Conference, St. Petersburg, February 4, 2019]. – 2019. – Pp. 31–36.
10. Negativnye posledstviya dlya zastrojshhika (tekhnicheskogo zakazchika), vznikayushhie 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 // BСТ: Byulleten' stroitel'noj tekhniki [BСТ: Bulletin of construction equipment]. – 2018. – № 9 (1009). – Pp. 40–41.
11. Topchy, 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. Topchy, V. A. Skakalov // Nauchnoe obozrenie [Scientific Review]. – 2017. – No. 11. – Pp. 97–100.
12. Oleynik, 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. Oleynik, A. D. Ulitina // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2020. – No. 4. – Pp. 22–27.
13. Borisova, M. D. Stroitel'nyj kontrol' s ispol'zovaniem tekhnologij informatsionnogo modelirovaniya [Construction control using information modeling technologies] / M. D. Borisova, V. F. Popovtsev, N. S. Astafieva // Nedelya nauki ISI : Sbornik materialov Vserossijskoj konferentsii, Sankt-Peterburg, 04–10 aprelya

- 2022 goda [ISI Science Week : Collection of materials of the All-Russian Conference, St. Petersburg, April 04–10, 2022]. – Part 2. – 2022. – Pp. 364–367.
14. Sokolov, N. S. Rol' sluzhby stroitel'nogo kontrolya, BIM-tekhnologij i sluzhby material'no- tekhnicheskogo snabzheniya pri stroitel'stve neftepererabatyvayushhego zavoda [The role of the construction control service, BIM technologies and logistics services in the construction of an oil refinery] /

УДК 69.058

DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_21

## Применение цифровых платформ в деятельности строительных лабораторий

The Use of Digital Platforms in the Activities of Construction Laboratories

Олейник Павел Павлович

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

Oleynik Pavel Pavlovich

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

Глуховский Сергей Викторович

Студент магистратуры, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, s.v.gluhovskiy@yandex.ru

Glukhovskiy Sergey Viktorovich

Master's student, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26, s.v.gluhovskiy@yandex.ru

Левиков Максим Антонович

Студент магистратуры, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, max.levikov@yandex.ru

Levikov Maxim Antonovich

Master's student, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26, max.levikov@yandex.ru

Романов Владислав Алексеевич

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

Romanov Vladislav Alekseevich

Master's student, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26, romaffvlad@mail.ru

**Аннотация.** Значительные объёмы и высокие темпы строительства в России предъявляют особые требования к контролю качества выполненных работ и применяемых материалов. Особую роль в проведении контроля качества выполняемых строительного-монтажных работ играют строительные испытательные лаборатории, осуществляющие контроль непосредственно на объектах строительства. Своевременный контроль за ходом строительного производства позволяет в полной мере получить информацию о качестве выпускаемой строительной продукции. Напротив, отсутствие лабораторного контроля на объектах строительства может привести к срыву сроков строительства и возникновению аварийных ситуаций.

В настоящее время, ввиду тенденции развития строительной отрасли за счёт цифровизации многих процессов, строительным лабораториям приходится интегрироваться в данный

**Abstract.** Significant volumes and high rates of construction in Russia impose special requirements on the quality control of completed works and the materials used. Construction testing laboratories, which carry out quality control directly at construction sites, play a particularly important role in controlling the

- N. S. Sokolov, N. P. Mayorova // Evrazijskij soyuz uchenykh [Eurasian Union of Scientists]. – 2020. – № 6-2 (75). – Pp. 14–17.
15. Kuzmina, T. K. Osobennosti ispol'zovaniya tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya pri osushhestvlenii stroitel'nogo kontrolya [Features of the use of information modeling technology in the implementation of construction control] / T. K. Kuzmina, L. I. Ledovskikh // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2021. – No. 4. – Pp. 49–53.

механизм, который, в свою очередь, не только позволит соответствовать современным требованиям контроля, но и повысит собственную эффективность. Целью исследования данной статьи является анализ применения цифровых платформ на примере платформы gisr.ru в работе существующей строительной лаборатории, осуществляющей свою деятельность на территории Москвы и Московской области. По результатам проведённого исследования определены основные векторы развития подобных цифровых платформ для интеграции деятельности строительных лабораторий в общую структуру строительного производства.

**Ключевые слова:** строительная лаборатория, межлабораторные сравнительные испытания, лабораторные информационные менеджмент-системы, цифровая платформа.

quality of construction and installation works. Timely control over the progress of construction allows for a comprehensive understanding of the quality of the construction products being produced. Conversely, the absence of laboratory control at construction sites can lead to construction delays and the occurrence of



emergency situations.

Currently, due to the trend of developing the construction industry through the digitalization of many processes, construction laboratories need to integrate into this mechanism, which, in turn, will not only meet modern control requirements but also improve their own efficiency. The purpose of this study is to analyze the use of digital platforms, using the example of the gsrk.ru platform, in the work of an existing construction laboratory operat-

### Введение

Строительство является одной из наиболее стабильных и быстро развивающихся отраслей экономики в России. Ежегодная тенденция роста реализованных строительных объектов даёт основания судить о высоких темпах его развития. Тот факт, что Россия занимает первое место в Европе по количеству жилых квартир на 10 000 человек, построенных в период с 2017 по 2019 гг., свидетельствует об эффективности развития строительной области в стране [1].

Ввиду роста числа строительных объектов на территории субъектов Российской Федерации также наблюдается рост числа строительных организаций: в период с 2010 года их количество увеличилось в 1,4 раза – с 196 до 279 тысяч. Эта динамика благоприятно сказалась на развитии всей строительной отрасли, поскольку с увеличением числа участников рынка увеличивается объём строительных работ [2].

По данным мониторинга Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, установлено, что на территории субъектов Российской Федерации в период с 2019 г. наблюдается рост введённого в эксплуатацию жилья. Данный показатель достиг максимума в 2023 г. и составил 110,44 млн кв. м (см. рисунок 1) [3; 4].

Согласно Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства, одобренной 26 октября 2022 г. на заседании Правительства, объём введённого в эксплуатацию жилья должен достичь 120 млн кв. м к 2030 г. По словам премьер-министра М. В. Мишустина, задача данной стратегии заключается в «системной трансформации» отрасли, в том числе за счёт цифровизации строительного процесса [5].

Порядок цифровизации строительной отрасли приведён в Распоряжении Правительства РФ от 27.12.2021 № 3883-р (ред. от 13.10.2022) «Об утверждении стратегического направления в области цифровой транс-

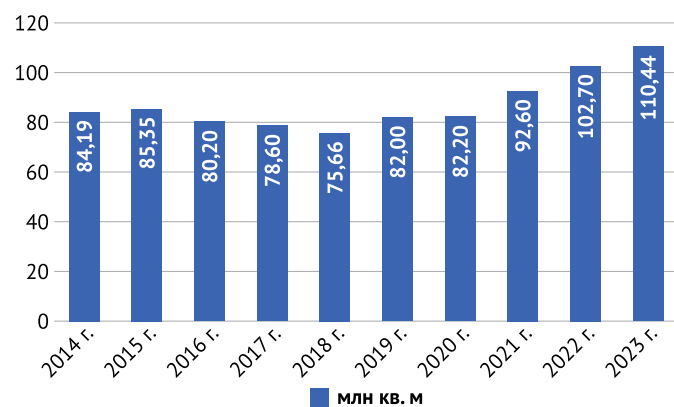


Рис. 1. Статистика ввода жилья на территории субъектов Российской Федерации в период с 2014 по 2023 г.

Fig. 1. Statistics of housing commissioning on the territory of the constituent entities of the Russian Federation in the period from 2014 to 2023

ing in Moscow and the Moscow region. Based on the results of the study, the main vectors for the development of such digital platforms for integrating the activities of construction laboratories into the overall structure of the construction production have been determined.

**Keywords:** construction laboratory, interlaboratory comparison tests, laboratory information management systems, digital platform.

формации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года» [6; 7].

В начале 2023 г. Минстрой России отчитался о достижении плановых показателей цифровой трансформации строительной отрасли в 2022 г. и отметил, что новая стратегия развития заключается в создании единого цифрового пространства для взаимодействия всех участников инвестиционно-строительного проекта на всех этапах для снижения себестоимости готового продукта и сокращения сроков его производства [8].

Постепенное внедрение данной стратегии в значительной степени поспособствует развитию строительной области и наращиванию объёмов вводимых в эксплуатацию зданий и сооружений гражданского и производственного назначения [9; 10].

Обязательства по оперативному предоставлению данных о фактическом состоянии материалов и конструкций на строительной площадке возложены на представителей строительных лабораторий. Цель строительных лабораторий – своевременное предоставление данных о качестве применяемых материалов и качестве выполненных работ, а также оповещение о выявленных нарушениях с целью их оперативного устранения. Но для того, чтобы сегодня деятельность данных организаций была эффективной и достоверной, необходима их интеграция в информационную модель, в которой находятся все участники инвестиционно-строительного проекта, т. к. это снизит временные затраты на предоставление информации всем заинтересованным сторонам с целью принятия дальнейших решений и вместе с тем снизит стоимостные затраты на устранение несоответствий, ведь оперативное устранение данных несоответствий на ранних стадиях всегда дешевле.

### Материалы и методы

Основным источником материалов для проведения исследований деятельности современных строительных лабораторий и их интеграции в цифровую среду являются статистические данные, собранные в период с 2020 по 2024 гг. в организации ООО «СтройЭксперт», осуществляющей лабораторную деятельность при строительстве объектов гражданского и промышленного назначения, а также при строительстве дорог и искусственных сооружений на территории Москвы и Московской области.

### Результаты

Перед анализом собранных данных следует отметить, что деятельность строительных лабораторий при контроле качества строительного производства можно разделить на 2 больших этапа:

- 1-й этап – проведение натурных испытаний материалов и конструкций с определением физических характеристик объектов контроля;
- 2-й этап – камеральная обработка полученных данных с дальнейшей передачей результатов испыта-

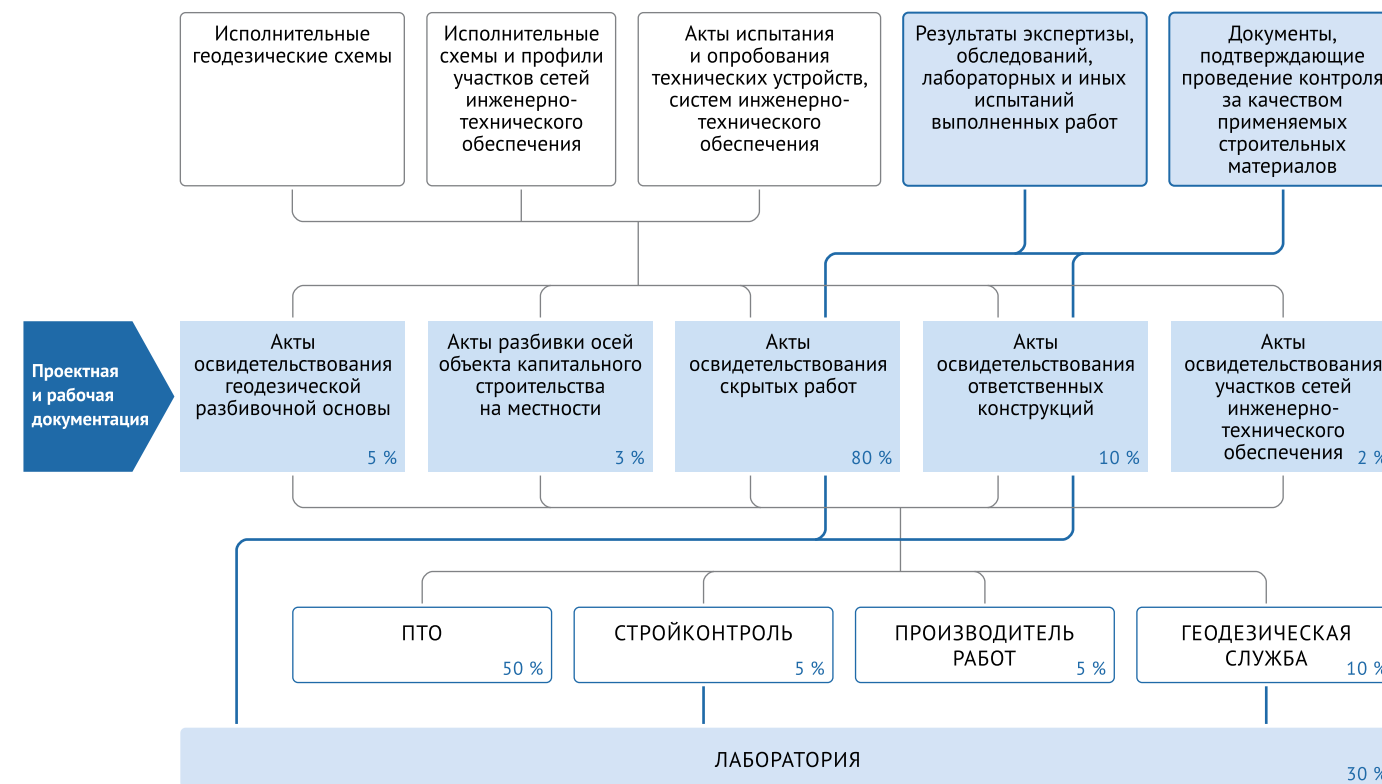


Рис. 2. Роль строительных лабораторий в процессе формирования исполнительной документации  
Fig. 2. The role of construction laboratories in the process of forming as-built documentation

ний заказчику в форме протоколов и технических заключений.

Предполагается, что при оптимизации рабочих процессов на данных этапах приведёт к оптимизации деятельности лаборатории в целом. Рассмотренный в данной статье опыт внедрения рабочих процессов в цифровую среду направлен на оптимизацию процессов 2-го этапа деятельности. Предполагается, что данный механизм приведёт к значительному прогрессу в скорости формирования исполнительной документации [11], подтверждающей факт качества выполненных работ, и повлечёт экономические выгоды для всего строительного производства, т. к. лаборатория является первоисточником для формирования будущей исполнительной документации (см. рисунок 2) [12].

Цифровизация 2-го этапа деятельности лабораторий, к которому относится камеральная обработка результатов и их выдача заказчику в форме протоколов и технических заключений, должна решать следующие проблемы:

1. Отсутствие единой базы данных, в которой размещены все документы, подтверждающие деятельность лабораторий, с возможностью оперативного поиска и воспроизведения документов за любой период;
2. Отсутствие единых форм протоколов испытаний допускает возникновение на одном и том же объекте нескольких видов документов, выдаваемых лабораториями, представляющими интересы разных участников строительного процесса;
3. Отсутствие возможности структурировать результаты испытаний в реестры, позволяющие отображать все несоответствия, выявленные в ходе реализации лабораторной деятельности;
4. Отсутствие возможности прогнозировать и анализировать эффективность работы организации,

основываясь на массиве данных, используя различные фильтры, отображающие различные аспекты лабораторной деятельности;

5. Отсутствие возможности ускорить формирование документов, ограничиваясь способностями работника, без возможности перевода части оформления в автоматический режим;
6. Отсутствие чёткого механизма взаимодействия и оперативной передачи информации внутри организации;
7. Абсолютная неготовность интеграции деятельности лаборатории в цифровую среду при использовании существующих программных продуктов.

Данные проблемы актуальны не только для строительных лабораторий, но и для всех участников строительного производства [13]. И в организациях, занимающихся фармацевтикой и биотехнологиями, появился механизм оптимизации деятельности, позволяющий работать с огромным массивом данных, который помогает структурировать, перенаправлять и архивировать результаты испытаний, повышая объективность и производительность работы [14]. Условия, в которых с каждым годом появляется всё больше оборудования, требующего автоматизированного управления и обслуживания, сподвигли данные организации внедрять в свою деятельность новые формы управления.

Одной из таких систем являются системы LIMS (англ. Laboratory Information Management System) – это специализированные приложения для управления, хранения и анализа данных, получаемых в исследовательских, клинических и аналитических лабораториях. Эти системы играют важную роль в организации рабочего процесса лаборатории, повышая эффективность, контроль качества и время выполнения задач. LIMS позволяет автоматизировать труд сотрудников, сократить количество ручных

операций и мониторить использование реактивов и расходников. В результате повышаются производительность труда и эффективность управления, снижаются расходы, позволяя организациям стать более конкурентоспособными в условиях современного рынка.

Многочисленные преимущества LIMS можно свести к следующим ключевым возможностям:

1. Управление. LIMS облегчает хранение, организацию, обработку и извлечение больших объёмов исследовательских данных;
2. Анализ. LIMS осуществляет глубокий анализ данных, экономя время сложных вычислений;
3. Сотрудничество. LIMS упрощает обмен данными при междисциплинарных исследованиях, обеспечивая коммуникации в реальном времени.

Системы информационного хранения (LIMS) теперь являются нормой в автоматизации лабораторий и относятся к рабочим станциям, которые имеют доступ к многофункциональным системам LIMS, автоматизирующим поток документов лаборатории и интегрирующим их с системами управления производством и предприятием. LIMS охватывает не только повседневные операции, но также поддерживает производство, управление качеством, соответствие нормативным требованиям и защиту окружающей среды. Цель – интеграция LIMS с системами автоматизации предприятий для повышения эффективности лаборатории и точности данных.

Возможности систем LIMS и перспективные пути расширения и интеграции функционала позволяют использовать их для различных видов испытательных лабораторий. Разработке и плавному внедрению способствует и нормативно-правовая база, изложенная в ГОСТ Р 53798-2010 «Стандартное руководство по лабораторным информационным менеджмент-системам (ЛИМС)» [15] и ГОСТ Р 54360-2011 «Лабораторные информационные менеджмент-системы (ЛИМС). Стандартное руководство по валидации ЛИМС» [16], в которых описаны основные принципы работы данных систем и принципиальные схемы взаимодействия участников, использующих данные системы, в едином поле данных. В настоящих стандартах рассматриваются проблемы и способы их решения на всех стадиях жизненного цикла лабораторных информационных менеджмент-систем от начала их эксплуатации и до изъятия из эксплуатации. Подразделы данных стандартов также содержат детальное описание возможностей LIMS при применении в конкретных областях промышленности и хозяйственной деятельности.

В результате существования нормативной базы по разработке, функционированию и обучению в применении данных систем на практике, а также опыт применения подобных систем в деятельности других организаций открывают возможности успешной интеграции систем LIMS в структуру строительных лабораторий, что повысит уровень эффективности и данных организаций в целом. Очевидно, система LIMS может быть полезна на каждом этапе работы лаборатории, способствуя упрощению и удешевлению рабочего процесса, повышению уровня контроля качества и увеличению производительности труда всей организации. Немаловажным фактором является автоматическое архивирование полученных данных и упрощение последующего поиска. Соответственно, LIMS может стать глобальной экологической средой лабораторий

любого размера, полностью обеспечивая трудовой процесс, исключая необходимость использования иного софта на всех этапах работы.

Попытку повысить уровень оптимизации путём внедрения в свою деятельность собственной цифровой платформы gisrk.ru предприняла строительная лаборатория «СтройЭксперт», чьи статистические данные позволят оценить эффективность использования данной платформы в реальности.

Изначально данная платформа создавалась и рассматривалась как инструмент, позволяющий защитить документы, выдаваемые данной организацией, от подделки и незаконного использования. Защита документов происходила за счёт присваивания каждому экземпляру уникального QR-кода, размещаемого в верхнем правом углу документа, при переходе по которому возникала возможность сверить данные, представленные в протоколе испытаний на бумажном носителе, с данными, подгруженными в информационное пространство при его формировании представителем камерального отдела строительной лаборатории. Данный механизм защиты позволил заказчику не сомневаться в достоверности результатов испытаний, а строительной лаборатории – не переживать за искажение результатов с целью сокрытия случаев выявленных несоответствий при строительстве.

За время использования на данной платформе было размещено более 120 000 документов. Способность оперативной обработки данных позволяет с высокой скоростью найти и восстановить любой документ, размещённый на данной платформе, без учёта срока давности его размещения.

В дальнейшем функционал данной платформы дополнили фильтрами, позволяющими систематизировать массив данных, получая следующие результаты:

- фильтр по критерию «несоответствия» позволил формировать отчёты по выявленным нарушениям строительного производства в плане его качества для уведомления руководителей строительства с возможностью оперативного устранения выявленных несоответствий;
- появилась возможность оценивать работу сотрудников камерального отдела путём подсчёта количества сформированных документов по результатам испытаний;
- фильтр, связанный с финансовой стороной оказания услуг по лабораторному сопровождению, позволил оперативно подсчитывать объёмы выполненных работ за расчётный период и передавать данные объёмы для формирования бухгалтерских документов.

Перечисленные способы сбора, обработки и анализа полученных данных позволили регулировать деятельность строительной лаборатории путём внедрения инструментов автоматизации некоторых процессов внутри организации и регулировать данные процессы с целью повышения эффективности организации в целом.

Следующим этапом развития и расширения функционала данной цифровой платформы является разработка форм документов, выдаваемых строительными лабораториями по результатам испытаний, с возможностью их дальнейшего формирования практически в автоматическом режиме, увеличивая скорость обработки результатов

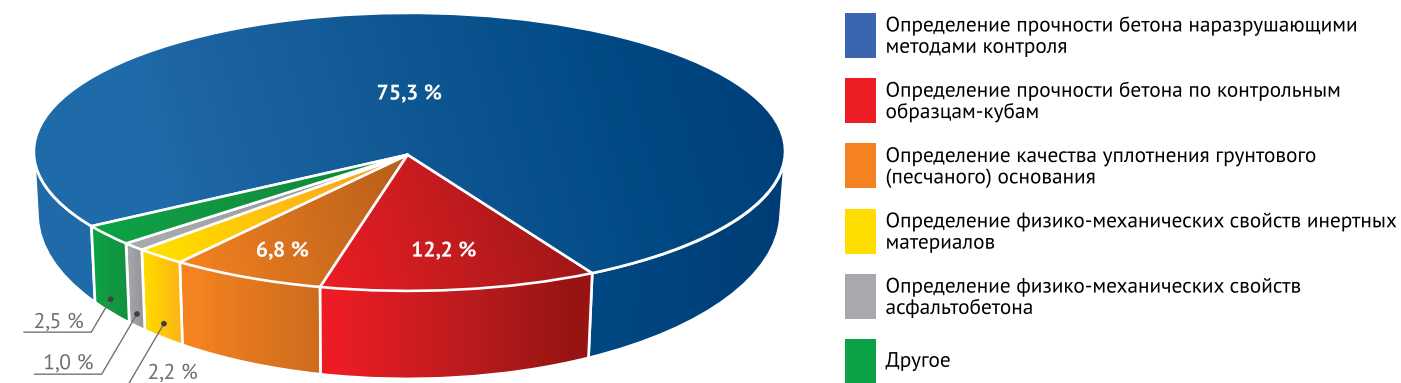


Рис. 3. Процентное соотношение выдаваемых протоколов строительной лабораторий «СтройЭксперт»  
Fig. 3. Percentage of protocols issued by StroyExpert construction laboratories

и повышая эффективность сотрудников камерального отдела.

Учитывая специфику монолитного домостроения, проанализировав статистические данные протоколов по видам испытаний, было установлено, что приоритетным направлением в ходе разработки форм является создание протокола по определению прочности бетона неразрушающими методами, ведь их объём составляет 75,3 % от объёма всех выдаваемых документов (см. рисунок 3).

Перед созданием алгоритма формирования протоколов по результатам определения прочности бетона неразрушающими методами ожидалось, что после его тестирования и внедрения увеличится скорость их формирования, а значит и объём всех выдаваемых протоколов, что повысит эффективность обработки результатов и решит проблему задержки выдачи протоколов испытаний ввиду сложности обработки большого количества первичных данных. Также это должно решить проблему опечаток и ошибок, связанных с человеческим фактором, т. к. большинство процессов при формировании данных документов будет проходить в автоматическом режиме.

В апреле 2023 года, после 3 месяцев тестирования, в данной цифровой платформе был оформлен первый протокол. С начала работы данной системы объём сформированных документов насчитывает 28 487 экземпляров, что превышает количество оформленных протоколов за аналогичный период без внедрения данной методики оформления на 47 % (в период с апреля 2022 г. по апрель 2023 г. было оформлено 19 379 протоколов). Следует

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строительная отрасль в России: перспективы развития / РБК : [электронный ресурс]. – 2022. – URL: <https://ekb.plus.rbc.ru/partners/62625bd87a8aa92fc532828a> (дата обращения: 26.03.2024).
2. Таряник, Т. Н. Современное состояние и перспективы развития строительства в РФ / Т. Н. Таряник / Справочник Автор24 : [электронный ресурс]. – 2024. – URL: [https://spravochnik.ru/ekonomika/sovremennoe\\_sostoyanie\\_i\\_perspektivy\\_razvitiya\\_stroitelstva\\_v\\_rf/](https://spravochnik.ru/ekonomika/sovremennoe_sostoyanie_i_perspektivy_razvitiya_stroitelstva_v_rf/) (дата обращения: 09.01.2024).
3. Мониторинг объёмов жилищного строительства / Минстрой России : [электронный ресурс]. – 2024. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/trades/zhilishnaya-politika/8/> (дата обращения: 19.02.2024).
4. Подведены итоги жилищного строительства в 2023 году / Минстрой России : [электронный ресурс]. – 2024. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/press/podvedeny-itogi-zhilishchnogo-stroitelstva-v-2023-godu/> (дата обращения: 26.01.2024).
5. Крючкова, Е. Строительству возвели стратегию / Е. Крюч-

отметить, что данное увеличение объёма выданных документов не связано с увеличением объёма контролируемых конструкций. Их средний объём за контролируемый период был близок: в период с апреля 2022 г. по апрель 2023 г. средний объём контролируемых конструкций составлял 21 450 м<sup>3</sup>/месяц, а в период с апреля 2023-го по апрель 2024 г. – 25 120 м<sup>3</sup>/месяц.

Данные показатели подтвердили эффективность внедрения данной модели в структуру работы камерального отдела, повысив скорость обработки первичных данных и снизив случаи ошибок, допускаемых при оформлении. Постепенное расширение функционала данной цифровой платформы путём разработки новых форм протоколов и отчётов позволит сохранить тенденцию оптимизации рабочего процесса строительной лаборатории и повышения общего уровня строительного производства за счёт цифровизации многих процессов [17].

#### Заключение

Изучив факторы, влияющие на оптимизацию деятельности строительных лабораторий, было установлено, что одним из основных направлений является постепенный перевод деятельности лабораторий и менеджмента качества в цифровую среду. Постепенная интеграция рабочих процессов в цифровое пространство позволит строительным лабораториям соответствовать основному вектору развития строительной отрасли в России, интегрировать свою деятельность в строительное производство, повышать свою эффективность и оставаться конкурентоспособными на рынке.

- кова // Коммерсантъ. – № 200. – 2022. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5634171> (дата обращения: 26.03.2024).
6. Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года : Распоряжение Правительства РФ от 27.12.2021 N 3883-р (ред. от 13.10.2022) // ЮИС Легалакт : [электронный ресурс]. – URL: <https://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-pravitelstva-rf-ot-27122021-n-3883-r-ob-utverzhenii/> (дата обращения: 20.03.24).
  7. Макаренко, О. И. Инновационные императивы развития современных строительных материалов и технологий в жилищном строительстве / О. И. Макаренко. – DOI 10.18334/zhs.10.1.117517 // Жилищные стратегии. – 2023. – № 1. – С. 43–60.
  8. Цифровая стройка: как «умные» технологии меняют Москву / РБК : [электронный ресурс]. – 2023. – URL: [https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/31/03/2023/6426a0669a7947359e8fc884](https://www.rbc.ru/technology_and_media/31/03/2023/6426a0669a7947359e8fc884) (дата обращения: 10.02.24).
  9. Чвилев, А. Н. Современные тенденции и перспективы раз-



- вятия строительной отрасли / А. Н. Чвилев // Строительное производство. – 2023. – № 4 (48). – С. 25–31.
10. Кан, Д. Некоторые тенденции и перспективы развития строительной отрасли в России / Д. Кан // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 2. – С. 1–10.
  11. Гилязов, И. Р. Анализ возможностей цифровизации строительного комплекса для совершенствования ведения исполнительной документации / И. Р. Гилязов, А. В. Новосёлов // Современное строительство и архитектура. – 2024. – № 2 (45). – URL: <https://modern-construction.ru/archive/2-45-2024-february/10.18454/mca.2024.45.1> (дата обращения: 18.05.2024).
  12. Ахтямов, Э. Совершенствование законодательства по техническому регулированию в области строительных лабораторий : презентация : [электронный ресурс] / Э. Ахтямов ; НИИСТРОМ ; НОСТРОИ. – 2021. – URL: [https://nostroy.ru/news\\_files/2021/09/13/tech-reg/5.%20Ахтямов%20Э.Р.pdf](https://nostroy.ru/news_files/2021/09/13/tech-reg/5.%20Ахтямов%20Э.Р.pdf).
  13. Эсхаджиева, Х. Х. Проблемы и перспективы развития строительной отрасли в Российской Федерации / Х. Х. Эсхаджиева, И. М. Дубаева, А. Б. Ахмедова // Прикладные экономические исследования. – 2023. – № 1. – С. 174–180.

## REFERENCES

1. Stroitel'naya otrasl' v Rossii: perspektivy razvitiya [The construction industry in Russia: development prospects] / RBK [RBC] : [electronic resource]. – 2023. – URL: <https://ekb.plus.rbc.ru/partners/62625bd87a8aa92fc532828a> (date of reference: 03.26.2024).
2. Taryanik, T. N. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya stroitel'stva v RF [The current state and prospects of construction development in the Russian Federation] / T. N. Taryanik / Spravochnik Avtor24 [Handbook Author24] : [electronic resource]. – 2024. – URL: [https://spravochnik.ru/ekonomika/sovremennoe\\_sostoyanie\\_i\\_perspektivy\\_razvitiya\\_stroitelstva\\_v\\_rf/](https://spravochnik.ru/ekonomika/sovremennoe_sostoyanie_i_perspektivy_razvitiya_stroitelstva_v_rf/) (date of access: 09.01.2024).
3. Monitoring ob'yomov zhilishhnogo stroitel'stva [Monitoring of housing construction volumes] / Minstroy Rossii [The Ministry of Construction of Russia] : [electronic resource]. – 2024. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/trades/zhilishhnaya-politika/8/> (date of reference: 02.19.2024).
4. Podvedeny itogi zhilishhnogo stroitel'stva v 2023 godu [The results of housing construction in 2023 have been summarized] / Minstroy Rossii [The Ministry of Construction of Russia] : [electronic resource]. – 2024. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/press/podvedeny-itogi-zhilishhnogo-stroitelstva-v-2023-godu/> (date of access: 01.26.2024).
5. Kryuchkova, E. Stroitel'stvu vozveli strategiyu [They built a strategy for construction] / E. Kryuchkova // Kommersant [Kommersant]. – No. 200. – 2022. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5634171> (date of appeal: 03.26.2024).
6. Ob utverzhdenii strategicheskogo napravleniya v oblasti tsifrovoy transformatsii stroitel'noy otrasli, gorodskogo i zhilishhno-kommunal'nogo khozyajstva Rossijskoj Federatsii do 2030 goda [On approval of the strategic direction in the field of digital transformation of the construction industry, urban and housing and communal services of the Russian Federation until 2030] : Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 27.12.2021 N 3883-r (red. ot 13.10.2022) [Decree of the Government of the Russian Federation dated 12/27/2021 N 3883-r (ed. from 10/13/2022)] // YUIS Legalakt [UIS Legalact] : [electronic resource]. – URL: <https://legalacts.ru/doc/rasporyazhenie-pravitelstva-rf-ot-27122021-n-3883-r-ob-utverzhdenii/> (accessed 03/20/24).
7. Makarenko, O. I. Innovatsionnye imperativy razvitiya sovremennykh stroitel'nykh materialov i tekhnologij v zhilishhnom stroitel'stve [Innovative imperatives of the development of modern building materials and technologies in housing construction] / O. I. Makarenko. – DOI 10.18334/zhs.10.1.117517 // Zhilishhnye strategii [Housing strategies]. – 2023. – No. 1. –

14. Хаммуд, А. А. Системы LIMS в России / А. А. Хаммуд // РБК : [электронный ресурс]. – 2023. – URL: <https://companies.rbc.ru/news/wN48juiqj6/sistemy-lims-v-rossii/> (дата обращения: 24.03.2024).
15. Стандартное руководство по лабораторным информационным менеджмент-системам (ЛИМС) : ГОСТ Р 53798-2010 : Национальный стандарт Российской Федерации : утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 июня 2010 г. № 116-ст. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 74 с.
16. Лабораторные информационные менеджмент-системы (ЛИМС). Стандартное руководство по валидации ЛИМС : ГОСТ Р 54360-2011 : Национальный стандарт Российской Федерации : утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 июня 2011 г. № 190-ст. – Москва : Стандартинформ, 2011.
17. Уварова, С. С. Цифровизация строительства в проекции теории организационно-экономических изменений / С. С. Уварова, А. А. Паненков, Я. Л. Сонин // Экономика строительства. – 2020. – № 1 (61). – С. 31–39.

Рр. 43–60.

8. Tsifrovaya strojka: kak «umnye» tekhnologii menyayut Moskvu [Digital construction: how «smart» technologies are changing Moscow] / RBK [RBC] : [electronic resource]. – 2023. – URL: [https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/31/03/2023/6426a0669a7947359e8fc884](https://www.rbc.ru/technology_and_media/31/03/2023/6426a0669a7947359e8fc884) (date of reference: 02.10.24).
9. Chvilev, A. N. Sovremennye tendentsii i perspektivy razvitiya stroitel'noy otrasli [Modern trends and prospects for the development of the construction industry] / A. N. Chvilev // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2023. – No. 4 (48). – Pp. 25–31.
10. Kan, D. Nekotorye tendentsii i perspektivy razvitiya stroitel'noy otrasli v Rossii [Some trends and prospects for the development of the construction industry in Russia] / D. Kan // Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik [International Student Scientific Bulletin]. – 2017. – No. 2. – Pp. 1–10.
11. Gilyazov, I. R. Analiz vozmozhnostej tsifrovizatsii stroitel'nogo kompleksa dlya sovershenstvovaniya vedeniya ispolnitel'noj dokumentatsii [Analysis of the possibilities of digitalization of the construction complex for improving the management of executive documentation] / I. R. Gilyazov, A. V. Novoselov // Sovremennoe stroitel'stvo i arkhitektura [Modern construction and architecture]. – 2024. – No. 2 (45). – URL: <https://modern-construction.ru/archive/2-45-2024-february/10.18454/mca.2024.45.1> (date of application: 05/18/2024).
12. Akhtyamov, E. Sovershenstvovanie zakonodatel'stva po tekhnicheskomu regulirovaniyu v oblasti stroitel'nykh laboratorij : prezentatsiya [Improvement of legislation on technical regulation in the field of construction laboratories : presentation] : [electronic resource] / E. Akhtyamov ; NIISTROM ; NOSTROI. – 2021. – URL: [https://nostroy.ru/news\\_files/2021/09/13/tech-reg/5.%20Ахтямов%20Э.Р.pdf](https://nostroy.ru/news_files/2021/09/13/tech-reg/5.%20Ахтямов%20Э.Р.pdf).
13. Eshajieva, H. H. Problemy i perspektivy razvitiya stroitel'noy otrasli v Rossijskoj Federatsii [Problems and prospects of development of the construction industry in the Russian Federation] / H. H. Eshajieva, I. M. Dubaeva, A. B. Akhmedova // Prikladnye ehkonomicheskie issledovaniya [Applied economic research]. – 2023. – No. 1. – Pp. 174–180.
14. Hammud, A. A. Sistemy LIMS v Rossii [LIMS systems in Russia] / A. A. Hammud // RBK [RBC] : [electronic resource]. – 2023. – URL: <https://companies.rbc.ru/news/wN48juiqj6/sistemy-lims-v-rossii/> (date of reference: 03.24.2024).
15. Standartnoe rukovodstvo po laboratornym informatsionnym menedzhment-sistemam (LIMS) [Standard Guide for Laboratory Information Management Systems (LIMS)] : GOST R 53798-2010 : Natsional'nyj standart Rossijskoj Federatsii [GOST R 53798-2010 : National Standard of the Russian

Federation] : utverzhdyon i vvedyon v dejstvie Priказом Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 24 iyunya 2010 g. № 116-st [approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated June 24, 2010 No. 116-st]. – Moscow : Standartinform, 2010. – 74 p.

16. Laboratornye informatsionnye menedzhment-sistemy (LIMS). Standartnoe rukovodstvo po validatsii LIMS [Laboratory Information Management Systems (LIMS). Standard guidelines for the validation of LIMS] : GOST R 54360-2011 : Natsional'nyj standart Rossijskoj Federatsii [GOST R 54360-2011 : National Standard of the Russian Federation] : utverzhdyon i vvedyon v

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_27

## Особенности взаимодействия участников капитального ремонта объектов здравоохранения

Features of Interaction Between Participants in the Overhaul of Healthcare Facilities

### 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, kuzmina\_tk@mail.ru

### Kuzmina Tatiana Konstantinovna

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

### Абрегов Мухажир Альбертович

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

### Abregov Mukhazhir Albertovich

Postgraduate student of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, M\_abregov@bk.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, Teacher of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, zueva.dd@mail.ru

### Тарханян Тадевос Арменович

Студент магистратуры, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, t0400888@gmail.com

### Tarkhanyan Tadevos Armenovich

Master's Degree student, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, t0400888@gmail.com

**Аннотация.** Целью исследования является анализ особенностей взаимодействия участников капитального ремонта объектов здравоохранения в условиях реализации государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения». В статье рассматриваются функции, обязанности и схемы взаимодействия медицинских организаций, министерства здравоохранения, подведомственных организаций министерства здравоохранения, проектных и подрядных организаций, поставщиков оборудования и мебели, а также ресурсоснабжающих и информационных служб на каждом этапе капитального ремонта.

Методология исследования базируется на системном ана-

лизе нормативно-технической документации, научных трудов и практической деятельности при реализации конкретных проектов. Для определения факторов, влияющих на проведение капитального ремонта, использован метод экспертных оценок. Эксперты оценивали значимость факторов, влияющих на управление проектами при капитальном ремонте объектов здравоохранения.

17. Uvarova, S. S. TSifrovizatsiya stroitel'stva v proektsii teorii organizatsionno-ehkonomicheskikh izmenenij [Digitalization of construction in the projection of the theory of organizational and economic changes] / S. S. Uvarova, A. A. Panenkov, Ya. L. Sonin // Ehkonomika stroitel'stva [The economics of construction]. – 2020. – No. 1 (61). – Pp. 31–39.

Результаты исследования выявили основные этапы капитального ремонта, ключевых участников, их роли и функции, а также схемы взаимодействия. Выявлены основные проблемы, возникающие на каждом этапе, и предложены рекомендации для их решения. Исследование показало, что успешная ре-

ализе нормативно-технической документации, научных трудов и практической деятельности при реализации конкретных проектов. Для определения факторов, влияющих на проведение капитального ремонта, использован метод экспертных оценок. Эксперты оценивали значимость факторов, влияющих на управление проектами при капитальном ремонте объектов здравоохранения.

© Кузьмина Т. К., Абрегов М. А., Бабушкина Д. Д., Тарханян Т. А., 2024, Строительное производство № 2'2024

лизация проектов зависит от эффективного взаимодействия и чёткого соблюдения процедур всеми участниками.

В заключение, для повышения эффективности капитального ремонта медицинских учреждений необходимы высокая квалификация всех участников проекта и их готовность к оперативному решению задач. Соблюдение современных

**Abstract.** The purpose of the study is to analyze the specifics of the interaction of participants in the overhaul of healthcare facilities in the context of the implementation of the State Program of the Russian Federation "Development of healthcare". The article discusses the functions, responsibilities and schemes of interaction between medical organizations, the Ministry of Health, subordinate organizations of the Ministry of Health, design and contracting organizations, suppliers of equipment and furniture, as well as resource supply and information services at each stage of major repairs.

The research methodology is based on a systematic analysis of regulatory and technical documentation, scientific papers and practical activities in the implementation of specific projects. To determine the factors influencing the overhaul, the method of expert assessments was used. Experts assessed the importance of factors affecting project management during the overhaul of healthcare facilities.

**Введение**

В условиях реализации государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения», которая направлена на совершенствование оказания медицинской помощи, капитальный ремонт медицинских учреждений приобретает особую значимость [1; 2].

Капитальный ремонт объектов здравоохранения – это комплекс мероприятий, направленных на поддержание функциональности, а также модернизацию медицинского учреждения [3]. От текущего состояния объектов здравоохранения напрямую зависит качество предоставления медицинских услуг населению [4].

В процессе осуществления капитального ремонта задействовано большое количество участников, имеющих

требований и стандартов медицинской практики способствует улучшению качества медицинских услуг и повышению удовлетворённости пациентов.

**Ключевые слова:** капитальный ремонт, объекты здравоохранения, медицинская организация, проектная документация, строительно-монтажные работы, особенности взаимодействия.

The results of the study revealed the main stages of major repairs, key participants, their roles and functions, as well as interaction schemes. The main problems that arise at each stage are identified and recommendations for their solution are proposed. The study showed that the successful implementation of projects depends on effective interaction and strict adherence to procedures by all participants.

In conclusion, in order to increase the efficiency of capital repairs of medical institutions, high qualifications of all project participants and their readiness to promptly solve problems are necessary. Compliance with modern requirements and standards of medical practice contributes to improving the quality of medical services and increasing patient satisfaction.

**Keywords:** major repairs, healthcare facilities, medical organization, design documentation, construction and installation work, features of interaction.

свою уникальную роль и обладающих различным уровнем опыта и знаний в области капитального ремонта медицинских учреждений. Они вступают во взаимодействие между собой в определённые моменты на различных этапах проекта. В процессе выполнения работ часто возникают трудности, которые связаны со взаимодействием всех участников – начиная от этапа планирования до передачи здания в эксплуатацию [5]. Успешность реализации проекта зависит от эффективности их взаимодействия между собой.

Настоящая статья посвящена исследованию основных участников в сфере организации и проведения капитального ремонта объектов здравоохранения. В ней рассматриваются их функции, обязанности, а также схемы

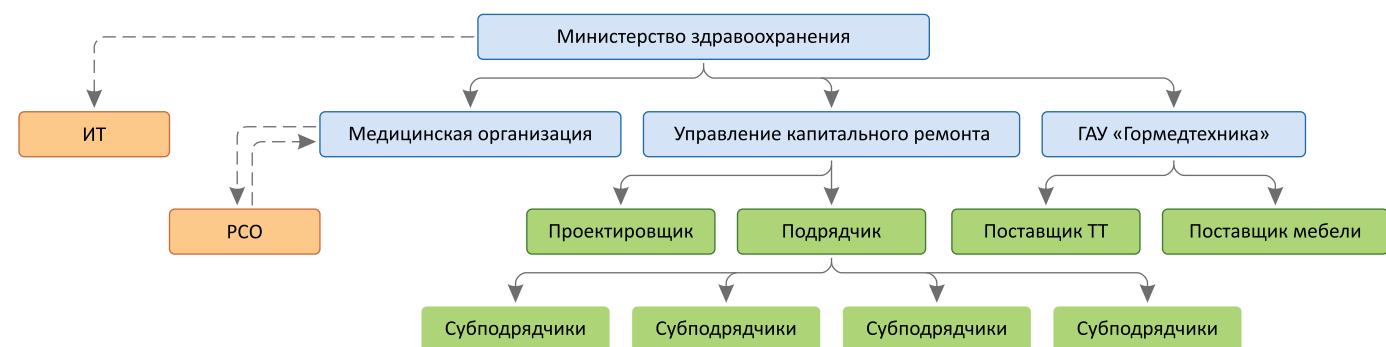


Рис. 1. Основные участники капитального ремонта объектов здравоохранения (заказчик – УКР)  
Fig. 1. The main participants in the overhaul of healthcare facilities (the customer is UKR)

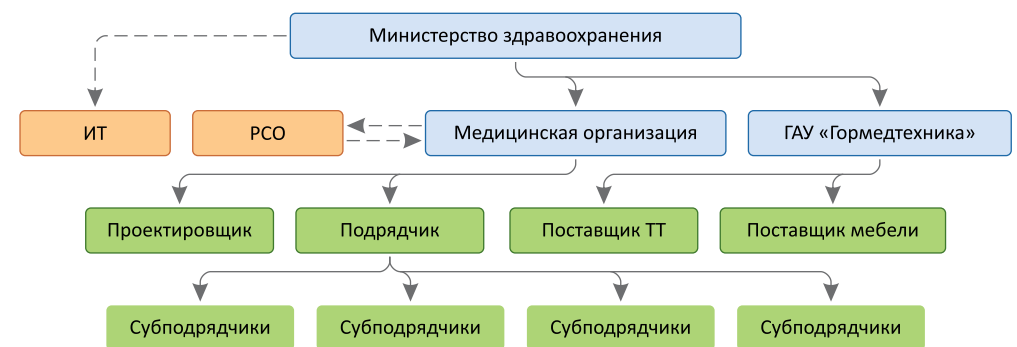


Рис. 2. Основные участники капитального ремонта объектов здравоохранения (заказчик – МО)  
Fig. 2. The main participants in the overhaul of healthcare facilities (the customer is MO)



Рис. 3. Этапы проведения капитального ремонта объектов здравоохранения  
Fig. 3. Stages of major repairs of healthcare facilities

взаимодействия вовлечённых сторон на каждом этапе капитального ремонта. В ходе исследования выявляются основные проблемы и предлагаются рекомендации для их решения.

**Материалы и методы**

Данное исследование базируется на системном анализе существующей нормативно-технической документации, научных трудов в области проведения капитального ремонта лечебных учреждений и практической деятельности при реализации конкретных проектов. В ходе анализа были выявлены основные этапы проведения капи-

тального ремонта объектов здравоохранения, на каждом этапе определены основные участники, их роли, функции и взаимодействие данных организаций, а также влияние факторов на выполнение каждого этапа [6].

Для определения факторов, влияющих на проведение капитального ремонта лечебных учреждений, был использован метод экспертных оценок – метод Дельфи [7]. Экспертная группа в несколько этапов производила оценку наиболее значимых факторов. Экспертиза проводилась до тех пор, пока анализ результатов не показал, что мнения экспертов согласованы. Степень согласия мнени-

№ пп.	Участники	Основные функции			
		I этап	II этап	III этап	IV этап
1	Медицинская организация	– Проведение осмотра; – Заявка на КР	– Подготовка штатного расписания; – Формирование МТЗ; – Заявка на выдачу ТУ; – Согласование ЗНП; – Согласование АПР; – Согласование ПСД	– Участие в ПНР	– Приёмка объекта в эксплуатацию; – Получение лицензии на эксплуатацию
2	Министерство здравоохранения (Департамент здравоохранения)	– Включение в адресный перечень КР	– Утверждение МТЗ; – Утверждение ЗНП; – Согласование АПР; – Согласование ПСД	– Участие в ПНР	– Участие в приёмке объекта
3	УКР	– Проведение осмотра; – Акт осмотра; – Определение стоимости КР	– Проведение конкурентных процедур; – Согласование МТЗ; – Подготовка ЗНП; – Согласование АПР; – Согласование ПСД; – Приёмка ПСД	– Проведение конкурентных процедур; – Осуществление строительного контроля; – Участие в ПНР	– Участие в приёмке объекта
4	ГМТ	–	–	– Закупка ТТ; – Закупка мебели; – Приёмка помещений	– Поставка мебели
5	Проектировщик	–	– Сбор ИРД; – Проведение технического обследования; – Разработка АПР; – Разработка ПСД	– Авторский надзор	–
6	Генеральный подрядчик	–	–	– Разработка ППР; – Выполнение СМР; – Подготовка помещений ТТ; – Привлечение субподрядчиков; – Приёмка работ у субподрядчиков; – Проведение ПНР	– Передача объекта в эксплуатацию
7	Субподрядчик	–	–	– Выполнение СМР; – Сдача работ генподрядчику	–
8	PCSO	–	– Выдача ТУ; – Согласование РД	– Подтверждение выполнения ТУ	–
9	ИТ	–	– Выдача ТУ; – Согласование РД	– Подтверждение выполнения ТУ; – Приёмка сетей связи	–
10	Поставщик ТТ	–	– Подготовка ПТП; – Согласование ПД	– Приёмка помещения и инженерных систем в соответствии с ПТП; – Поставка ТТ; – Монтаж ТТ	–

Табл. 1. Основные функции участников капитального ремонта объектов здравоохранения  
Tab. 1. The main functions of participants in the overhaul of healthcare facilities



Этап проведения капитального ремонта	Инициирование проекта	Проектно-изыскательские работы	Строительно-монтажные работы	Передача в эксплуатацию
Среднее значение коэффициента конкордации (W)	0,66	0,63	0,70	0,68

Табл. 2. Средний показатель коэффициента конкордации  
Tab. 2. Average concordance rate

ний экспертов определялась с помощью коэффициента конкордации (W). Если результаты вычисления показывают коэффициент конкордации менее 0,5, это означает, что мнения экспертов недостаточно согласованы и необходимо проводить следующий раунд. Если по результатам раунда получается коэффициент больше 0,5, значит, мнения экспертов достаточно согласованы.

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

где W – коэффициент конкордации, n – количество оценщиков, k – количество объектов, S – сумма квадратов отклонений, как описано выше [8].

#### Результаты

Анализ показал, что особенность взаимодействия участников при осуществлении капитального ремонта объектов здравоохранения заключается в большом количестве участников с разными уровнями знаний в строительной сфере. Каждый участник имеет свою роль и индивидуальные цели, что создаёт сложности в координации и управлении проектами.

При капитальном ремонте объектов здравоохранения между собой взаимодействуют разные участники: медицинская организация (МО) [9], министерство здравоохранения или департамент здравоохранения (Министерство), подведомственные организации Министерства, отвечающие за проведение работ по проектированию и капитальному ремонту (Управление капитального ремонта, УКР), а также за организацию работ по поставке медицинского оборудования и мебели (ГАУ «Гормедтехника», ГМТ), проектная организация, генеральная подрядная организация, субподрядные организации, ресурсоснабжающие организации (РСО), организации по оказанию информационных услуг (ИТ), производители диагностического оборудования (тяжёлой техники) (Поставщик ТТ) и поставщики медицинской и немедицинской мебели (Поставщики мебели).

Заказчиком при капитальном ремонте объектов здравоохранения является УКР (рисунок 1), однако при частичном капитальном ремонте заказчиком может выступать и сама медицинская организация (рисунок 2).

В результате исследования были выявлены основные этапы проведения капитального ремонта объектов здравоохранения (рисунок 3).

На каждом этапе были определены основные участники, их роли и функции. Основные функции участников капитального ремонта объектов здравоохранения представлены в таблице 1.

По результатам экспертных оценок были установлены факторы, показавшие значимость при проведении капитального ремонта объектов здравоохранения. Для подтверждения согласованности мнений экспертов был проведён расчёт коэффициента конкордации. Средний показатель коэффициента конкордации представлен в таблице 2.

Выявленные факторы, влияющие на управление капитальным ремонтом объектов здравоохранения, представлены в таблице 3.

На этапе определения потребности медицинской организацией проводится предварительный осмотр зданий [11], составляется акт осмотра и подготавливается заявка для направления в Министерство. Министерство поручает УКР проверить необходимость проведения ремонта. В случае подтверждения необходимости УКР направляет ответ в Министерство с предварительной стоимостью проведения работ для включения в адресный перечень капитального ремонта объектов здравоохранения.

После включения в адресный перечень и выделения средств на выполнение проектно-изыскательских работ и строительно-монтажных работ по капитальному ремонту лечебного учреждения УКР проводит конкурентные процедуры для определения проектной организации, которая будет разрабатывать проектные решения по капитальному ремонту.

Схема взаимодействия участников на этапе определения потребности представлена на рисунке 4.

Основанием для проектирования является задание на проектирование (ЗНП), включающее в себя медико-технологическое задание (МТЗ) [12]. Медико-технологическое задание разрабатывает лечебное учреждение, задание на проектирование подготавливает заказчик. Все эти документы согласовываются до начала проектирования основными инициаторами проекта: Министерством, УКР, медицинской организацией (далее – Инициаторы).

Помимо задания на проектирование до начала проектирования необходимо произвести сбор исходно-разрешительной документации (далее – ИРД). Основные технические условия на присоединение к инженерным системам медицинская организация запрашивает у РСО и передаёт проектной организации.

На основании задания на проектирование и исходно-разрешительной документации проектной организацией разрабатываются архитектурно-планировочные решения (АПР), которые согласовываются Инициаторами. В случае, когда в объём капитального ремонта входит подготовка помещений для монтажа диагностического оборудования (ГТ), в проектной документации необходимо учитывать проектно-технологические предложения (ПТП) от производителя этого оборудования и мероприятия по защите от ионизирующего излучения.

Разработанная проектная документация помимо Инициаторов согласовывается ещё с Поставщиком ТТ и управлением по радиационной безопасности, а разработанная рабочая документация дополнительно ещё согласовывается с РСО на предмет выполнения требований ТУ.

Все этапы проектирования требуют тесного взаимодействия и согласования с региональным органом исполнительной власти, который отвечает за управление учреждениями здравоохранения, а также с заказчиком и

№	Наименование этапа	Усл. обоз.	Факторы	
1	2	3	4	
1	Инициирование проекта			
1.1	Определение потребности проведения капитального ремонта	Ф1.1	Несвоевременное обследование	
		Ф1.2	Некачественное обследование	
		Ф1.3	Отсутствие чёткой законодательной базы и базы проведённых ремонтных работ	
1.2	Заявка на проведение капитального ремонта	Ф1.4	Несо согласованность участников	
		Ф1.5	Качество технического обследования	
		Ф1.6	Бюрократические задержки, сложность процедур одобрения	
1.3	Включение в адресный перечень КР (формирование стоимости)	Ф1.7	Отсутствие точных нормативов и стандартов расчёта	
		Ф1.8	Несоответствие фактической потребности и заявленной потребности	
		Ф1.9	Ограниченность финансирования	
1.4	Выбор проектной/подрядной организации (ПО)	Ф1.10	Непрозрачный процесс определения подрядной организации	
		Ф1.11	Ограниченность квалифицированных специалистов	
		Ф1.12	Отсутствие базы опыта компаний в подобных проектах	
2	Проектно-изыскательские работы			
2.1	Разработка задания на проектирование (МТЗ, ЗНП, ПТП)	Ф2.1	Недостаточное понимание текущих и будущих потребностей медицинского учреждения	
		Ф2.2	Сложность интеграции современных медицинских технологий	
		Ф2.3	Несо согласованность участников	
2.2	Разработка архитектурно-планировочных решений (АПР)	Ф2.4	Недостаточное понимание текущих и будущих потребностей медицинского учреждения	
		Ф2.5	Сложность интеграции современных медицинских технологий	
		Ф2.6	Несо согласованность участников	
2.3	Разработка проектной документации	Ф2.7	Недостаточность исходных данных	
		Ф2.8	Несвоевременное получение технических условий	
		Ф2.9	Несо согласованность требований и пожеланий между участниками процесса	
		Ф2.10	Недостаточное финансирование на этапе проектирования	
		Ф2.11	Недостаточный уровень квалификации проектировщиков, нехватка специалистов	
		Ф2.12	Отсутствие законодательной базы, соответствующей современным потребностям	
		Ф2.13	Ограниченные сроки проектирования	
2.4		Разработка рабочей документации	Ф2.14	Недостаточная координация с ресурсоснабжающими организациями
			Ф2.15	Сложности коммуникации между различными заинтересованными сторонами
			Ф2.16	Недостаточный уровень квалификации проектировщиков, нехватка специалистов
	Ф2.17		Соответствие рабочей документации выполнению технических условий	
3	Строительно-монтажные работы			
3.1	Подготовительные работы	Ф3.1	Неправильность планирования	
		Ф3.2	Несвоевременная поставка материалов и оборудования	
		Ф3.3	Несоответствие ПОС фактическому положению	
3.2	Общестроительные работы	Ф3.4	Недостаточный строительный контроль	
		Ф3.5	Недостаточные квалификация и опыт строительных бригад	
		Ф3.6	Несвоевременная поставка материалов и оборудования	
		Ф3.7	Несо стыковки рабочей документации	
3.3	Монтаж разводки инженерных систем	Ф3.8	Сложность интеграции существующих систем с новыми	
		Ф3.9	Доступность инженерного оборудования	
		Ф3.10	Несо стыковки рабочей документации	
		Ф3.11	Нехватка квалифицированных специалистов	
3.4	Завершение работ	Ф3.12	Непредвиденные технические проблемы	
		Ф3.13	Неправильность планирования	
		Ф3.14	Изменения в проекте	
4	Передача в эксплуатацию			
4.1	Передача в эксплуатацию	Ф4.1	Несо согласованность требований и пожеланий между участниками	
		Ф4.2	Проблемы с соблюдением стандартов интерьера	
		Ф4.3	Недостаток ресурсов для исправления замечаний	
		Ф4.4	Обнаружение дефектов, не выявленных при строительном контроле	
		Ф4.5	Недостаток оперативности подрядных организаций	
		Ф4.6	Ограниченный временной ресурс до запланированной даты ввода в эксплуатацию	
		Ф4.7	Несоответствие выполненных работ требованиям безопасности и качества	

Табл. 3. Факторы, влияющие на управление капитальным ремонтом объектов здравоохранения  
Tab. 3. The main functions of participants in the overhaul of healthcare facilities

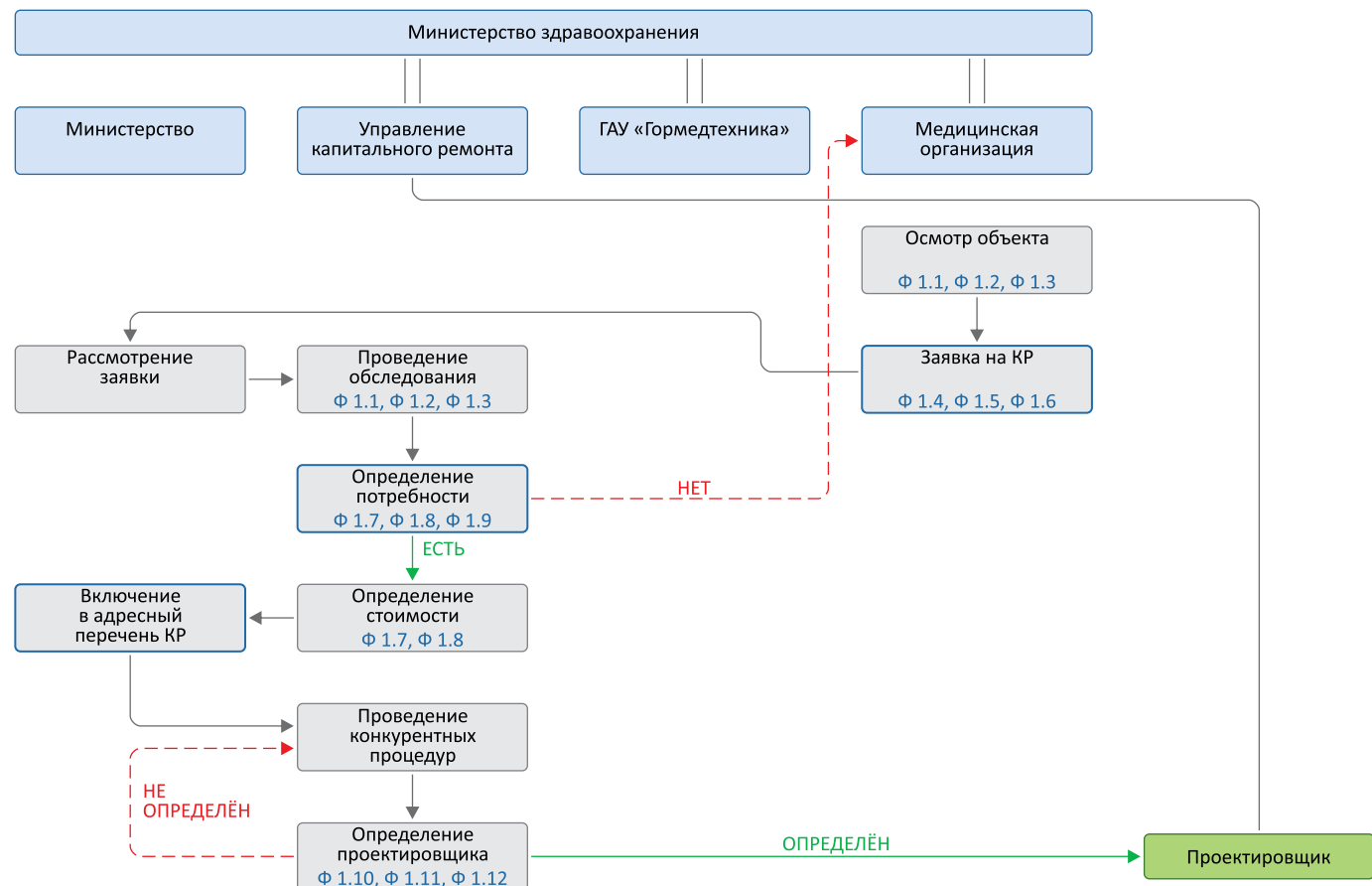


Рис. 4. Схема взаимодействия участников на этапе определения потребности  
Fig. 4. The scheme of interaction of participants at the stage of determining the need

самим медицинским учреждением. Это гарантирует соответствие проекта всем необходимым требованиям и стандартам, что особенно критично для обеспечения безопасности и функциональности медицинских учреждений.

После приёмки проектно-сметной документации (ПСД) от проектной организации заказчик готовит пакет документов для проведения конкурентной процедуры определения подрядной организации для выполнения строительно-монтажных работ (СМР).

После осуществления входного контроля ПСД подрядная организация разрабатывает проект производства работ, который должен учитывать комплекс мероприятий, не позволяющих нарушать деятельность соседних корпусов, а также обеспечивающих соблюдение контрольно-пропускного режима и внутренних положений медицинских организаций.

Схема взаимодействия участников на этапе выполнения проектно-исследовательских работ представлена на рисунке 5.

При проведении СМР важно тщательно спланировать график работ, предусматривая монтаж диагностического оборудования, медицинской и немедицинской мебели. Диагностическое оборудование и ряд медицинской мебели поставляется и монтируется ещё до завершения СМР. На этом этапе крайне важно точно соблюдать координацию и временные рамки, чтобы избежать пересечений и конфликтов между различными группами участников проекта. Подрядная организация должна работать в тесном сотрудничестве с Инициаторами проекта, поставщиками ТТ и мебели для обеспечения своевременной поставки и установки этих компонентов.

Схема взаимодействия участников на этапе выполне-

ния строительно-монтажных работ и передачи в эксплуатацию представлена на рисунке 6.

**Заключение**

Капитальный ремонт объектов здравоохранения представляет собой многоаспектный и сложный процесс, требующий тщательного планирования, координации и взаимодействия между множеством участников. Успех при реализации таких проектов во многом зависит от грамотной организации работы всех заинтересованных сторон: медицинских организаций, министерства здравоохранения, управляющих организаций, проектных и подрядных организаций, поставщиков оборудования и мебели, а также ресурсоснабжающих и информационных служб.

Эффективное взаимодействие и чёткое соблюдение установленных процедур на каждом этапе проекта – от определения потребности и планирования до выполнения строительно-монтажных работ и окончательной передачи объекта в эксплуатацию – являются ключевыми факторами, обеспечивающими качество и своевременное завершение капитального ремонта.

Для повышения эффективности взаимодействия всех участников проекта необходима высокая квалификация специалистов. Применение метода экспертных оценок позволило выявить основные проблемы. Система факторов, выявленных в ходе исследования, позволяет оптимизировать процессы капитального ремонта, улучшить взаимодействие между участниками проекта и исключить негативное влияние на каждом этапе. Разработанные схемы взаимодействия позволяют наглядно видеть процессы и связи между участниками на всех этапах осуществления капитального ремонта объектов здравоохранения.

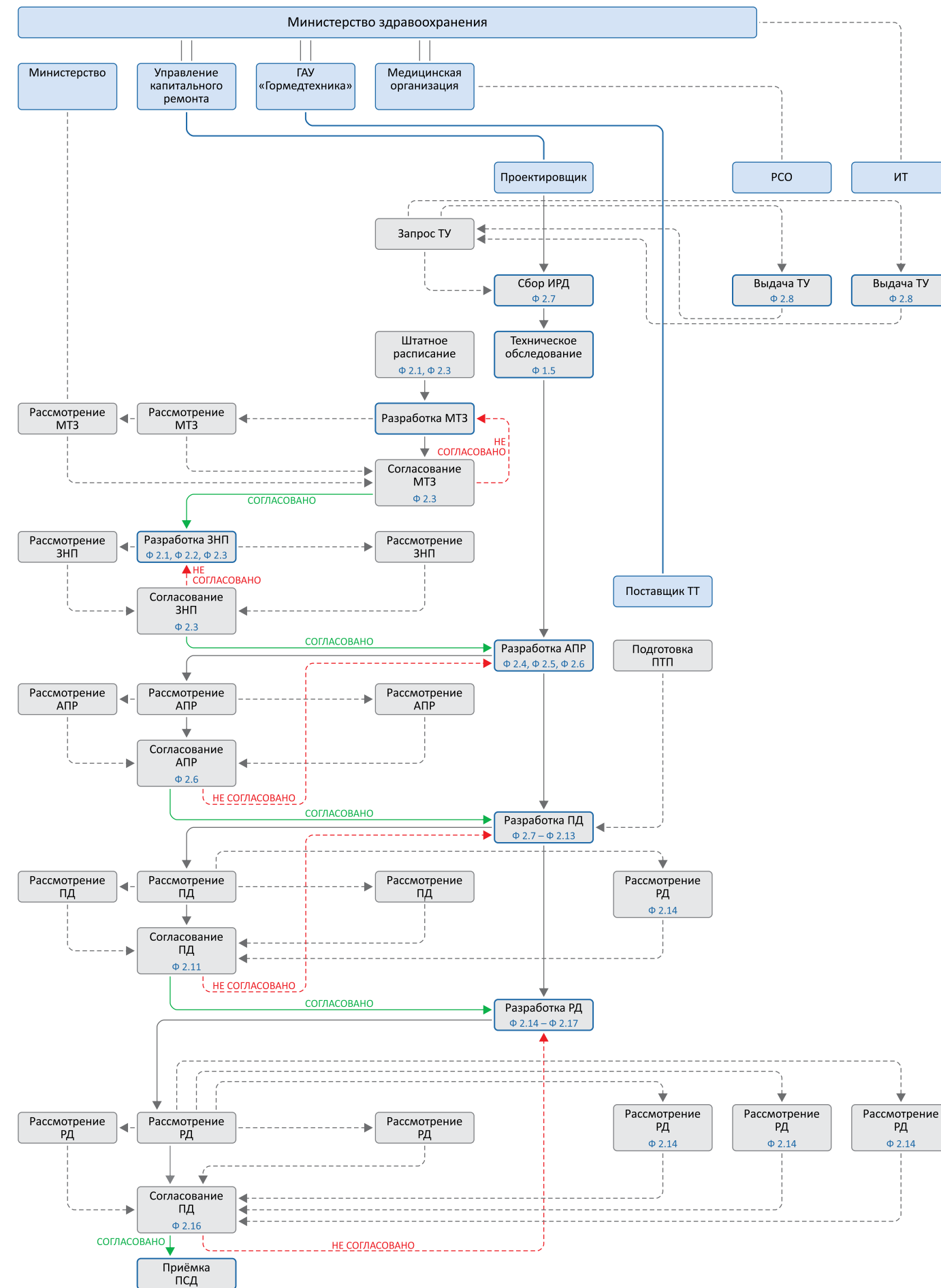
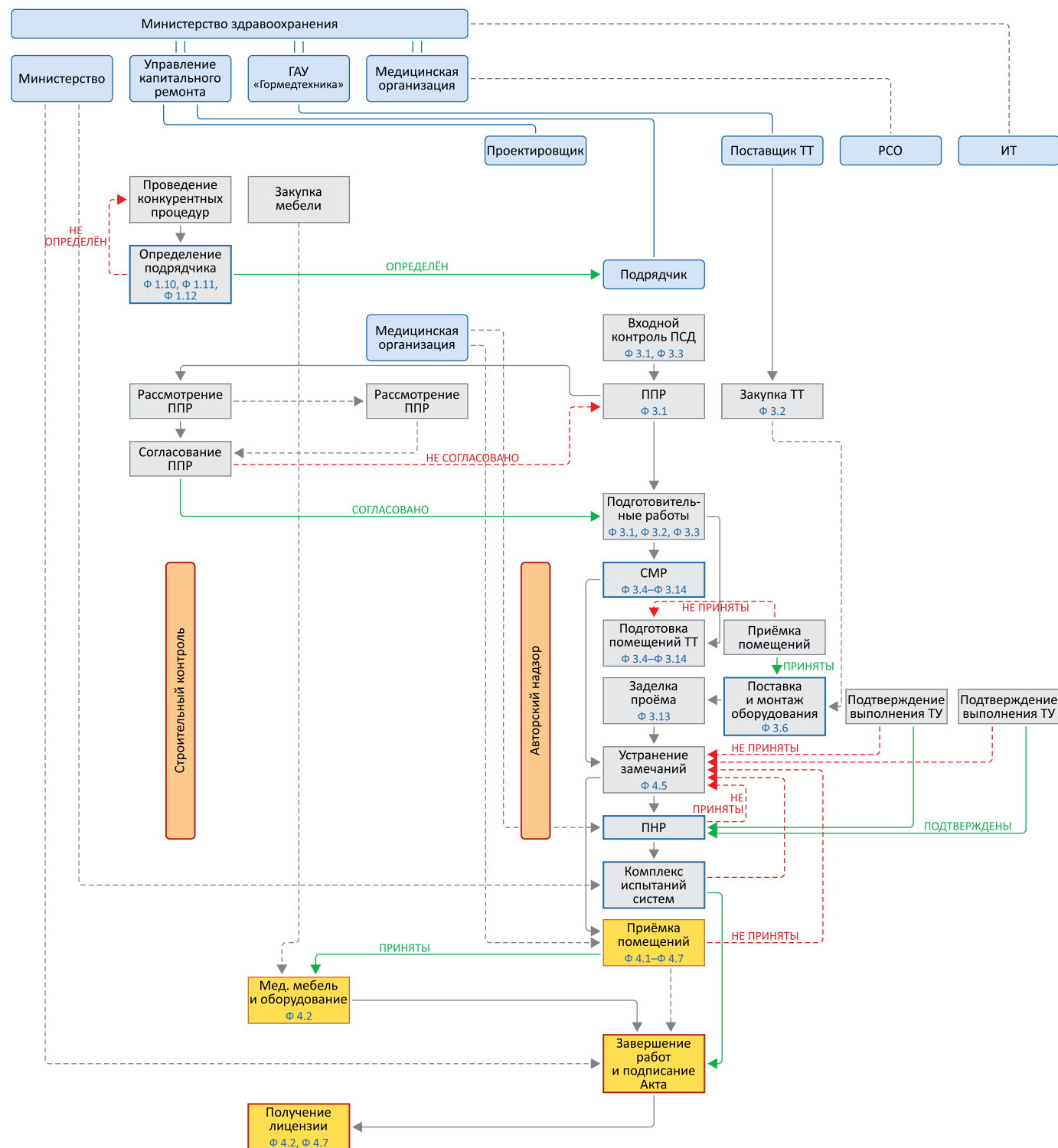


Рис. 5. Схема взаимодействия участников на этапе выполнения проектно-исследовательских работ  
Fig. 5. The scheme of interaction of participants at the stage of design and survey work





**Рис. 6.** Схема взаимодействия участников на этапе выполнения строительно-монтажных работ и передачи в эксплуатацию  
**Fig. 6.** The scheme of interaction of participants at the stage of construction and installation works and commissioning

Особое значение в процессе ремонта здравоохранительных учреждений приобретает адаптация под современные медицинские технологии и оборудование, требующие особого подхода к планированию и интеграции. Разработка и согласование проектной документации, включая технические условия и защиту от ионизирующего излучения, требуют максимальной точности и внимания к деталям.

Таким образом, для повышения эффективности капитального ремонта медицинских учреждений необходима не только высокая квалификация всех участников проекта, но и их готовность к оперативному решению возникающих задач и проблем. Реализация таких проектов должна вестись с постоянным учётом требований медицинской практики и санитарных норм, что в конечном итоге будет способствовать улучшению качества медицинских услуг и повышению уровня удовлетворённости пациентов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модернизация первичного звена здравоохранения Российской Федерации // национальные проекты.рф : [электронный ресурс]. – URL: xn--80aarpmpemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/projects/zdravookhraneniya/modernizatsiya-pervichnogo-zvena-zdravookhraneniya- (дата обращения: 19.11.2023).

2. Факторы, влияющие на эффективность проведения капитального ремонта объектов здравоохранения / Т. К. Кузьмина, Т. А. Тарханян, Д. Д. Бабушкина, А. С. Мезенцев // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 1 (109). – URL: pdfwww.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2024/8932 (дата обращения: 18.05.2024).

3. A beginner's guide to hospital renovation / The Korte Company : [official website]. – URL: korteco.com/construction-industry-articles/beginners-guide-hospital-renovation.
4. Фомочкина, О. И. Оценка состояния социальной инфраструктуры учреждений здравоохранения Ростовской области / О. И. Фомочкина // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4-1. – URL: cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-sotsialnoy-infrastruktury-uchrezhdeniy-zdravookhraneniya-rostovskoy-oblasti (дата обращения: 11.12.2023).
5. Анализ основных проблем планирования программ капитального ремонта / А. Ю. Кагазев, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев, А. О. Шестерикова // Перспективы науки. – 2022. – № 12 (159). – С. 81–86.
6. Topchiy, D. Destabilizing factors of urban renovation / D. Topchiy, S. Ekba, E. Kochurina. – DOI 10.1051/e3sconf/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. – Art. 04032.
7. 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. 958–963. – URL: cyberleninka.ru/article/n/metod-delfi-kak-instrument-effektivnogo-strategicheskogo-planirovaniya-i-upravleniya (дата обращения: 18.05.2024).
8. Рягин, Ю. И. Метод Дельфи как инструмент выявления согласованного мнения в современной студенческой среде при решении задач проектирования будущего / Ю. И. Рягин, М. И. Глушков, Л. А. Остроухова // Глобальная энергия. – 2013. – № 4-2 (183). – С. 228–235. – URL: cyberleninka.ru/article/n/metod-delfi-kak-instrument-vyavleniya-soglasovannogo-mneniya-v-sovremennoy-studencheskoy-srede-pri-reshenii-zadach-proektirovaniya-budushhego (дата обращения: 18.05.2024).
9. Гиря, Л. В. Проблемы технической эксплуатации и реконструкция объектов здравоохранения на примере г. Ростова-на-Дону / Л. В. Гиря, М. А. Рожина, Я. В. Иванча, О. Г. Коробенко, А. В. Гондусова // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 2 (74). – URL: cyberleninka.ru/article/n/problemy-tehnicheskoy-ekspluatatsii-i-rekonstruktsiya-obektov-zdravookhraneniya-na-primere-g-rostova-na-donu (дата обращения: 11.12.2023).
10. Экба, С. И. Выбор параметров организационно-технологических решений этапов жизненного цикла объектов жилищного строительства // Строительное производство. – 2021. – № 4. – С. 79–84. – URL: /elibrary.ru/item.asp?id=48038833 (дата обращения: 18.05.2024).
11. A systematic approach to technical inspection of construction projects / S. I. Ekba, A. E. Borovkova, D. M. Nikolenko, D. Koblyuk. – DOI 10.1051/e3sconf/202340207003 // E3S Web of Conferences : International Scientific Siberian Transport Forum - TransSiberia 2023, Novosibirsk, Russia, May 16-19, 2023. – Novosibirsk, Russia : EDP Sciences, 2023. – Vol. 402. – Art. 07003.
12. Далё Е. С. Актуальность функционально-технологических схем в нормативной документации по проектированию медицинских учреждений // Наука, образование и экспериментальное проектирование. – 2022. – № 1. – С. 203–205. – URL: cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-funktsionalno-technologicheskikh-shem-v-normativnoy-dokumentatsii-po-proektirovaniyu-meditsinskih-uchrezhdeniy (дата обращения: 19.11.2023).

#### REFERENCES

1. Modernizatsiya pervichnogo zvena zdavookhraneniya Rossijskoi Federatsii [Modernization of primary healthcare in the Russian Federation] // natsionalnyeproekty.rf : [electronic resource]. – URL: xn--80aarpmpemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/projects/zdravookhraneniya/modernizatsiya-pervichnogo-zvena-zdravookhraneniya.
2. Faktory, vliyayushhie na ehffektivnost' provedeniya kapital'nogo remonta ob'ektov zdavookhraneniya [Factors influencing the effectiveness of capital repairs of healthcare facilities] / T. K. Kuzmina, T. A. Tarkhanyan, D. D. Babushkina, A. S. Mezentsev // Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2024. – No. 1 (109). – URL: pdfwww.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2024/8932 (date of application: 05.18.2024).
3. A beginner's guide to hospital renovation / The Korte Company : [official website]. – URL: korteco.com/construction-industry-articles/beginners-guide-hospital-renovation.
4. Fomochkina, O. I. Otsenka sostoyaniya sotsial'noy infrastruktury uchrezhdeniy zdavookhraneniya Rostovskoy oblasti [Assessment of the state of the social infrastructure of healthcare institutions in the Rostov region] / O. I. Fomochkina // Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2012. – No. 4-1. – URL: cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-sotsialnoy-infrastruktury-uchrezhdeniy-zdravookhraneniya-rostovskoy-oblasti (date of application: 11.12.2023).
5. Analiz osnovnykh problem planirovaniya programm kapital'nogo remonta [Analysis of the main problems of planning capital repair programs] / A. Y. Kagazev, R. S. Fatullaev, A. O. Khubaev, A. O. Shestikova // Perspektivy nauki [Prospects of science]. – 2022. – No. 12 (159). – Pp. 81–86.
6. Topchiy, D. Destabilizing factors of urban renovation / D. Topchiy, S. Ekba, E. Kochurina. – DOI 10.1051/e3sconf/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. – Art. 04032.
7. Smirnova, Yu. A. Metod Del'fi kak instrument ehffektivnogo strategicheskogo planirovaniya i upravleniya [Delphi method as a tool for effective strategic planning and management] / Yu. A. Smirnova // Ehlektronnyy vestnik Rostovskogo sotsial'no-ehkonomicheskogo instituta [Electronic Bulletin of the Rostov Socio-Economic Institute]. – 2015. – No. 3-4. – Pp. 958–963. – URL: cyberleninka.ru/article/n/metod-delfi-kak-instrument-effektivnogo-strategicheskogo-planirovaniya-i-upravleniya (date of application: 05.18.2024).
8. Ryagin, Yu. I. Metod Del'fi kak instrument vvyavleniya soglasovannogo mneniya v sovremennoj studencheskoj srede pri reshenii zadach proektirovaniya budushhego [The Delphi method as a tool for identifying a consistent opinion in the modern student environment when solving problems of designing the future] / Yu. I. Ryagin, M. I. Glushkov, L. A. Ostroukhova // Global'naya ehnergiya [Global Energy]. – 2013. – No. 4-2 (183). – Pp. 228–235. – URL: cyberleninka.ru/article/n/metod-delfi-kak-instrument-vvyavleniya-soglasovannogo-mneniya-v-sovremennoy-studencheskoy-srede-pri-reshenii-zadach-proektirovaniya-budushhego (date of application: 18.05.2024).
9. Giry, L. V. Problemy tehnicheskoy ehkspluatatsii i rekonstruktsiya ob'ektov zdavookhraneniya na primere g. Rostova-na-donu [Problems of technical operation and reconstruction of health facilities on the example of Rostov-on-Don] / L. V. Giry, M. A. Rozhina, Ya. V. Ivancha, O. G. Korobenko, A. V. Gondusova // Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2021. – No. 2 (74). – URL: cyberleninka.ru/article/n/problemy-tehnicheskoy-ekspluatatsii-i-rekonstruktsiya-obektov-zdravookhraneniya-na-primere-g-rostova-na-donu (date of application: 11.12.2023).
10. Ekba, S. I. Vybor parametrov organizatsionno-technologicheskikh reshenii etapov zhiznennogo tsikla ob'ektov zhilishhnogo stroitel'stva [The choice of parameters of organizational and technological solutions of the stages of the life cycle of

housing construction facilities] // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2021. – No. 4. – Pp. 79–84. – URL: /elibrary.ru/item.asp?id=48038833 (date of application: 05.18.2024).

11. A systematic approach to technical inspection of construction projects / S. I. Ekba, A. E. Borovkova, D. M. Nikolenko, D. Koblyuk. – DOI 10.1051/e3sconf/202340207003 // E3S Web of Conferences: International Scientific Siberian Transport Forum - TransSiberia 2023, Novosibirsk, Russia, May 16-19, 2023. – Novosibirsk, Russia : EDP Sciences, 2023. – Vol. 402. –

Art. 07003.

12. Dale, E. S. Nauka, obrazovanie i eksperimental'noe proektirovanie [The relevance of functional and technological schemes in regulatory documentation for the design of medical institutions] // Nauka, obrazovanie i eksperimental'noe proektirovanie [Science, education and experimental design]. – 2022. – No. 1. – Pp. 203–205. – URL: cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-funktsionalno-tehnologicheskikh-shem-v-normativnoy-dokumentatsii-po-proektirovaniyu-meditsinskih-uchrezhdeniy (date of access: 11.19.2023).

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_36

## Перспективы развития и внедрения инновационной технологии возведения зданий различного назначения из крупногабаритных железобетонных модулей

Prospects for the Development and Implementation of Innovative Technology for the Construction of Buildings for Various Purposes from Large-Sized Reinforced Concrete Modules

**Амбарцумян Сергей Александрович**

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

Ambartsumyan Sergey Alexandrovich

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

**Колпаков Андрей Михайлович**

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Технологическое проектирование и управление качеством» института № 1 «Авиационная техника», ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ), Россия, 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, a.kolpakov@mai.ru

Kolpakov Andrey Mikhailovich

Candidate of Engineering Science, Senior Lecturer of the Department of Technological Design and Quality Management of the Institute No. 1 «Aviation Technology», Moscow Aviation Institute (National Research University) (MAI), Russia, 125993, Moscow, A-80, GSP-3, Volokolamskoe shosse, 4, a.kolpakov@mai.ru

**Мочалин Дмитрий Евгеньевич**

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

Mochalin Dmitry Evgenievich

Postgraduate student of the Department of Technologies and Organization Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavlshosse, 26, dm.mochalin@mail.ru

**Събева Юлия Александрова**

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

Siebeva Julia Alexandrova

Postgraduate student of the Department of Technologies and Organization Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavlshosse, 26, y.sbeva@mon-arch.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматривается применение инновационной технологии строительства жилых районов с использованием крупногабаритных железобетонных модулей высокой степени готовности. Анализируется сокращение временных затрат на возведение квадратного метра, которое в перспективе позволит снизить материальные затраты, связанные с необходимостью применения дорогостоящей высокотехнологичной специализированной строительной техники, а также проводится анализ требований увеличения ширины вну-

тренних перекрытий отдельных модулей, позволяющей обеспечить повышение комфорта и уровня жизни собственников жилых помещений.

Изучаемая технология позволяет снизить антропогенное воздействие на окружающую среду и открывает возможности для создания различных архитектурных форм зданий. Внедрение этой технологии может способствовать освоению новых территорий и восстановлению жилого фонда в регионах России. Рассматривается возможность создания целых архитек-

турных ансамблей, включающих в себя помимо прямоугольных – альтернативные формы зданий. Изучены направления глубокой модернизации инновационной технологии с целью оптимизации процесса возведения за счёт привлечения специализированного роботизированного строительного оборудования в совокупности с улучшением характеристик составных частей зданий в виде модулей, в конечном итоге, позволяющего

**Abstract.** This article discusses the application of innovative technology for the construction of residential areas using large-sized reinforced concrete modules of a high degree of readiness. The reduction of time spent on the construction of a square meter is analyzed, which in the future will reduce the material costs associated with the need to use expensive high-tech specialized construction equipment, as well as the analysis of the requirements for increasing the width of the internal ceilings of individual modules, which allows to ensure an increase in comfort and standard of living of the owners of residential premises. The technology under study reduces the anthropogenic impact on the environment and opens up opportunities for creating various architectural forms of buildings. The introduction of this technology can contribute to the development of new territories and the res-

### Введение

Как известно, на сегодняшний день примерно две трети территории Российской Федерации являются совершенно не освоенными либо слабо освоенными, что, в свою очередь, имеет положительный эффект в виде крайне низкого антропогенного воздействия на данные территории. Данное обстоятельство, в свою очередь, обеспечило жителей нашего государства невиданным богатством в виде экологически чистых территорий, потенциально пригодных для заселения. С целью сохранения национального достояния, которое по разным оценкам составляет более 60 % природных комплексов мира, а также 1/4 нетронутых лесов планеты, для будущих поколений – очевидным является тот факт, что дальнейшее освоение территорий следует осуществлять при помощи экологически чистых методов.

Классическая схема освоения новых территорий, помимо создания коммуникационных инфраструктурных линий (автомобильные/железные дороги и т. д.), всегда включает в себя создание производственных мощностей и инфраструктуры для добычи ископаемых, применяемых при создании строительных материалов, с дальнейшей их обработкой до создания элементов конструкции зданий.

В свою очередь, на сегодняшний день в Российской Федерации существует реализуемая комбинатом инновационных технологий «МонАрх» инновационная технология возведения зданий из мобильных крупногабаритных железобетонных модулей высокой степени готовности (в дальнейшем – модулей), представляющих собой составные элементы зданий, с локализованным местом производства и возможностью осуществления их транспортировки к месту расположения строительной площадки при помощи железнодорожного, морского и речного видов транспорта, а также автомобильного с использованием дорог общего пользования [1].

Помимо прямых преимуществ рассматриваемой концепции перед традиционными, заключающихся в снижении временных затрат на осуществление монтажных операций на строительной площадке, а также в снижении временных затрат на сдачу проекта ввиду того, что все основные этапы изготовления здания локализованы в месте изготовления модулей, неоспоримым преимуществом яв-

расширить концепцию создания построек различного назначения.

**Keywords:** крупногабаритное модульное жилищное строительство, модульное строительство, инновационная технология, возведение зданий, крупногабаритные железобетонные модули, строительный-монтажное оборудование, модульные изделия.

toration of housing stock in the regions of Russia. The possibility of creating entire architectural ensembles, including, in addition to rectangular, alternative forms of buildings, is being considered. The directions of deep modernization of innovative technology have been studied in order to optimize the construction process by attracting specialized robotic construction equipment, together with improving the characteristics of building components in the form of modules, ultimately allowing to expand the concept of creating buildings for various purposes.

**Keywords:** large-sized modular housing construction, modular construction, innovative technology, construction of buildings, large-sized reinforced concrete modules, construction and installation equipment, modular products.

ляется факт снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду в районе непосредственного расположения строительной площадки.

В целом монтаж здания на строительной площадке сводится к следующим этапам:

- осуществление доставки модуля;
- проведение монтажных работ крупногабаритных конструкций;
- доработка внешних фасадов здания;
- подключение заранее проложенных внутри модулей коммуникаций к централизованным [2].

Таким образом, можно подытожить, что возможность обеспечения реализации данной технологии неразрывно связана с необходимостью применения современного тех-

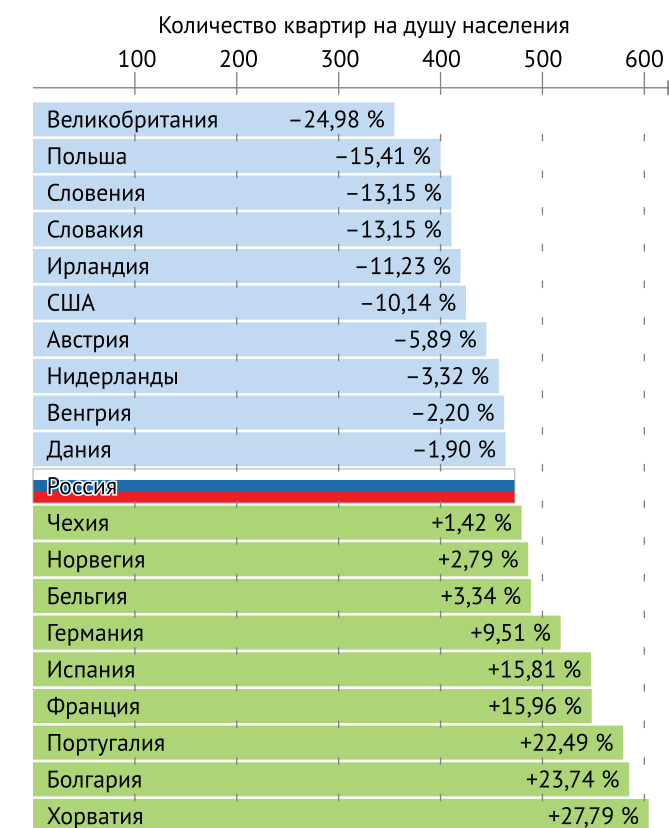


Рис. 1. Количество квартир на душу населения по странам  
Fig. 1. Number of apartments per capita by country



нологического оборудования на строительной площадке. В то же время необходимо учитывать реалии современного быстроразвивающегося мира, когда особенно актуально стоит вопрос повышения эффективности и наращивания темпов проведения строительных работ в условиях жёсткой конкуренции и необходимости учёта ситуации в России, связанной с обветшанием жилищного фонда, а также установленными целями по обеспечению улучшения уровня жизни населения.

**Материалы и методы**

Данную ситуацию следует рассмотреть более детально. По данным Росстата от 2018 года, на каждую тысячу россиян приходилось 456 квартир, т. е. в среднем на одного россиянина приходится 0,456 единиц жилья. Не смотря на то, что обеспеченность жильём в Российской Федерации является одной из самых высоких в мире (рисунок 1), по сравнению с другими странами в соотношении количества жилых помещений на душу населения – по количеству квадратных метров на душу населения ситуация выглядит иначе.

На сегодняшний день за счёт крупномасштабного ввода в эксплуатацию огромного количества жилых помещений видна позитивная динамика. По данным Росстата, за последние 5 лет в РФ среднее количество квадратных метров на душу населения выросло на 11,6 % с 24,9 до 27,8.

Российский показатель намного ниже, чем в Великобритании, Германии, Швеции, США и других западных государствах (рисунок 2).

Правительством Российской Федерации Распоряжением № 3268-р от 31 октября 2022 г. была утверждена Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года. Одной из основных целей в результате реализации стратегии планируется увеличение количества жилых площадей на душу населения. В стратегии особое внимание уделено такому важному компоненту, как улучшение качества жизни граждан Российской Федерации, в том числе связанное с увеличением средней квадратуры на душу населения.

Таким образом, формируются требования к непосредственно составным частям зданий (модулям), из которых при помощи инновационной технологии происходит их создание. Эти требования связаны с их геометрическими характеристиками, соответствующими задачам по обеспе-

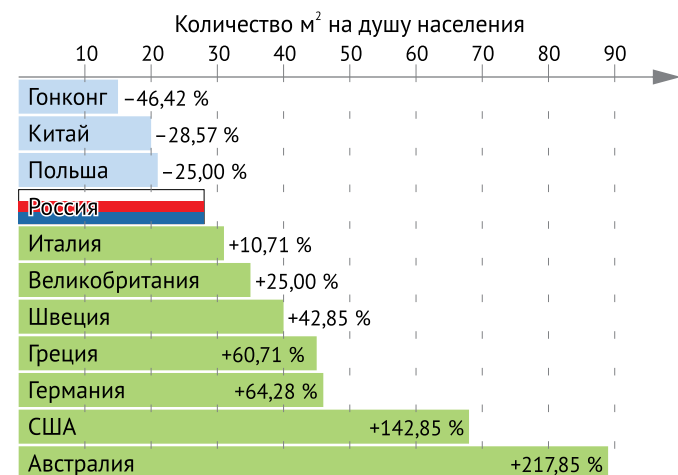


Рис. 2. Количество квадратных метров жилья на душу населения по странам  
Fig. 2. Number of square meters of housing per capita by country



Рис. 3. Прототип специализированного монтажного оборудования  
Fig. 3. A prototype of specialized mounting equipment



Рис. 4. Действующий макет прототипа роботизированного специализированного монтажного оборудования  
Fig. 4. The current mock-up is a prototype of robotic specialized mounting equipment

чению внутреннего пространства, условиям транспортировки и применяемым в архитектуре материалам. Таким образом, после формирования облика модуля формируются его габаритные и весовые характеристики.

С целью обеспечения возможности точного монтажа модулей в проектное положение в кратчайшие сроки после доставки на строительную площадку необходимо предварительно на этапе проектирования конкретного здания произвести оптимизационный технологический расчёт, направленный на минимизацию необходимости осуществления переустановок специализированного

строительного оборудования в рамках строительной площадки.

При этом следует отметить тот факт, что при монтаже модулей по изучаемой технологии существуют присущие ей трудности, связанные, в первую очередь, с необходимостью выравнивания крупногабаритных модулей, имеющих большую массу и находящихся в подвешенном состоянии во время проведения монтажной операции. Важным аспектом является то обстоятельство, что с целью снижения нагрузки на подъёмное оборудование не следует выравнивать центр масс подвешенного модуля за счёт добавления дополнительных противовесов, что особенно актуально при необходимости осуществления монтажа на верхних этажах здания. Таким образом, остро становится вопрос создания специализированного оборудования, позволяющего механизировать данный процесс, а также с целью повышения эффективности и надёжности эксплуатации подобного оборудования следует автоматизировать систему управления им.

На сегодняшний день ООО «Комбинат инновационных технологий – МонАрх» уже разработал несколько прототипов такого специализированного оборудования (рисунок 3), а также ведутся экспериментальные разработки по его модернизации и созданию принципиально новых прототипов, направленных на решение задачи снижения влияния персонала (рисунок 4), задействованного на строительной площадке, на проведение монтажных операций [3].

**Результаты**

Таким образом, можно подытожить следующее. При проектировании новых жилых массивов/комплексов/поселений в условиях отсутствия развитой технологической и транспортной инфраструктуры на начальном этапе проектирования у архитекторов-градостроителей всегда возникает вопрос выбора в пользу конкретного существующего конструкторско-технологического решения, применяемого в современном строительстве, которое бы обеспечило помимо экономической эффективности при реализации проекта сохранность окружающей среды. Хотя на практике зачастую применяются именно конструкции со смешанными конструкторско-технологическими решениями.

В общем случае строительство любого здания можно разделить на несколько этапов, а именно:

1. Выбор участка строительства;
2. Проведение геологоразведочных работ для определения несущей способности грунта;
3. Создание фундамента здания. Этап закладки фундамента, в первую очередь, зависит от веса здания и характеристик грунта и не зависит от типа конструкции, хотя снижение веса конструкции прямым образом влияет на количество материалов, требуемых на изготовление фундамента (чем здание легче – тем легче фундамент);
4. Корректировка проекта здания (при необходимости);

Класс строения	Высота	Ед. изм.
высотные здания	≥ 35 ÷ 100	метр
небоскрёб	≥ 100 ÷ 200 ≤	
небоскрёб-город	≥ 200	

Табл. 1. Классификация высотных зданий  
Tab. 1. Classification of high-rise buildings

5. Изготовление составных элементов конструкции здания;
6. Транспортировка строительных материалов на строительную площадку;
7. Проведение монтажных работ (возведение здания);
8. Осуществление окончательной отделки и подключение к коммуникационным сетям – водоснабжению, водоотводу, электроэнергии, газоснабжению, информационным коммуникациям и т. п.

Строительство зданий из модулей при создании жилых многоквартирных зданий обладает рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с традиционными, ставшими уже классическими технологиями по ряду важнейших факторов.

Строительство жилых зданий из крупногабаритных модулей позволяет вывести за рамки строительной площадки наибольшее количество монтажных технологических операций. Поскольку все этапы изготовления составных частей здания локализованы на комбинате, обеспеченном бесперебойными логистическими цепочками поставок материалов конструкций, обладающим «аварийным» запасом на случай возникновения нештатных ситуаций для непрерывной работы конвейерных линий, снижается антропогенное воздействие на окружающую среду в районе расположения строительной площадки [4].

При решении задачи возведения зданий из модулей следует пристальное внимание уделить вопросам логистики готовых модулей на строительную площадку, поскольку от бесперебойных поставок модулей напрямую зависит весь дальнейший технологический цикл.

Также стоит отметить, что высокие темпы возведения зданий из готовых модулей обеспечиваются благодаря отсутствию диверсификации составных частей производственного процесса по сравнению с традиционными технологиями, что облегчает управление монтажными работами, и, как следствие, эффективность управления строительной площадкой возрастает.

Возведение зданий из модулей по сравнению с традиционными технологиями существенно снижает временные затраты на возведение квадратного метра строения ввиду отсутствия технологических пауз на строительной площадке (связанных, например, с необходимостью ожидания застывания бетона при применении монолитной технологии). Таким образом, достигается эффект экономии временных и материальных затрат, связанных с отсутствием простоя специализированного строительного оборудования [5].

На сегодняшний день основное применение технологии модульного возведения зданий локализовано в области создания многоквартирных жилых зданий этажностью не более 10 этажей. При этом стоит отметить, что на сегодняшний день разработан проект 20-этажного жилого здания.

В общем случае при проектировании любых строений, исходя из требований, предъявляемых к конкретному зданию при выборе конструкторско-технологического решения, при помощи которого будет осуществляться проект, архитектором оценивается возможность обеспечения сочетания следующих технических характеристик:

- Максимально допустимая высота строения.
- При проектировании высотных зданий существует соответствующая классификация (таблица 1).



С увеличением высотности здания особенно пристальное внимание уделяется материалам, из которых проектируется силовая конструкция, а также остро встаёт вопрос, связанный с осуществлением подъёма и монтажа строительных материалов на большую высоту [6].

– Максимально допустимые размеры внутренних перекрытий.

В случае необходимости осуществления создания перекрытий, имеющих большие габаритные размеры, остро встаёт технический вопрос по выбору конструктивно-силовой схемы перекрытия, а также вопрос, связанный с обеспечением монтажных работ (в качестве примера можно привести крытые спортивные сооружения и демонстрационные комплексы).

– Ограничения, связанные с транспортировкой материалов для строительства.

При необходимости применения в качестве составных элементов строения крупногабаритных конструкций следует обеспечить возможность их транспортировки к строительной площадке при помощи транспортных средств с использованием имеющихся транспортных коммуникаций. При транспортировке при помощи автодорожных транспортных средств с использованием автодорог общего пользования существуют ограничения по перевозке крупногабаритных грузов – по массе, ширине и высоте груза. При транспортировке при помощи речного водного транспорта следует также учитывать время года, в которое планируется осуществлять транспортировку, поскольку уровень воды может изменяться в зависимости от сезона [7]. При транспортировке при помощи авиационного транспорта внутри транспортного отсека основное внимание уделяется весу транспортируемого груза и расположению центра масс в предельно допустимых положениях для конкретного типа воздушного судна. В случае перевозки на внешней грузовой подвеске особое внимание также уделяют парусности перевозимого груза [8].

– Технологические ограничения, связанные с изготовлением фундамента здания.

В зависимости от веса конструкции здания, а также от характеристик грунта на участке для возведения здания рассчитываются характеристики, предъявляемые к конструкции фундамента, а также времени на технологический процесс усадки фундамента перед началом монтажных работ по возведению здания.

– Ограничения, связанные с обеспечением противопожарных мероприятий.

В случае изготовления здания из горючих материалов, например, деревянных построек, особенно остро становится вопрос с обеспечением норм противопожарной обороны.

– Ограничения, связанные с экономической составляющей реализации проекта.

При разработке конструкции здания, как правило, архитектор уделяет особое внимание доступности материалов в конкретном регионе. В случае недоступности материалов производится корректировка проекта с целью замены конструкционных материалов более доступными [9]. В некоторых случаях возникает необходимость наладки дополнительного производства строительных материалов в непосредственной близости от строительной площадки взамен транспортировки из удалённых регионов.

В совокупности все эти ограничения влияют на себестоимость условной единицы – «одного квадратного метра» строения, что влияет на экономическую целесообразность реализации конкретного проекта.

Несмотря на тот факт, что на сегодняшний день строительство из модулей во многом опережает уровень технологии традиционных конструкторско-технологических решений, продолжаются научно-исследовательские работы и реализация опытных конструкторских разработок,

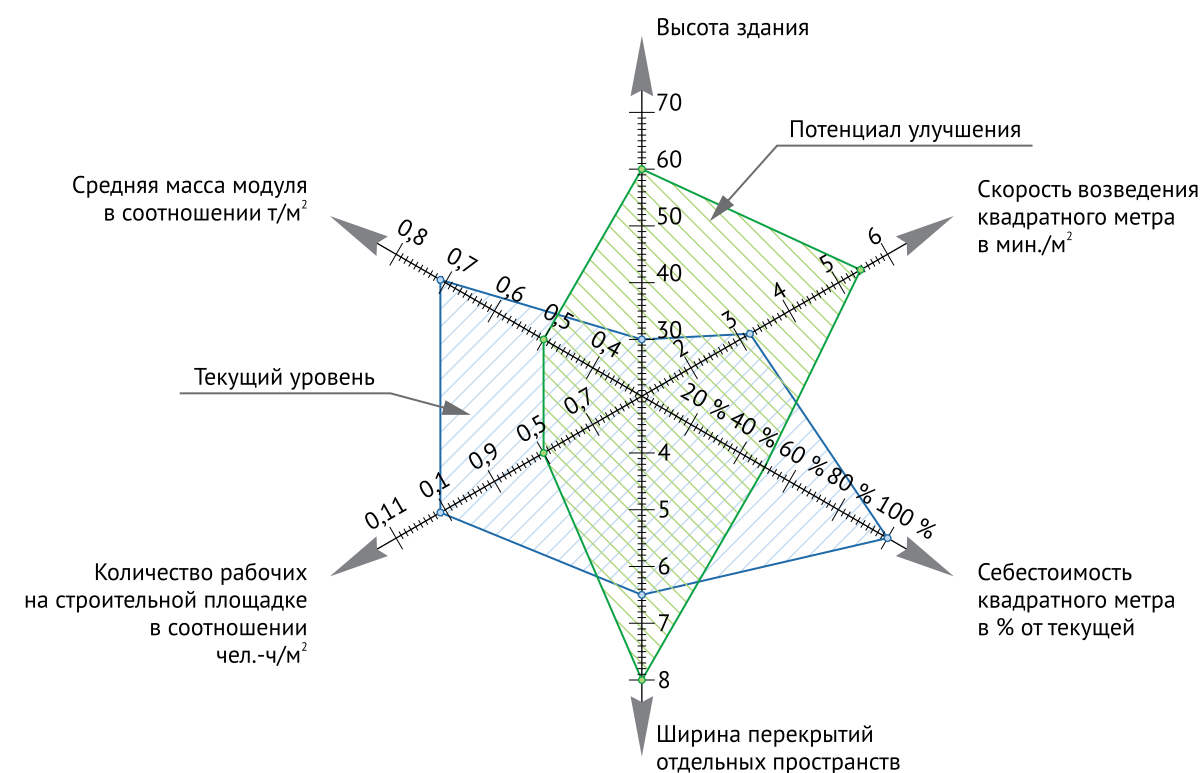


Рис. 5. Звездообразная диаграмма текущих характеристик модульных зданий в настоящее время и в перспективе  
Fig. 5. Star-shaped diagram of the current characteristics of modular buildings currently and in the future



Рис. 6. Классический пример процесса возведения здания по инновационной технологии, разработанной ООО «Комбинат инновационных технологий – Монарх»  
Fig. 6. A classic example of the process of constructing a building using innovative technology developed by LLC «Combine of Innovative Technologies – Monarch»

направленных на совершенствование технологии (рисунок 5) [10].

В первую очередь, внимание уделяется таким ключевым характеристикам, как:

- возможность реализации повышения высотности зданий;
- сокращение средних временных затрат на возведение квадратного метра;
- снижение средней себестоимости квадратного метра;
- увеличение ширины внутренних перекрытий отдельных помещений;
- снижение требуемого количества рабочих в соотношении чел.-ч на кв. м;
- снижение массы конструкции модулей в соотношении тонн на кв. м.

Обеспечение возможности повышения высотности зданий в перспективе обеспечит более эффективное использование площадей, выделенных в черте застройки.

В соответствии с реализуемой программой глубокой модернизации технологии возведения зданий из модулей, в перспективе она должна будет обеспечить повышение эффективности труда персонала, задействованного на строительных площадках [11].

Снижение массы конструкции модулей при сохранении характеристик, удовлетворяющих всем действующим строительным нормам, позволит в перспективе снизить требования, предъявляемые к применяемой строительной технике, а также снизить материальные затраты, связанные с расходами на приобретение строительных материалов. Снижение массы конструкции модулей также позволит снизить нагрузку, воздействующую на автодорожные коммуникации общего пользования, что положительным образом скажется на состоянии дорожной сети после осуществления транспортной операции по доставке модулей к строительной площадке, позволит

обеспечить наикратчайшие логистические маршруты, а также позволит располагать строительные площадки в отдалённых районах, ранее недоступных для освоения ввиду отсутствия требуемой инфраструктуры.

В конечном итоге все реализуемые мероприятия должны обеспечить повышение эффективности проведения строительных работ, что, в свою очередь, должно обеспечить увеличение темпов строительных работ, снижение средней себестоимости квадратного метра строения, повышение уровня жизни населения и увеличение заработных плат персонала, задействованного при проведении строительно-монтажных работ.

Помимо рассмотренных выше мероприятий по совершенствованию инновационной технологии возведения зданий из модулей, также проводятся исследования по возможности расширения применяемой технологии. Дело в том, что в представлении большинства архитекторов применение данной технологии локализовано в области создания жилых и общественных зданий, имеющих форму «параллелепипеда» или состоящих из нескольких параллелепипедных блоков (рисунок 6). При этом не рассматривается возможность создания других геометрических форм зданий, в то время как это не является невозможным [13].

В зависимости от назначения постройки, в целом ряде ситуаций имеются требования по уходу от параллелепипедной формы. В качестве яркого примера архитектурной концепции применения рассматриваемой модульной технологии можно привести эскизный проект быстровозводимого спортивного комплекса с наличием стадиона (рисунок 7).

В случае если по условиям технического задания заказчика существует необходимость создания крытого стадиона, то можно воспользоваться комбинацией модульной конструкции и геодезической схемы, опирающейся на неё (рисунок 8).



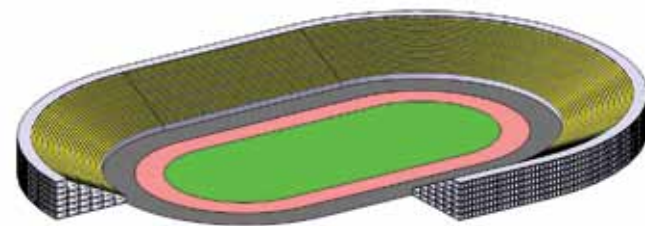


Рис. 7. Концепция спортивного комплекса, состоящего из модулей  
Fig. 7. The concept of a sports complex consisting of modules

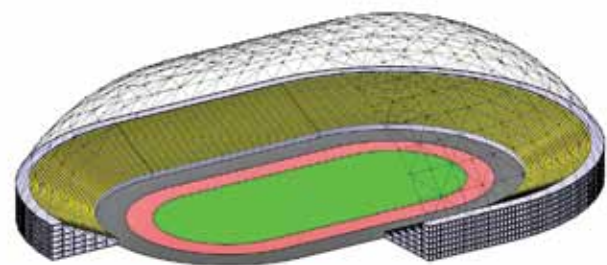


Рис. 8. Концепция спортивного комплекса, сочетающая модульную и геодезические конструктивно-силовые схемы  
Fig. 8. The concept of a sports complex combining modular and geodetic structural and power schemes

Постройки, имеющие в своей основе геодезическую конструктивно-силовую схему, имеют по признакам минимизации антропогенного влияния на окружающую среду в районе проведения строительства некоторое сходство с модульными конструкциями [14].

Таким образом, в результате комбинации модульного строительства с другими известными вариантами обеспечивается возможность создания принципиально нового подхода к проектированию социально значимых архитектурных объектов [15], что, в свою очередь, в перспективе позволит в кратчайшие сроки создавать целые поселения, включающие в себя жилые, административные, спортивно-оздоровительные и т. п. сооружения, обеспечивающие

необходимые условия для проживания, работы населения и проведения досуга [16; 17].

В качестве яркого примера реализации подобной концепции в нашей стране с уверенностью можно привести созданную в 2016 году в условиях отсутствия развитой транспортной и технологической инфраструктуры с обеспечением минимального воздействия на первозданную окружающую среду базу Министерства обороны Российской Федерации «Северный клевер», расположенную в Арктической зоне (рисунок 9).

Кроме сложившейся на сегодняшний день проблемы обеспечения освоения труднодоступных северных территорий также стоит отметить высокую востребованность по восстановлению гражданской инфраструктуры в новых регионах Российской Федерации.

#### Заключение

В результате проведения исследования можно подытожить следующее: архитекторам-градостроителям на начальном этапе проектирования новых жилых районов, а в перспективе – и целых поселений, в условиях отсутствия развитой транспортной и технологической инфраструктуры следует особо пристальное внимание уделить вопросам, связанным с обеспечением минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду.

Грамотным выбором концепции в данной ситуации может являться инновационная технология возведения зданий из мобильных крупногабаритных железобетонных модулей высокой степени готовности, реализуемая на сегодняшний день в России Комбинатом инновационных технологий – МонАрх.

Рассмотренная возможность создания целых архитектурных ансамблей, включающих в себя помимо прямоугольных параллелепипедов альтернативные формы зданий, при помощи применения рассмотренной технологии, которая, в свою очередь, может сочетаться с другими экологичными конструкторско-технологическими решениями, в перспективе позволит сделать один из шагов в направлении освоения ещё не используемых территорий Российской Федерации, находящихся, напри-

мер, в северных регионах, а также восстановления жилого фонда и гражданской инфраструктуры в новых регионах.

В свою очередь, рассмотренные направления глубокой модернизации инновационной технологии с целью оптимизации процесса возведения за счёт привлечения

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № 2751379 C1 Российская Федерация, МПК B66C 1/38. Грузозахватное устройство : № 2021101935 : заявл. 28.01.2021 : опубл. 13.07.2021 / С. А. Амбарцумян, А. С. Мещеряков, Е. В. Агарцев, В. П. Горбачевский ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Комбинат Инновационных Технологий – МонАрх».
2. Патент № 2749677 C1 Российская Федерация, МПК B66C 1/00. Автоматическая траверса : № 2020144159 : заявл. 31.12.2020 : опубл. 16.06.2021 / С. А. Амбарцумян, А. С. Мещеряков, Ю. С. Стоянчук [и др.] ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Комбинат Инновационных Технологий – МонАрх».
3. Здания из крупногабаритных модулей по технологии Комбината Инновационных Технологий – МонАрх. Проектирование, изготовление, транспортирование и строительство. Правила, контроль выполнения и требования : СТО ООО «Комбинат Инновационных Технологий – МонАрх». – Москва : Бумажник, 2020. – 147 с.
4. Бронников, П. И. Объёмно-блочное домостроение / П. И. Бронников. – Москва : Стройиздат, 1979. – 160 с.
5. Родин, Ю. М. За дальнейшее развитие объёмно-блочного домостроения / Ю. М. Родин // Бетон и железобетон. – 1982. – № 323 (2). – С. 2–3.
6. Исследование влияния технологических и функциональных особенностей мобильных конвейерных роботизированных технологических линий на конструкцию железобетонных стен и перекрытий мобильных крупногабаритных модулей / А. А. Липидус, С. А. Амбарцумян, О. С. Долгов [и др.]. – DOI 10.54950/26585340\_2022\_3\_2 // Строительное производство. – 2022. – № 3. – С. 2–10.
7. Адильбекова, А. К. Перспективы развития модульного домостроения / А. К. Адильбекова, М. Р. Шайдулла. – DOI 10.33942/sit1904 // Наука и инновационные технологии. – 2021. – № 3 (20). – С. 28–33.
8. Захарова, М. В. Опыт объёмно-модульного строительства зданий и сооружений / М. В. Захарова, А. Б. Пономарёв // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2017. – Т. 2. – С. 190–198.
9. Самсонова, М. Г. Анализ развития объёмно-блочного домостроения в России / М. Г. Самсонова, Э. Е. Семёнова, О. А. Сотникова // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений : сборник научных трудов 2-й Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 20 ноября 2020 года. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 233–239.
10. Самсонова, М. Г. История и тенденции развития объёмно-блочного домостроения в России и за рубежом / М. Г. Самсонова, Э. Е. Семёнова // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2019. – № 2. – С. 37–43.
11. Халтурина, Л. В. Современные тенденции развития объёмно-блочного домостроения / Л. В. Халтурина, Ю. В. Халту-



Рис. 9. База Минобороны РФ «Северный клевер» в Арктике  
Fig. 9. The base of the Ministry of Defense of the Russian Federation «Northern Clover» in the Arctic

специализированного роботизированного строительного оборудования в совокупности с улучшением характеристик составных частей зданий в виде модулей в конечном итоге позволит расширить концепцию создания построек различного назначения.

12. Филиппов, И. В. Производство и строительство модульных зданий из блок-контейнеров. Техническое представление / И. В. Филиппов, Е. С. Лопаницына // Дневник науки. – 2019. – № 4 (28). – С. 70.
13. Абрамян, С. Г. Объёмные блок-модули как разновидность модульных конструкций быстровозводимых строительных систем / С. Г. Абрамян, О. В. Бурлаченко, З. Ю. Галда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2021. – № 1 (82). – С. 5–13.
14. Модульные конструкции и энергоэффективная реконструкция современных строительных систем / С. Г. Абрамян, Р. Х. Ишмаматов, О. В. Оганесян [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 6 (57). – С. 57.
15. Методические вопросы разработки технологических карт в строительстве для модульного дома на основе хронометражных наблюдений / Л. В. Киевский, С. А. Тихомиров, Э. И. Кулешова, В. А. Щеглов // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 11. – С. 41–49.
16. Analysis of Structural Layouts of Geodesic Dome Structures with Bar Filler Considering Air Transportation / A. Kolpakov, O. Dolgov, V. Korolskiy [et al.]. – DOI 10.3390/buildings12020242 // Buildings. – 2022. – Vol. 12, No. 2. – Art. 242.
17. Исследование прочностных характеристик долговременных быстровозводимых геодезических купольных укрытий для нужд аэромобильных группировок МЧС / А. М. Колпаков, О. С. Долгов, В. В. Зыков [и др.]. – DOI 10.25257/FE.2022.2.45-59 // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2022. – № 2. – С. 45–59.
18. Исследование технологических и функциональных характеристик долговременных быстровозводимых геодезических купольных укрытий для нужд аэромобильных группировок МЧС РФ / А. М. Колпаков, О. С. Долгов, В. В. Зыков [и др.]. – DOI 10.25257/FE.2022.3.14-26 // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2022. – № 3. – С. 14–26.
19. Исследование влияния конструктивных особенностей долговременных быстровозводимых купольных укрытий для размещения сил и средств МЧС РФ на прочностные, весовые и технологические характеристики / А. М. Колпаков, О. С. Долгов, С. В. Попов [и др.]. – DOI 10.25257/FE.2022.4.39-51 // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2022. – № 4. – С. 39–51.
20. Обеспечение долговременного качества купольных сооружений на основе применения сетчатых высокоресурсных конструктивно-силовых схем / О. С. Долгов, Т. В. Долгова, А. М. Колпаков, В. В. Корольский. – DOI 10.34214/2312-5209-2021-32-4-70-77 // Качество и жизнь. – 2021. – № 4 (32). – С. 0–77.

#### REFERENCES

1. Patent № 2751379 C1 Rossijskaya Federatsiya, MPK B66C 1/38. Gruzozakhvatnoe ustrojstvo : № 2021101935 [Patent No. 2751379 C1 Russian Federation, IPC B66C 1/38. Lifting device : No. 2021101935] : yayavl. 28.01.2021 : opubl. 13.07.2021 [application 28.01.2021 : publ. 13.07.2021] / S. A. Ambar-tsumyan, A. S. Meshcheryakov, E. V. Agartsev, V. P. Gorbachevsky ; zayavitel' Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu «Kombinat Innovatsionnykh Tekhnologij – MonArkh» [applicant Limited Liability Company «Combine of Innovative Technologies – MonArkh»].
2. Patent № 2749677 C1 Rossijskaya Federatsiya, MPK B66C

1/00. Avtomaticheskaya traversa : № 2020144159 [Patent No. 2749677 C1 Russian Federation, IPC B66C 1/00. Automatic traverse : No. 2020144159] : yayavl. 31.12.2020 : opubl. 16.06.2021 [application 31.12.2020 : publ. 06/16/2021] / S. A. Ambar-tsumyan, A. S. Meshcheryakov, Yu. S. Stoyanchuk [et al.] ; zayavitel' Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu «Kombinat Innovatsionnykh Tekhnologij – MonArkh» [applicant Limited Liability Company «Combine of Innovative Technologies – MonArkh»].

3. Zdaniya iz krupnogabaritnykh modulej po tekhnologii Kombinata Innovatsionnykh Tekhnologij – MonArkh. Proektirovanie, izgotovlenie, transportirovanie i stroitel'stvo. Pravila, kontrol'



vypolneniya i trebovaniya [Buildings made of large-sized modules according to the technology of the Combine of Innovative Technologies – MonArch. Design, manufacture, transportation and construction. Rules, compliance control, and requirements] : STO OOO «Kombinat Innovatsionnykh Tekhnologij – MonArch» [STO LLC «Combine of Innovative Technologies – MonArch»]. – Moscow : Waller, 2020. – 147 p.

4. Bronnikov, P. I. Ob'yomno-blochnoe domostroenie [Volumetric block housing construction] / P. I. Bronnikov. – Moscow : Stroyizdat, 1979. – 160 p.
5. Rodin, Yu. M. Za dal'nejshee razvitiye ob'yomno-blochnogo domostroeniya [For the further development of bulk-block housing construction] / Yu. M. Rodin // Beton i zhelezobeton [Concrete and reinforced concrete]. – 1982. – № 323 (2). – Pp. 2–3.
6. Issledovanie vliyaniya tekhnologicheskikh i funktsional'nykh osobennostej mobil'nykh konveyernykh robotizirovannykh tekhnologicheskikh linij na konstruktivnyy zhelezobetonnykh sten i perekrytij mobil'nykh krupnogabaritnykh modulej [Investigation of the influence of technological and functional features of mobile conveyor robotic technological lines on the construction of reinforced concrete walls and ceilings of mobile oversized modules] / A. A. Lapidus, S. A. Ambartsumyan, O. S. Dolgov [et al.]. – DOI 10.54950/26585340\_2022\_3\_2 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2022. – No. 3. – Pp. 2–10.
7. Adilbekova, A. K. Perspektivy razvitiya modul'nogo domostroeniya [Prospects for the development of modular housing construction] / A. K. Adilbekova, M. R. Shaidulla. – DOI 10.33942/sit1904 // Nauka i innovatsionnye tekhnologii [Science and innovative technologies]. – 2021. – № 3 (20). – Pp. 28–33.
8. Zakharova, M. V. Opyt ob'yomno-modul'nogo stroitel'stva zdaniy i sooruzhenij [Experience of volumetric modular construction of buildings and structures] / M. V. Zakharova, A. B. Ponomarev // Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika [Modern technologies in construction. Theory and practice]. – 2017. – Vol. 2. – Pp. 190–198.
9. Samsonova, M. G. Analiz razvitiya ob'yomno-blochnogo domostroeniya v Rossii [Analysis of the development of bulk-block housing construction in Russia] / M. G. Samsonova, E. E. Semyonova, O. A. Sotnikova // Innovatsionnye metody proektirovaniya stroitel'nykh konstruktivnykh zdaniy i sooruzhenij [Innovative methods of designing building structures of buildings and structures] : sbornik nauchnykh trudov 2-j Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kursk, 20 noyabrya 2020 goda [collection of scientific papers of the 2nd All-Russian Scientific and Practical Conference, Kursk, November 20, 2020]. – Kursk : YUgo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet [Southwestern State University], 2020. – Pp. 233–239.
10. Samsonova, M. G. Istoriya i tendentsii razvitiya ob'yomno-blochnogo domostroeniya v Rossii i za rubezhom [History and trends in the development of bulk-block housing construction in Russia and abroad] / M. G. Samsonova, E. E. Semyonova // Vysokie tekhnologii v stroitel'nom komplekse [High technologies in the construction complex]. – 2019. – No. 2. – Pp. 37–43.
11. Khalturina, L. V. Sovremennye tendentsii razvitiya ob'emno-blochnogo domostroeniya [Modern trends in the development of volumetric block housing construction] / L. V. Khalturina, Yu. V. Khalturin // Polzunovskij al'manakh [Polzunovsky almanac]. – 2020. – No. 2-2. – Pp. 81–86.
12. Filippov, I. V. Proizvodstvo i stroitel'stvo modul'nykh zdaniy iz blok-kontejnerov. Tekhnicheskoe predstavlenie [Production and construction of modular buildings from block containers. Technical presentation] / I. V. Filippov, E. S. Lopanitsyna // Dnevnik nauki [The Diary of Science]. – 2019. – № 4 (28). – P. 70.
13. Abrahamyan, S. G. Ob'yomnye blok-moduli kak raznovidnost' modul'nykh konstruktivnykh bystrovozvodimykh stroitel'nykh sistem [Volumetric block modules as a type of modular structures of prefabricated building systems] / S. G. Abrahamyan, O. V. Burlachenko, Z. Y. Galda // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura [Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture]. – 2021. – № 1 (82). – Pp. 5–13.

14. Modul'nye konstruktivnyye i ehnergoehffektivnyye rekonstruktsiya sovremennykh stroitel'nykh sistem [Modular structures and energy-efficient reconstruction of modern building systems] / S. G. Abrahamyan, R. H. Ishmametov, O. V. Oganeyan [et al.] // Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2019. – № 6 (57). – P. 57.
15. Metodicheskie voprosy razrabotki tekhnologicheskikh kart v stroitel'stve dlya modul'nogo doma na osnove khronometrazhnykh nablyudenij [Methodological issues of the development of technological maps in construction for a modular house based on time-lapse observations] / L. V. Kievsky, S. A. Tikhomirov, E. I. Kuleshova, V. A. Shcheglov // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil engineering]. – 2016. – No. 11. – Pp. 41–49.
16. Analysis of Structural Layouts of Geodesic Dome Structures with Bar Filler Considering Air Transportation / A. Kolpakov, O. Dolgov, V. Korolskiy [et al.]. – DOI 10.3390/buildings12020242 // Buildings. – 2022. – Vol. 12, No. 2. – Art. 242.
17. Issledovanie prochnostnykh kharakteristik dolgoveremennykh bystrovozvodimykh geodezicheskikh kupol'nykh ukrytij dlya nuzhd aehromobil'nykh gruppirovok MChS [Investigation of the strength characteristics of long-term prefabricated geodesic dome shelters for the needs of airmobile groups of the Ministry of Emergency Situations] / A. M. Kolpakov, O. S. Dolgov, V. V. Zykov [et al.]. – DOI 10.25257/FE.2022.2.45-59 // Pozhary i chrezvychajnye situatsii: predotvrashhenie, likvidatsiya [Fires and emergencies: prevention, liquidation]. – 2022. – No. 2. – Pp. 45–59.
18. Issledovanie tekhnologicheskikh i funktsional'nykh kharakteristik dolgoveremennykh bystrovozvodimykh geodezicheskikh kupol'nykh ukrytij dlya nuzhd aehromobil'nykh gruppirovok MChS RF [Investigation of technological and functional characteristics of long-term prefabricated geodesic dome shelters for the needs of airmobile groups of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation] / A. M. Kolpakov, O. S. Dolgov, V. V. Zykov [et al.]. – DOI 10.25257/FE.2022.3.14-26 // Pozhary i chrezvychajnye situatsii: predotvrashhenie, likvidatsiya [Fires and emergencies: prevention, liquidation]. – 2022. – No. 3. – Pp. 14–26.
19. Issledovanie vliyaniya konstruktivnykh osobennostej dolgoveremennykh bystrovozvodimykh kupol'nykh ukrytij dlya razmesheniya sil i sredstv MChS RF na prochnostnye, vesovye i tekhnologicheskije kharakteristiki [Investigation of the influence of design features of long-term prefabricated dome shelters for the placement of forces and means of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation on strength, weight and technological characteristics] / A. M. Kolpakov, O. S. Dolgov, S. V. Popov [et al.]. – DOI 10.25257/FE.2022.4.39-51 // Pozhary i chrezvychajnye situatsii: predotvrashhenie, likvidatsiya [Fires and emergencies: prevention, liquidation]. – 2022. – No. 4. – Pp. 39–51.
20. Obespechenie dolgoveremennogo kachestva kupol'nykh sooruzhenij na osnove primeneniya setchatykh vysokoresursnykh konstruktivno-silovykh skhem [Ensuring the long-term quality of dome structures based on the use of mesh high-resource structural and power circuits] / O. S. Dolgov, T. V. Dolgova, A. M. Kolpakov, V. V. Korolskiy. – DOI 10.34214/2312-5209-2021-32-4-70-77 // Kachestvo i zhizn' [Quality and life]. – 2021. – № 4 (32). – Pp. 70–77.

УДК 721.021.23, 004.692, 69

DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_45

## Разработка концептуальной схемы организации ремонтно-строительных работ как важный элемент управления жизненным циклом зданий

Development of a Conceptual Scheme for Organizing Repair and Construction Work as an Important Element of Building Life Cycle Management

**Опарина Людмила Анатольевна**

Доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Организация производства и городское хозяйство», ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (ИВГПУ), Россия, 153000, Иваново, Шереметевский проспект, 21, L.A.Oparina@gmail.com

**Опарина Lyudmila Anatolyevna**

Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor, Head of the Department of Organization of Production and Urban Management, Ivanovo State Polytechnic University (IVSPU), Russia, 153000, Ivanovo, Sheremetevsky prospekt, 21, L.A.Oparina@gmail.com

**Гневанов Максим Владимирович**

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

**Gnevanov Maxim Vladimirovich**

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

**Аннотация.** Самым продолжительным этапом жизненного цикла зданий является этап эксплуатации, следовательно, актуальной научной задачей является эффективная организация ремонтно-строительных работ как часть системы управления их жизненным циклом. Особенно это касается общественных зданий, построенных до внедрения технологий информационного моделирования, у которых отсутствуют информационные модели, данные о состоянии их сменяемых и несменяемых элементов не оцифрованы. Целью исследования, положенного в основу статьи, является описание некоторых аспектов методологического подхода, способствующего повышению эффективности управления жизненным циклом объекта путём организации ремонтно-строительных работ на стадии эксплуатации объектов, а именно общественных зданий, построенных до внедрения технологий информационного моделирования.

Результатом исследования является концептуальная схема организации ремонтно-строительных работ общественных экс-

**Abstract.** The longest stage in the life cycle of buildings is the operation stage, therefore, an urgent scientific task is the effective organization of repair and construction work as part of their life cycle management system. This is especially true for public buildings built before the introduction of information modeling technologies, which do not have information models, and data on the state of their replaceable and non-replaceable elements are not digitized. The purpose of the research on which the article is based is to describe some aspects of the methodological approach that helps to increase the efficiency of managing the life cycle of an object when organizing repair and construction work at the stage of operation of objects, namely public buildings built before the introduction of information modeling technologies.

The result of the study is a conceptual scheme for organizing repair and construction work of public buildings in use to ensure

**Введение**

Современный подход к управлению строительными объектами (зданиями, строениями, сооружениями) основан на управлении их жизненными циклами. Согласно Федеральному закону «Технический регламент о безопас-

ности зданий для обеспечения организационно-технологической надёжности в течение жизненного цикла. Новизна предложенной концептуальной схемы заключается в том, что идентификация элементов здания производится по группам сменяемых и несменяемых элементов с классификацией их «видов», с указанием соответствующих им дефектов, что позволяет формировать наиболее точным образом перечень работ, учитывая возможности конкретной ремонтно-строительной организации. Сделан вывод о том, что с помощью применения цифровых технологий, основанных на сборе, хранении и обработке информации для её дальнейшего использования, возможно повысить эффективность организационных решений при выполнении ремонтно-строительных работ на стадии эксплуатации, являющихся важной частью управления жизненным циклом объектов.

**Keywords:** ремонтно-строительные работы, цифровизация, общественные здания, жизненный цикл объекта.

organizational and technological reliability during the life cycle. The novelty of the proposed conceptual scheme lies in the fact that the identification of building elements is carried out by groups of replaceable and non-replaceable elements with a classification of their "types", indicating the corresponding defects, which allows the most accurate creation of a list of works, taking into account the capabilities of a specific repair and construction organization. It is concluded that through the use of digital technologies based on the collection, storage and processing of information for its further use, it is possible to increase the efficiency of organizational decisions when performing R-CW at the operational stage, which is an important part of the life cycle management of objects.

**Keywords:** repair and construction work, digitalization, public buildings, object life cycle, big data.

ности зданий и сооружений» № 384-ФЗ от 30.12.2009, под жизненным циклом понимается следующее определение: «период, в течение которого осуществляются инженерные изыскания, проектирование, строительство (в том числе консервация), эксплуатация (в том числе теку-



щие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения» [1].

Наиболее продолжительным этапом жизненного цикла строительных объектов является этап эксплуатации, в ходе которого основное внимание уделяется поддержанию их в работоспособном состоянии. Для этого осуществляется мониторинг ключевых показателей, а также планирование и организация ремонтно-строительных работ (РСР). От эффективности организации РСР зависит эффективность и продолжительность эксплуатации зданий, следовательно, организация и управление ремонтно-строительными работами являются важным элементом управления жизненным циклом зданий в целом.

В настоящее время управление жизненным циклом зданий и других строительных объектов осуществляется с использованием BIM-технологий (Building Information Modeling, российский аналог ТИМ – технологии информационного моделирования). В соответствии с градостроительным кодексом Российской Федерации, под BIM подразумевается совокупность документов, графических и неграфических данных по объекту строительства, представленных в электронном виде и хранящихся в среде общих данных, формирующих единый достоверный источник информации об объекте на всех или отдельных стадиях его жизненного цикла. В российской практике обязательность применения технологий ТИМ установлена сравнительно недавно. Согласно Постановлению Правительства № 331 от 05.03.2021 года, «с 1 января 2022 года стало обязательным использование ТИМ для объектов, проектируемых на бюджетные средства, а с 1 июля 2024 года ТИМ должны применяться при реализации крупных проектов долевого строительства» [3].

Управление жизненным циклом новых зданий, построенных сравнительно недавно, основано на создании информационной модели жизненного цикла строительного объекта – BLC IM (Building Life Cycle Information Model), эксплуатационный этап которой включает мо-

нитинг состояния объекта, мониторинг состояния обслуживания и управление объектом и оборудованием [2]. Планирование и организация РСР таких объектов осуществляется на основе создаваемой информационной модели, что позволяет в разы сократить сроки и повышает эффективность РСР. Однако подавляющее количество строительных объектов построено до применения ТИМ, и в настоящее время они находятся на различных стадиях этапа эксплуатации и, соответственно, требуют проведения различного вида РСР. По данным статистических сборников, большинство общественных зданий в РФ было введено в эксплуатацию в период 1970–1980 гг. (рисунок 1), следовательно, в настоящее время они находятся в состоянии 50–60 % износа и требуют повышенного внимания и проведения капитальных ремонтов и реконструкции [4; 5].

В период современной России динамика ввода общественных зданий различного назначения положительная, каждый год вводится в эксплуатацию порядка 15 тыс. шт. (рисунок 2). Большинство из них введено в эксплуатацию до появления требований к обязательности применения ТИМ, цифровое моделирование на этапе проектирования этих зданий не осуществлялось, планирование и организация РСР таких зданий осуществляется на основе осмотров, данные мониторинга состояния элементов не оцифрованы, что значительно затрудняет организацию и планирование ремонтно-строительных работ.

Отличительной особенностью общественных зданий, построенных до применения ТИМ, является отсутствие информационных моделей, отсутствие оцифрованных технических паспортов, журналов осмотров, а отчёты о проводимых осмотрах и документация о ранее выполненных работах могут вовсе отсутствовать. С учётом сложности, многоаспектности и масштабности обозначенной проблемы авторы ограничивают своё исследование общественными зданиями, поскольку выполнение ремонтно-строительных работ в многоквартирных жилых домах

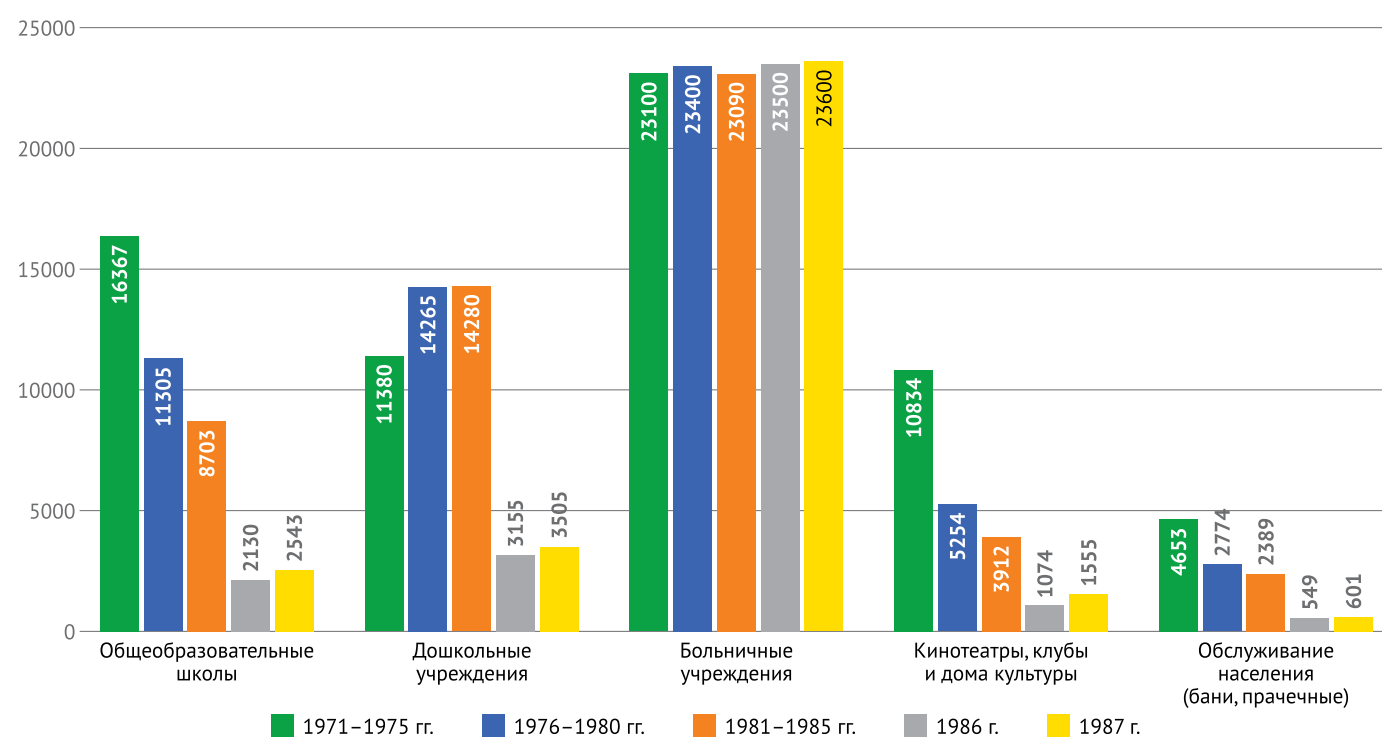


Рис. 1. Количество общественных зданий в различные периоды СССР, России, тыс. шт. (построено авторами)

Fig. 1. Number of public buildings during different periods of construction in the USSR thousand pieces (drawn by the authors)

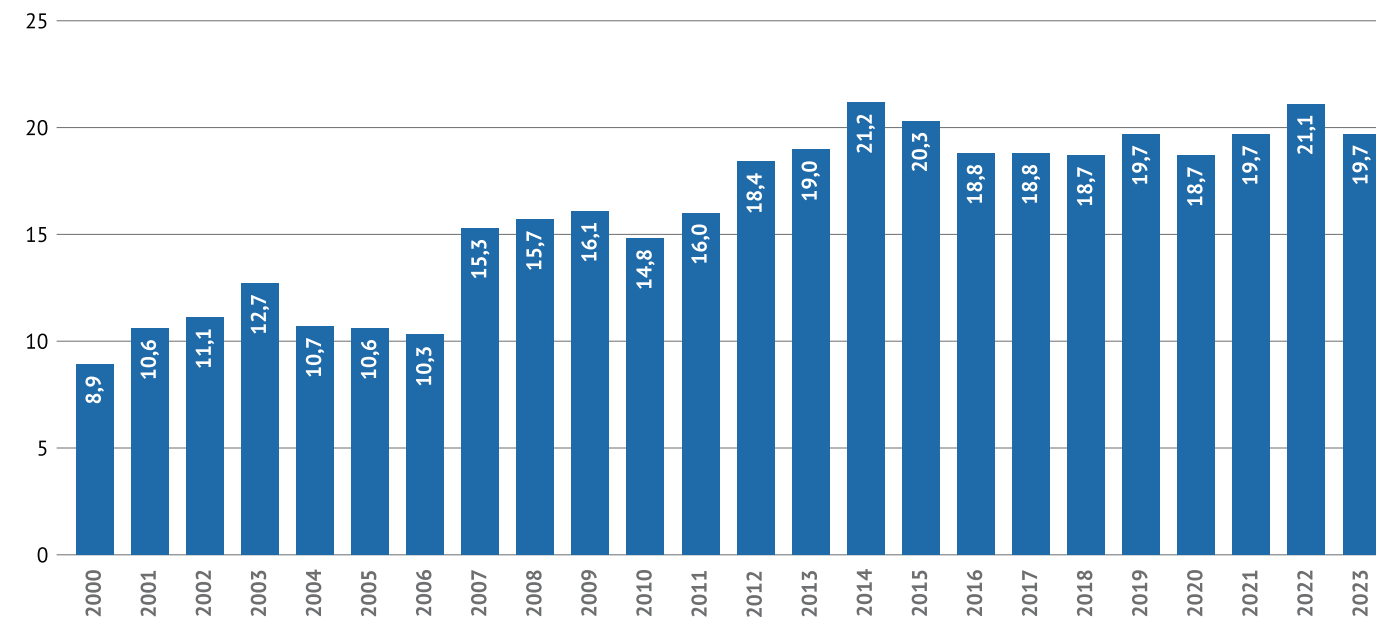


Рис. 2. Количество введённых зданий нежилого назначения в современной России, тыс. шт. (построено авторами)  
Fig. 2. Number of commissioned non-residential buildings in modern Russia thousand pieces (drawn by the authors)

строго регламентируется методами финансирования программ капитального ремонта. Организация и проведение РСР в индивидуальном жилищном строительстве осуществляется по факту наступления износа и зависит от потребностей собственников. Организация и проведение РСР промышленных зданий зависит от технологии производства продукции и планируется исходя из стратегического развития промышленных предприятий. Что же касается общественных зданий, то организация и проведение РСР на стадии эксплуатации в настоящее время не имеет как строгих регламентов, так и источников финансирования.

В настоящее время информационные технологии используются недостаточно эффективно для поддержки принятия решений по организационно-технологическим и управленческим аспектам реконструкции или капитального ремонта общественных зданий. При этом, несмотря на обозначенные сложности, управление жизненным циклом общественных зданий, построенных до применения ТИМ, должно быть основано на современном подходе, при организации и производстве РСР необходимо использовать цифровые технологии, в частности анализ больших данных, технологии искусственного интеллекта и средства автоматизации и роботизации [6; 7].

Проведение анализа по заявленной проблематике показало, что отсутствует регламентированный подход к организации РСР здания на стадии эксплуатации. Ремонтно-строительные работы обладают специфическими особенностями, значительно отличающимися от нового строительства. Обычно ремонтно-строительные работы проводятся в ограниченных пространствах, что существенно влияет как на технологические процессы, так и на организацию их выполнения. Так, профессор К. А. Шрейбер обращает внимание на то, что «одним из ключевых направлений совершенствования форм и методов организации строительства, ремонта, модернизации и реконструкции зданий является разработка интегрированной системы подготовки производства, основанной на обширном практическом применении вычислительной техники в сочетании с современными методами решения организационно-технологических задач» [8]. Таким об-

разом, важной и актуальной задачей является разработка подхода к организации РСР общественных зданий, позволяющего учитывать специфические особенности самих зданий, их дефектов, а также возможность реализации РСР исходя из ресурсов ремонтной организации.

#### Материалы и методы

Методологической основой организации и планирования РСР является критерий организационно-технологической надёжности (ОТН), так как целью организации и проведения РСР на этапе эксплуатации в рамках исследования является обеспечение ОТН работ. ОТН РСР является одним из ключевых элементов, формирующих общую надёжность ремонтно-строительного производства, так как надёжность всей системы определяется надёжностью её отдельных компонентов. Под обеспечением ОТН в рамках исследования подразумевается соблюдение сроков РСР при ограниченных ресурсах ремонтно-строительной организации [9; 10].

В процессе эксплуатации зданий регулярно проводятся осмотры и мониторинг состояния как сменяемых, так и несменяемых элементов. В ходе этих мероприятий выявляются различные дефекты, которые документируются в специальных отчётах, на основании которых делается заключение о техническом состоянии объекта и составляется план проведения определённого вида РСР. Перед выполнением РСР, как правило, необходимо разработать организационно-технологическое решение, важной частью которого является график производства работ [11]. Организационно-технические решения могут приниматься на основе накопленного в результате мониторинга массива данных, хранение, обработку и использование которых целесообразно осуществлять путём применения цифровых технологий, одной из которых является анализ больших данных. В рамках исследования под большими данными подразумевается не столько сам объём данных, а сколько обработка неструктурированной и разнородной информации. Анализ больших данных является одной из прогрессивных современных цифровых технологий, которые могут повысить эффективность организационно-технических решений.

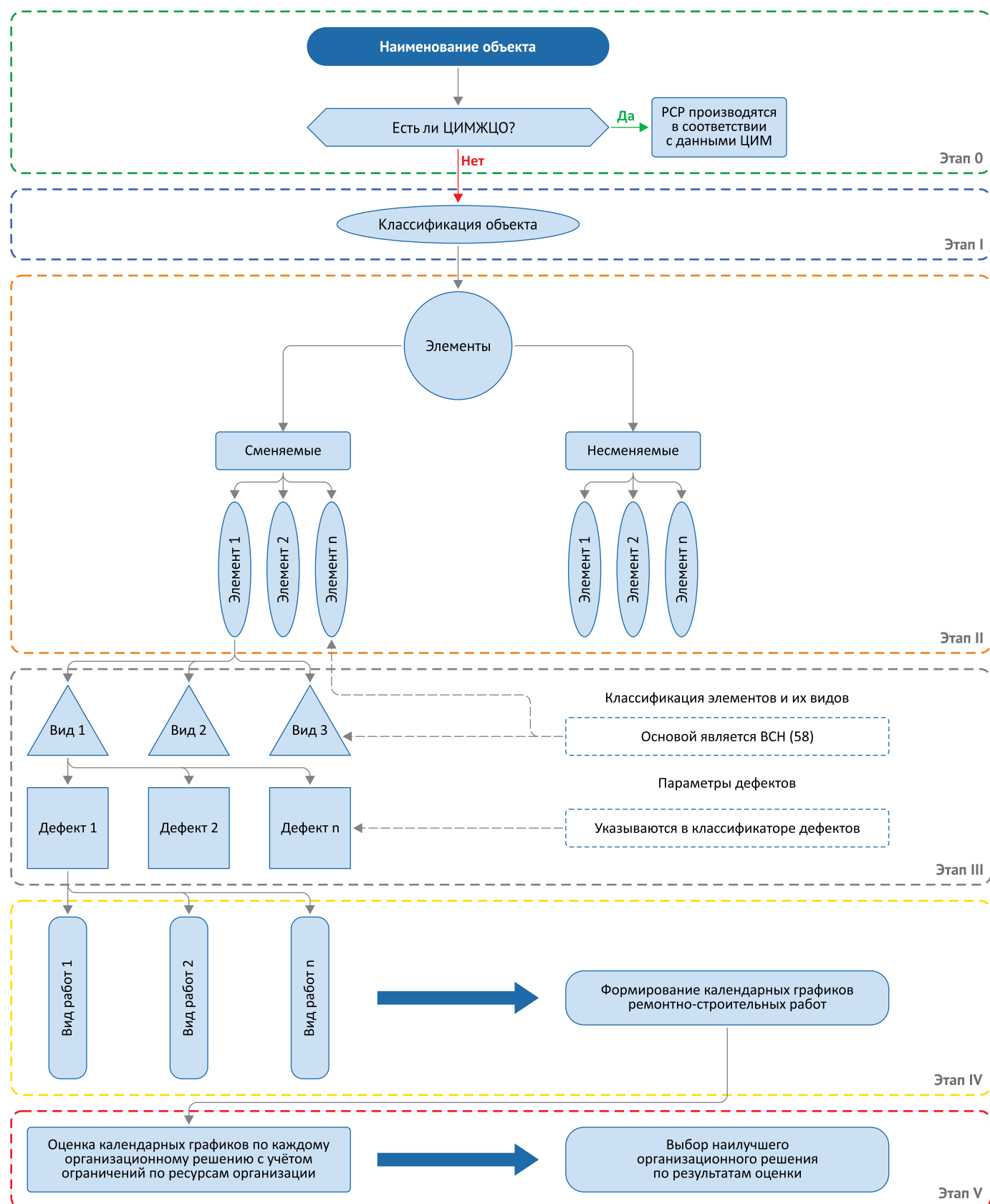


Рис. 3. Концептуальная схема организации РСР  
Fig. 3. The conceptual scheme of the organization of repair and construction works

Анализ ведомственных и строительных норм, разработанных Государственным комитетом строительного и архитектурного надзора СССР, показал, что ремонт общественных зданий находится на втором месте по приоритету после жилищного фонда [12; 13; 14]. Это подтверждается последовательностью подготовки соответствующей документации, в которой требуется описывать конструк-

тивные элементы по единой унифицированной схеме, без разделения на сменяемые и несменяемые. Тем не менее, разделение элементов на такие группы позволяет более эффективно организовать РСР и мониторинг состояния объекта, так как для каждой группы могут применяться индивидуальные методы оценки состояния. Помимо этого, существующий классификатор основных видов дефек-

тов предоставляет лишь общую информацию о возможных проблемах, для эффективного и точного устранения дефектов важно учитывать специфику каждого отдельного элемента [15]. Необходимо отметить, что отсутствие явного разделения усложняет процессы мониторинга и планирования ресурсов. Это может приводить к неэффективному использованию материалов и человеческих ресурсов, а также увеличению сроков и затрат на ремонтные работы.

Таким образом, при организации РСР важно учитывать состояние как сменяемых, так и несменяемых элементов с использованием цифровых технологий, таких как создание баз данных и информационных систем, объединяемых в большие данные. Это позволит прогнозировать их состояние и моделировать организационные механизмы проведения ремонтных работ на протяжении жизненного цикла здания. Такой подход также поможет оптимизировать затраты и повысить эффективность мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту, обеспечивая долгосрочную сохранность строительных объектов. Применение передовых технологий позволяет своевременно реагировать на изменения в состоянии строительных элементов, минимизирует риски и увеличивает срок службы зданий.

#### Результаты

В рамках исследования авторами разработана концептуальная схема организации РСР общественных зданий на этапе эксплуатации их жизненного цикла, представленная на рисунке 3.

Представленная концептуальная схема содержит пять этапов, её основной целью является выбор наилучшего организационно-технологического решения РСР, обеспечивающего своевременное и качественное выполнение работ. На «нулевом» этапе проверяется, есть ли у здания цифровая информационная модель жизненного цикла объекта (ЦИМЖЦ): если здание возводилось с применением ТИМ, то РСР осуществляются в соответствии с данными цифровой модели. На первоначальном этапе происходит классификация объекта (общественного здания) по ряду признаков: этажность, год постройки, материал несущих конструкций и другое. На втором этапе выделяются сменяемые и несменяемые элементы. Каждому элементу соответствует определённый «вид», и, как следствие, на третьем этапе производится идентификация определённого перечня дефектов для соответствующего

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (с изменениями и дополнениями) : Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ : принят Государственной Думой 23 декабря 2009 года : одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 года / Собрание законодательства Российской Федерации. – 2010, 4 января. – № 1. – Ст. 5.
2. Гинзбург, А. В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта / А. В. Гинзбург // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 9. – С. 61–65.
3. Об установлении случаев, при которых застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства : Постановление Правительства РФ от 5 марта 2021 г. № 331 (с изменениями и дополнениями) : вступает в силу с 18 марта 2021 г. и действует до 1 сентября 2029 г. // Ин-

формационно-правовое обеспечение «Гарант» : [информационный портал]. – URL: <https://base.garant.ru/400424628/> (дата обращения: 12.05.2024).
- 4. Жолудев, Г. А. Капитальное строительство СССР : Статистический сборник / Г. А. Жолудев, О. К. Макарова ; Гос. комитет СССР по статистике, Информ.-изд. центр. – Москва : Финансы и статистика, 1988. – 246 с.
- 5. Строительство / Федеральная служба государственной статистики : [официальный сайт]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14458> (дата обращения: 5.06.2024).
- 6. Ганзен, Е. В. Актуальные вопросы организации работ по капитальному ремонту и реконструкции общественных зданий / Е. В. Ганзен, А. А. Лапидус // Строительное производство. – 2020. – № 4. – С. 44–50.
- 7. Иванов, Н. А. Управление жизненным циклом объекта при организации ремонтно-строительных работ на основе цифровизации / Н. А. Иванов, М. В. Гневанов // Строительное производство. – 2022. – № 4 (44). – С. 33–37.
- 8. Шрейбер, К. А. Технология производства ремонтно-строи-

#### Обсуждение

Этап эксплуатации является одним из самых продолжительных при управлении жизненным циклом объекта. Здание в процессе срока службы подвергается большому количеству стохастических воздействий, которые влияют на показатели его работоспособности. Задача выполнения РСР является важной и значимой для поддержания эксплуатационных характеристик объекта в необходимых пределах. Так как значительное количество зданий построено и эксплуатируется без применения ТИМ, то организация РСР на основе применения цифровых технологий повышает свою актуальность и может являться основой принятия решений при управлении жизненным циклом объекта на стадии эксплуатации.

#### Заключение

Таким образом, организация РСР зданий является важной и актуальной задачей, особенно для зданий, построенных до внедрения ТИМ и находящихся в настоящее время на разных стадиях этапа эксплуатации жизненного цикла. Цифровые технологии позволяют учитывать разнородные факторы, на основании которых рассчитываются трудоёмкости работ. Разработанная концептуальная схема организации РСР для обеспечения ОТН показывает последовательность этапов, начиная с анализа здания, подлежащего РСР, и заканчивая сформированным организационно-технологическим решением. Применение цифровых технологий способствует повышению эффективности организационных решений, что позволяет качественно и своевременно выполнять РСР, которые являются важной частью этапа эксплуатации при управлении жизненным циклом объекта.



- тельных работ : монография / К. А. Шрейбер. – Москва : Издательство АСВ, 2014. – 263 с.
- Исследование понятия и факторов организационно-технологической надёжности строительно-монтажных работ / С. В. Федосов, И. С. Карасев, А. Б. Петрухин, В. Н. Федосеев, А. Л. Маилян // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2021. – № 1 (17). – С. 70–77.
  - Шприц, М. Л. Организационно-технологическая надёжность строительства многофункциональных комплексов / М. Л. Шприц // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 3 (50). – С. 152–158.
  - Опарина, Л. А. Оперативное управление производительностью исполнительных ресурсов в течение жизненного цикла строительных проектов / Л. А. Опарина, Е. А. Барзыгин // Строительное производство. – 2023. – № 4 (48). – С. 128–134.
  - Правила оценки физического износа жилых зданий : ВСН 53-86(р) : Ведомственные строительные нормы : утверждены приказом Государственного комитета по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР от 24 декабря 1986 г. № 446 : дата введения 1987-07-01 / Госгражданстрой // Электронный фонд актуальных правовых и нормативно-технических документов «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051553> (дата обращения: 14.06.2024).
  - Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения : ВСН

## REFERENCES

- Tekhnicheskij reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij (s izmeneniyami i dopolneniyami) [Technical Regulations on the safety of buildings and structures (with amendments and additions)] : Federal'nyj zakon ot 30.12.2009 № 384-FZ [Federal Law No. 384-FZ of 30.12.2009] : prinyat Gosudarstvennoj Dumoj 23 dekabrya 200 goda : odobren Sovetom Federatsii 25 dekabrya 2009 goda [approved by the Federation Council on December 25, 2009] / Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federatsii [Collection of Legislation of the Russian Federation]. – 2010, January 4. – No. 1. – Article 5.
- Ginzburg, A. V. Informatsionnaya model' zhiznennogo tsikla stroitel'nogo ob'ekta [Building life cycle information modeling] / A. V. Ginzburg // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]. – 2016. – No. 9. – Pp. 61–65.
- Ob ustanovlenii sluchaev, pri kotorykh zastrojschikom, tekhnicheskim zakazchikom, litsom, obespechivayuschim ili osuschestvlyayuschim podgotovku obosnovaniya investitsij, i (ili) litsom, otvetstvennym za ehkspluatatsiyu ob'ekta kapital'nogo stroitel'stva, obespechivayutsya formirovaniye i vedenie informatsionnoj modeli ob'ekta kapital'nogo stroitel'stva [On the establishment of cases in which the developer, the technical customer, the person providing or carrying out the preparation of the investment justification, and (or) the person responsible for the operation of the capital construction facility ensures the formation and maintenance of an information model of the capital construction facility] : Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 5 marta 2021 g. № 331 (s izmeneniyami i dopolneniyami) [Decree of the Government of the Russian Federation dated March 5, 2021 No. 331 (with amendments and additions)] // : vstupaet v silu s 18 marta 2021 g. i dejstvuet do 1 sentyabrya 2029 g. [comes into force on March 18, 2021 and is valid until September 1, 2029] // Informatsionno-pravovoe obespechenie «Garant» [Information and legal support «Garant»] : [information portal]. – URL: <https://base.garant.ru/400424628/> (date of reference: 12.05.2024).
- Zholudev, G. A. Kapital'noe stroitel'stvo SSSR : Statisticheskij sbornik / G. A. Zholudev, O. K. Makarova ; Gos. komitet SSSR po statistike, Inform.-izd. tsentr. – Moscow : Finansy i statistika,

- 58-88 (р) : Ведомственные строительные нормы : утверждены приказом Госкомархитектуры РФ при Госстрое СССР от 23 ноября 1988 г. № 312 : срок введения в действие 1 июля 1989 года / Госкомархитектуры // Контур Норматив. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=46263> (дата обращения: 14.06.2024).
- Реконструкция и капитальный ремонт жилых домов. Нормы проектирования : ВСН 61-89 (р) : Ведомственные строительные нормы : утверждены приказом Государственного комитета по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР от 26 декабря 1989 г. № 250 : дата введения 1990-07-01 / Госкомархитектуры // Электронный фонд актуальных правовых и нормативно-технических документов «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901707779> (дата обращения: 14.06.2024).
  - Классификатор основных видов дефектов в строительстве и промышленности строительных материалов : утверждён Главной инспекцией Госархстройнадзора России 17 ноября 1993 года // Контур Норматив. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=126543#h791> (дата обращения: 30.06.2024).
  - 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 / 24th International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2021, Moscow, 22–24 апреля 2021 года. – 2021. – Т. 263. – Ст. 02010.

1988. – 246 p.

- Stroitel'stvo / Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki : [official website]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14458> (date of reference: 5.06.2024).
- Ganzen, E. V. Aktual'nye voprosy organizatsii rabot po kapital'nomu remontu i rekonstruktsii obschestvennykh zdaniy [Topical Issues in Organization of Works on Overall Repair and Reconstruction of Public Buildings] / E. V. Ganzen, A. A. Lapidus // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – No. 4. – Pp. 44–50.
- Ivanov, N. A. Upravlenie zhiznennym tsiklom ob'ekta pri organizatsii remontno-stroitel'nykh rabot na osnove tsifrovizatsii [Life cycle management of an object in the organization of repair and construction works based on digitalization] / M. V. Gnevanov, N. A. Ivanov // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2022. – No. 4 (44). – Pp. 33–37.
- Schreiber, K. A. Tekhnologiya proizvodstva remontno-stroitel'nykh rabot : monografiya [Technology of repair and construction works : monograph] / K. A. Schreiber. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 2014. – 263 p.
- Issledovanie ponyatiya i faktorov organizatsionno-tekhnologicheskoy nadozhnosti stroitel'no-montazhnykh rabot [Study of the concept and factors of organizational and technological reliability of construction and installation works] / S. V. Fedosov, I. S. Karasev, A. B. Petrukhin, V. N. Fedoseev, A. L. Mailyan // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Materialy. Konstruktsii. Tekhnologii [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Materials. Constructions. Technologies]. – 2021. – No. 1 (17). – Pp. 70–77.
- Shprints, M. L. Organizatsionno-tekhnologicheskaya nadezhnost' stroitel'stva mnogofunktsional'nykh kompleksov [Organizational and technological reliability of the construction of multifunctional complexes] / M. L. Shprints // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers]. – 2015. – No. 3 (50). – Pp. 152–158.
- Oparina, L. A. Operativnoe upravlenie proizvoditel'nost'yu ispolnitel'nykh resursov v techenie zhiznennogo tsikla stroitel'nykh projektov [Operational performance management of executive resources during the life cycle of construction

- projects] / L. A. Oparina, E. A. Barzygin // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2023. – No. 4. – Pp. 128–134.
- Pravila otsenki fizicheskogo iznosa zhilykh zdaniy [Rules for assessing the physical wear of residential buildings] : VSN 53-86(r) : Vedomstvennye stroitel'nye normy [VSN 53-86(r) : Departmental building standards] : utverzhdeny prikazom Gosudarstvennogo komiteta po grazhdanskomu stroitel'stvu i arkhitekture pri Gosstroe SSSR ot 24 dekabrya 1986 g. № 446 [approved by Order of the State Committee for Civil Engineering and Architecture under the USSR State Construction Committee dated December 24, 1986 No. 446] : data vvedeniya 1987-07-01 [date of introduction 1987-07-01] / Gosgrazhdanstroy // Ehlektronnyj fond aktual'nykh pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov «Kodeks» [Electronic Fund of relevant legal and regulatory documents «Code»]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051553> (date of reference: 14.06.2024).
  - Polozhenie ob organizatsii i provedenii rekonstruktsii, remonta i tekhnicheskogo obsluzhivaniya zdaniy, ob'ektov kommunal'nogo i sotsial'no-kul'turnogo naznacheniya [Regulations on the organization and conduct of reconstruction, repair and maintenance of buildings, communal and socio-cultural facilities] : VSN 58-88 (r) : Vedomstvennye stroitel'nye normy [VSN 58-88 (r) : Departmental building standards] : utverzhdeny prikazom Goskomarkhitektury RF pri Gosstroe SSSR ot 23 noyabrya 1988 g. № 312 [approved by Order of the State Committee of Architecture of the Russian Federation under the State Construction of the USSR dated November 23, 1988 No. 312] : srok vvedeniya v dejstvie 1 iyulya 1989 goda [effective date July 1, 1989] / Goskomarkhitektury [State Committee of Architecture] // Kontur Normativ. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051553> (date of reference: 14.06.2024).

## УДК 69.05

## Управление жизненным циклом автодорог на этапе строительства с мониторингом геометрических параметров AR-устройствами

Lifecycle Management Road at the Construction Stage with Monitoring of Geometric Parameters by AR Devices

### Разяпов Руслан Валитович

Старший преподаватель кафедры «Автомобильные дороги и технология строительного производства», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ), Россия, 450064, Уфа, улица Космонавтов, 1, o.l.asi@yandex.ru

### Raziapov Ruslan Valitovich

Senior Lecturer of the Department of Highways and Technology of Construction Production, Ufa State Petroleum Technical University (USPTU), Russia, 450064, Ufa, ulitsa Kosmonavtov, 1, o.l.asi@yandex.ru

### Павлов Станислав Юрьевич

Кандидат юридических наук, доцент кафедры финансового и административного права, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Институт права, Россия, 450005, Уфа, улица Достоевского, 131, sta227@yandex.ru

### Pavlov Stanislav Yurievich

Associate Professor of the Department of Financial and Administrative Law, Ufa University of Science and Technology Institute of Law, Russia, 450005, Ufa, ulitsa Dostoevskogo, 131, sta227@yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье ставится задача применения информационных моделей в контексте жизненного цикла (ЖЦ) объекта на этапе строительства. Основная цель заключается в исследовании и оптимизации процессов строительства автодорог, совмещающая информационную модель при строительстве с её отображением в дополненной реальности. При этом можно выявить, на каком этапе строительства возникли дефекты, связанные с несоответствием построенного объекта и ТИМ. Своевременное определение геометрических отклонений позволяет отреагировать на исправление ошибок в строительстве автодороги в короткие сроки благодаря применению цифровых возможностей ТИМ.

- Rekonstruktsiya i kapital'nyj remont zhilykh domov. Normy proektirovaniya [Reconstruction and overhaul of residential buildings. Design standards] : VSN 61-89 (r) : Vedomstvennye stroitel'nye normy [VSN 61-89 (r) : Departmental building standards] : utverzhdeny prikazom Gosudarstvennogo komiteta po grazhdanskomu stroitel'stvu i arkhitekture pri Gosstroe SSSR ot 26 dekabrya 1989 g. № 250 [approved by order of the State Committee for Civil Engineering and Architecture under the USSR State Construction Committee dated December 26, 1989 No. 250] : data vvedeniya 1990-07-01 [date of introduction 1990-07-01] / Goskomarkhitektury [State Committee of Architecture] // Ehlektronnyj fond aktual'nykh pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov «Kodeks» [Electronic Fund of relevant legal and regulatory technical documents «Code»]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901707779> (date of reference: 14.06.2024).
- Klassifikator osnovnykh vidov defektov v stroitel'stve i promyshlennosti stroitel'nykh materialov [Classifier of the main types of defects in construction and the building materials industry] : utverzhdyon Glavnoj inspektsiej Gosarkhstroyнадзора Rossii 17 noyabrya 1993 goda [approved by the Main Inspectorate of Gosarkhstroynadzor of Russia on November 17, 1993] // Kontur Normativ. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=126543#h791> (date of reference: 30.06.2024).
- 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 / 24th International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2021, Moscow, April 22-24, 2021. – 2021. – Vol. 263. – Art. 02010.

DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_51



гается провести декомпозицию, в которой выделяются этапы, при получении результатов которых применили ТИМ в дополненной реальности при определении поперечных уклонов. Результаты измерений позволяют сформировать мнение о необходимости продолжения данных экспериментов, в том числе

**Abstract.** This article sets the task of applying information models in the context of the life cycle (LC) of an object at the construction stage. The main goal is to research and optimize the processes of road construction, combining the information model during construction with its display in augmented reality. At the same time, it is possible to obtain at what stage of construction defects arose related to the discrepancy between the constructed object and TIM. The timely determination of geometric deviations makes it possible to respond to the correction of errors in the construction of a highway in a short time thanks to the use of

## Введение

Технологические процессы строительства, которые включены в ЖЦ автодороги, состоят из последовательных технологических операций, начиная с подготовительных работ и заканчивая укладкой и уплотнением дорожного покрытия. Каждый этап требует строгого соблюдения технологических норм и правил для обеспечения качества и долговечности дороги [1–4].

Важным аспектом технологии строительства дорог является контроль качества выполненных работ на каждом этапе процесса. Это включает в себя проверку соответствия материалов и оборудования спецификациям, а также контроль геометрических параметров на соответствие их ТИМ [6–8].

В целом управление строительством дороги в её жизненном цикле представляет собой сложный комплексный процесс, требующий координации и интеграции различных факторов и ресурсов для достижения высокого качества и долговечности дорожной инфраструктуры [9–10].

На этапе строительства применение современных цифровых методов, таких как автоматизация производственных процессов, использование специализированного оборудования и инструментов, помогает увеличить производительность труда и сократить время выполнения работ.

Особое внимание уделяется применению цифровых методов измерения и диагностики на этапе строительства объекта, что позволяет более точно оценить качество выполненных работ и выявить возможные дефекты, которые можно будет своевременно устранить без серьёзных последствий и исключить в будущем.

Диагностика автомобильных дорог на различных этапах их жизненного цикла представляет собой сложный процесс, требующий специализированных инструментов для оценки результатов и достижения заданных параметров качества. Рассмотрим подход к оценке результатов строительства автомобильных дорог на основе контроля параметров на соответствие ТИМ. В данном исследовании ставится цель совершенствования оценки с использованием метода дополненной реальности. Этот метод позволяет накладывать цифровую модель дороги на реальный объект через мобильное устройство, обеспечивая оперативную и эффективную оценку, в том числе в режиме онлайн.

с разработкой ПО с привязкой моделей в дополненной реальности альтернативными методами, такими как блютуз-метки и GPS-привязка.

**Keywords:** оценка качества, автомобильные дороги, жизненный цикл, дополненная реальность, параметры строительства.

digital TIM capabilities.

An experiment was conducted during the acceptance of a section of the highway, on which geometric measurements were determined with various traditional tools and the same measurements were carried out using the overlay of TIM in augmented reality, displaying TIM on the screen of a mobile device. At the same time, it is possible to measure deviations using the built-in virtual ruler. As a result.

**Keywords:** quality assessment, automobile roads, lifecycle, augmented reality, construction parameters.

На сегодняшний день существует несколько методов оценки результатов строительства дорожного комплекса. Один из наиболее распространённых – метод комплексной оценки состояния дорог по их эксплуатационным свойствам, предложенный А. П. Васильевым. Однако существующие методы имеют свои ограничения, включая ограниченную применимость к сравнению с цифровыми моделями и невозможность использования в автоматизированном режиме.

Поэтому основной задачей данного исследования является обобщение и анализ существующих методов оценки результатов строительства автомобильных дорог, а также практическое применение предлагаемого метода с использованием дополненной реальности. Оценка геометрических параметров строительства автомобильных дорог становится особенно важной, поскольку она позволяет своевременно оценивать геометрические характеристики автомобильной дороги, чтобы сопоставить фактическое состояние объекта и его информационную модель во время строительства, оперативно формируя управленческие решения при обнаружении дефектов, тем самым повышая качество готовой продукции.

Материалы и методы

Диагностика параметров строительства автомобильных дорог сводится к инструментальной оценке геометрических характеристик. Из традиционных методов измерения выделим следующие:

1. Метод определения поперечных и продольных уклонов прибором КП514 РДТ: лазерный дальномер, его диапазон измерений составляет от 0,05 до 100 метров, точность  $\pm 1$  мм.

Порядок измерений:

- Установка КП514 РДТ на штативе на ровной поверхности в начале измеряемого участка дороги.
- Калибровка прибора согласно инструкциям производителя.
- Активация лазерного дальномера и наводка лазерного луча на противоположный конец измеряемого участка.
- Фиксация измеренного расстояния и угла уклона, которые отображались на дисплее прибора. Повтор измерения проводятся через каждые 10 метров.

2. Метод определения поперечных и продольных уклонов прибором КП514 РДТ РДУ-3М: универсальная



**Рис 1.** Отображение ТИМ в дополненной реальности при обнаружении маркера  
**Fig 1.** Displaying TIM in augmented reality when a marker is detected

дорожная рейка, диапазон измерений до 3 метров, точность  $\pm 0,1$  мм.

Порядок измерений:

- Установка рейки РДУ-3М на участке дороги с обеспечением её устойчивости.
- Измерение высоты в каждой точке относительно горизонтальной плоскости.
- Перемещение рейки через каждые 10 метров с измерением уклона на каждом участке.

3. Метод измерения ширины проезжей части и обочины курвиметром Bosch GWM40: измерительный прибор, диапазон измерений до 40 метров, точность  $\pm 1$  мм.

Порядок измерений:

- Проверка исправности курвиметра и его калибровка, если необходимо.
  - Прокатка курвиметра вдоль проезжей части и обочины, начиная с одного края и заканчивая на противоположном.
  - Фиксация измеренных значений ширины.
4. Метод измерения ширины проезжей части и обочины металлической рулеткой RGK-R5: диапазон измерений до 5 метров, точность  $\pm 1$  мм.

Порядок измерений:

- Проверка исправности и калибровка.
  - Установка рулетки на проезжей части и измерение расстояния от одного края до другого.
5. Метод измерения длины участка прибором КП514 РДТ: мобильный дорожный комплекс с датчиком пути, диапазон измерений до 10 км, точность  $\pm 1$  см.

Порядок измерений:

- Установка датчика пути на мобильный дорожный комплекс согласно инструкциям производителя.
  - Проезд по участку дороги с постоянной скоростью, с фиксированием длины пути.
  - Автоматическая запись датчиком пути данных о пройденном расстоянии.
6. Метод измерения профилометром в составе дорожной лаборатории КП514 РДТ: диапазон измерений до 100 метров, точность  $\pm 0,1$  мм.

Порядок измерений:

- Оценка прочности дорожной одежды.
- Запись упругого прогиба с нагрузкой 57 кН: диапазон измерений до 10 мм, точность  $\pm 0,1$  мм.

7. Метод измерения сцепных свойств дорожного покрытия прибором ИКСп-2У: прибор для измерения сцепных свойств, диапазон измерений от 0 до 1, точность  $\pm 0,01$ .

**Этапы эксперимента по методике наложения ТИМ в дополненную реальность**

**1. Создание маркера:** на этом этапе производилась генерация маркеров дополненной реальности. После генерации маркеры сохранялись и распечатывались на матовой бумаге для установки их на строительном участке.

**2. Установка физического маркера:** физический маркер был установлен на обочине, аналогичный маркер был размещён в виртуальной модели дороги. Уникальная QR-метка была связана с системой Vuforia, что позволило синхронизировать реальное местоположение маркера с его виртуальной копией (рисунок 1).

**3. Калибровка камеры:** камера была откалибрована вручную, движениями вверх-вниз для получения внутренних и внешних параметров по ТИМ-модели. Для этого камера устанавливалась на штатив, который фиксировался в неподвижном положении. Во время калибровки происходило соответствие между трёхмерными точками сцены и пикселями изображения.

**4. Первый пуск приложения:** приложение запустилось на ноутбуке с внешней камерой с использованием программного обеспечения Unity. При наведении камеры на метку на экране отображались элементы дороги: проектные параметры.

**5. Измерение параметров дороги – определение поперечных и продольных уклонов:** камера фиксировала маркеры, установленные на различных участках дороги, и отображала виртуальный объект, наложенный на автодорогу. Виртуальная рулетка в дополненной реальности позволяла точно измерить уклоны.

**6. Измерение ширины проезжей части и обочины:** с помощью виртуальной рулетки измерялась ширина проезжей части и обочины. Физические маркеры на дороге обеспечивали точное позиционирование.

**7. Измерение длины участка:** маркеры, установленные вдоль дороги, использовались для измерения длины участка. В дополненной реальности фиксировались начало и конец участка, что обеспечивало определение длины трассы автодороги.

**8. Оценка продольной и поперечной ровности профиля:** камера накладывала ТИМ-данные по длине и ширине дороги, что позволяло оценить соответствие проектным данным. Данные о профиле отображались в реальном времени в дополненной реальности. Эти данные верифицировались с измерениями других приборов, проводимыми на дороге.

**Результаты**

В данном исследовании описано одно из полученных измерений поперечных уклонов, которые определялись традиционным методом – передвижной дорожной лабо-



№ пп.	Адрес участка, км + м	Поперечные уклоны фактические, ‰, КПС14 РДТ	Поперечные уклоны фактические, ‰, AR-метод	Поперечные уклоны проектные, ‰	Отклонение
1	216 + 474	19,4	20	20	0,6
2	216 + 500	20,6	20	20	-0,6
3	216 + 600	22,2	20	20	-2,2
4	216 + 700	19,0	20	20	1,0
5	216 + 800	19,3	20	20	0,7
6	216 + 900	20,9	21	20	-0,9
7	217 + 000	20,7	20	20	-0,7
8	217 + 100	19,3	19	18	-1,3
9	217 + 200	7,2	7	7	-0,2
10	217 + 300	4,1	4	4	-0,1
11	217 + 400	15,1	15	15	-0,1
12	217 + 500	22,1	21	20	-0,7
13	217 + 600	19,2	20	20	0,8
14	217 + 700	19,4	20	20	0,6
15	217 + 800	20,2	20	20	-0,2
16	217 + 900	20,1	20	20	-0,1
17	218 + 000	19,2	20	20	0,8
18	218 + 100	20,4	20	20	-0,4
19	218 + 200	21,0	20	20	-1,0

Табл. 1. Значения показателей поперечных уклонов  
Tab. 1. Values of transverse slope indicators

расторией с установленными навигацией и гироскопом, контрольные измерения были проведены с помощью рейки дорожной универсальной РДУ-3М в характерных местах участка автомобильной дороги. Второй метод измерения заключался в наложении ТИМ данного участка через мобильное устройство в дополненной реальности с виртуальной рулеткой.

Результаты измерений значений показателей поперечных уклонов представлены в таблице 1.

#### Обсуждение

Диагностика поперечной ровности покрытия дорожной одежды проводилась двумя методами: с применением цифровой модели, без использования цифровой модели.

Однако требуется верификация данных, полученных в ходе измерений, для этого они были обработаны в табли-

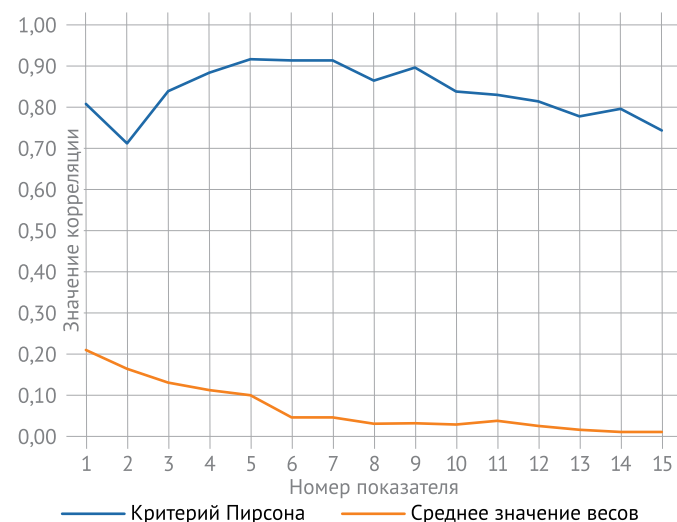


Рис. 2. Гистограмма результатов на проверку параметров критерия Пирсона по согласованности мнений экспертов  
Fig. 2. Histogram of results on checking Pearson's criterion for the consistency of expert opinions

це Excel. При помощи статистических методов была оценена согласованность мнений экспертов – при помощи критерия Пирсона, который позволяет оценить корреляцию между параметрами. Значения корреляции варьировались от 0 до +1, где 0 указывает на отсутствие корреляции, а +1 – на сильную положительную корреляцию. На основе значений корреляционного коэффициента была построена гистограмма, которая визуальнo отображала распределение корреляционных значений и позволяла оценить степень согласованности мнений экспертов (рисунки 2).

Гистограмма позволяет визуальнo оценить распределение значений корреляции и степень согласованности мнений экспертов. Гистограмма результатов показывала, что большинство значений корреляции находилось в диапазоне от 0,7 до 1, что свидетельствовало о высокой степени согласованности [5]. Высокая корреляция между параметрами свидетельствует о согласованности мнений и надёжности используемых методик.

Результаты измерений показали, что значения поперечной ровности, полученные двумя методиками, были достаточно близки. Однако использование цифровой модели позволяет более точно привязать измерения к реальным условиям и масштабировать данные, что обеспечивает повышенную точность и надёжность измерений.

Полученные данные подтверждают высокую степень согласованности мнений экспертов и показывают сильную положительную корреляцию между измеряемыми параметрами. Это свидетельствует о надёжности и эффективности применяемых методик, включая использование дополненной реальности и цифровых моделей.

Для повышения точности и надёжности измерений рекомендуется продолжать исследования по привязке цифровых моделей к реальным условиям, развивать тех-

нологии дополненной реальности для создания полноценных измерительных инструментов, проводить дополнительные исследования на возможность улучшения методов привязки цифровой модели на местности.

Перспективные исследования по наложению ТИМ в дополненной реальности могут быть развиты для использования в качестве измерительного инструмента на этапе строительства жизненного цикла автодороги. Это позволит более эффективно выявлять дефекты и отклонения от проектных параметров, обеспечивая высокое качество строительства и эксплуатации автомобильных дорог.

#### Заключение

Использование метода наложения ТИМ в дополненной реальности на построенный объект и верификация

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елшамы Мохамед, М. М. Управление жизненным циклом автомобильных дорог на этапе эксплуатации на основе моделей искусственных нейронных сетей : дис. ... канд. тех. наук : 2.1.14 / Елшамы Мохамед Мостафа Махмуд. – Ростов-на-Дону, 2016. – 150 с.
2. Бойков, В. Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог / В. Н. Бойков // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2014. – № 1 (2). – С. 1–7.
3. Миронюк, В. П. Анализ основных направлений развития САПР автомобильных дорог для реализации концепции жизненного цикла автомобильных дорог / В. П. Миронюк, В. В. Фиалкин // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2014. – № 1 (2). – С. 31–35.
4. Некрасов, А. Г. Система управления жизненным циклом (трансформация в цифровую инфраструктуру) : учебное пособие / А. Г. Некрасов, Б. В. Соколов, К. И. Атаев. – Москва : Техполиграфцентр, 2017. – 155 с.
5. Столбов, Ю. В. Обеспечение точности контроля неровностей конструктивных слоёв дорожных одежд с применением нивелиров / Ю. В. Столбов // Вестник СИБАДИ. – 2012. – № 4

#### REFERENCES

1. Elshami Mohamed, M. M. Upravlenie zhiznennym tsiklom avtomobil'nykh dorog na etape ekspluatatsii na osnove modelej iskusstvennykh nejronnykh setej [Management of the life cycle of highways at the operational stage based on models of artificial neural networks] : dis. ... kand. tekhn. nauk : 2.1.14 [dis. ... candidate of Technical Sciences. Sciences : 2.1.14] / Elshami Mohamed Mostafa Mahmud. – Rostov-na-Donu, 2016. – 150 p.
2. Bojkov, V. N. IT-tehnologii v podderzhke zhiznennogo tsikla dorog [IT technologies in support of the life cycle of roads] / V. N. Bojkov // SAPR i GIS avtomobil'nykh dorog [CAD and GIS of highways]. – 2014. – No. 1 (2). – Pp. 1–7.
3. Mironyuk, V. P. Analiz osnovnykh napravlenij razvitiya SAPR avtomobil'nykh dorog dlya realizatsii kontseptsii zhiznennogo tsikla avtomobil'nykh dorog [Analysis of the main directions of development of CAD of highways for the implementation of the concept of the life cycle of highways] / V. P. Mironyuk, V. V. Fialkin // SAPR i GIS avtomobil'nykh dorog [CAD and GIS of highways]. – 2014. – No. 1 (2). – Pp. 31–35.
4. Nekrasov, A. G. Sistema upravleniya zhiznennym tsiklom (transformatsiya v tsifrovuyu infrastrukturu) : uchebnoe posobie [Life cycle management system (transformation into digital infrastructure) : textbook] / A. G. Nekrasov, B. V. Sokolov, K. I. Ataev. – Moscow : Technopoligrafcenter, 2017. – 155 p.
5. Stolbov, Yu. V. Obespechenie tochnosti kontrolya nerovnostej

полученных геометрических параметров позволяют обосновать применение данного функционала при управлении жизненным циклом этапа строительства автодороги и своевременного управленческого решения при обнаружении отклонений. Несмотря на то, что этот метод не обладает полной точностью сравнительно с более точными измерениями, такими как показатель IRI, предполагается, что его эффективность может быть усовершенствована за счёт интеграции искусственного интеллекта и использования GPS-позиционирования. Анализ показал, что инструменты дополненной реальности могут иметь некоторые отклонения от точных измерений из-за методов привязки и при определённых условиях эффективность дополненной реальности можно увеличить.

(26). – С. 55–60.

6. Al-Omari, B. Relationships between international roughness index and present serviceability rating / B. Al-Omari, M. I. Darter // Transportation Research Record. – 1994. – № 1435. – P. 130–136.
7. Haas, R. Modern pavement management / R. Haas, W. R. Hudson, J. Zaniewski. – Melbourne, FL, United States : Krieger Publishing Company, 1994. – 583 p.
8. Papagiannakis, A. T. International standards organization-compatible index for pavement roughness / A. T. Papagiannakis, B. Raveendran // Transportation research record. – 1998. – Vol. 1643. – No. 1. – Pp. 110–115.
9. Sayers, M. W. Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements / M. W. Sayers, T. D. Gillespie, W. D. O. Paterson. – Washington, D.C., U.S.A. : World Bank, 1986. – 96 p.
10. Swei, O. Pavement management systems: Opportunities to improve the current frameworks / O. Swei, J. Gregory, R. Kirchain // Proceedings of the Transportation Research Board 95th Annual Meeting ; Transportation Research Board. – Washington, DC, USA. – 2016. – 18 p.

konstruktivnykh sloev dorozhnykh odezhd s primeneniem nivelirov [Ensuring the accuracy of control of the irregularities of the structural layers of road clothes using levelling] / Yu. V. Stolbov // Vestnik SIBADI [Bulletin of SIBADI]. – 2012. – № 4 (26). – Pp. 55–60.

6. Al-Omari, B. Relationships between international roughness index and present serviceability rating / B. Al-Omari, M. I. Darter // Transportation Research Record. – 1994. – № 1435. – P. 130–136.
7. Haas, R. Modern pavement management / R. Haas, W. R. Hudson, J. Zaniewski. – Melbourne, FL, United States : Krieger Publishing Company, 1994. – 583 p.
8. Papagiannakis, A. T. International standards organization-compatible index for pavement roughness / A. T. Papagiannakis, B. Raveendran // Transportation research record. – 1998. – Vol. 1643. – No. 1. – Pp. 110–115.
9. Sayers, M. W. Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements / M. W. Sayers, T. D. Gillespie, W. D. O. Paterson. – Washington, D.C., U.S.A. : World Bank, 1986. – 96 p.
10. Swei, O. Pavement management systems: Opportunities to improve the current frameworks / O. Swei, J. Gregory, R. Kirchain // Proceedings of the Transportation Research Board 95th Annual Meeting ; Transportation Research Board. – Washington, DC, USA. – 2016. – 18 p.

## Факторы, влияющие на продолжительность строительства жилых зданий

Factors Affecting the Duration of Construction of Residential Buildings

### 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 Tatyana Konstantinovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, kuza@mgsu.ru

### Айдаров Борис Астанович

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

Aidarov Boris Astanovich

Postgraduate student of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, boris-aydarov@mail.ru

### Сергеев Андрей Дмитриевич

Студент магистратуры, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, andrey.serg01@mail.ru

Sergeev Andrey Dmitrievich

Master's student, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, andrey.serg01@mail.ru

### Егоров Данила Андреевич

Студент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, corvvid@vk.com

Egorov Danila Andreevich

Student of the National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, corvvid@vk.com

**Аннотация.** В рамках инвестиционно-строительного проекта ведущую роль, отвечающую за качество результатов проводимых работ и своевременность их выполнения, реализует генподрядная организация. На каждом этапе проекта образуются факторы, которые оказывают как позитивное, так и негативное влияние на процесс строительства. Данная научная статья фокусируется на выявлении основных, наиболее распространённых негативных факторах, встречающихся в процессе строительного производства, приводящих к осложнению проведения работ и последующему отклонению от установленных сроков производства.

Основной целью исследования является формирование перечня наиболее часто встречающихся и оказывающих существенное влияние факторов строительного производства,

**Abstract.** Within the framework of the investment and construction project, the leading role responsible for the quality of the results of the work carried out and the timeliness of their implementation is carried out by the general contractor organization. At each stage of the project, factors are formed that have both a positive and negative impact on the construction process. This scientific article focuses on identifying the main, most common negative factors encountered in the process of construction production, leading to the complication of work and subsequent deviation from the established production deadlines.

The main purpose of the study is to form a list of the most common and significantly influencing factors of construction production, the elimination of which at the early stages by the

устранение которых на ранних стадиях генподрядной организацией позволит в дальнейшем сократить сроки строительства.

Методология проводимой работы включает тщательный анализ существующих факторов, распределение их по этапам, в рамках которых они возникают, возможности воздействия на них генподрядной организацией и акцентирование усилий на каждом этапе строительного производства.

Полученные в процессе проведения исследовательской работы результаты показывают не только понимание функций генподрядной организации, но и позволяют сделать выводы, влияющие на повышение эффективности управленческих практик.

**Keywords:** строительство, технологические решения, подряд, факторы, практики управления, календарный план.

general contractor organization will further reduce the construction time. The methodology of the work carried out includes a thorough analysis of existing factors, their distribution by stages, within which they arise and the possibility of the general contractor's influence on them and the emphasis on efforts at each stage of construction production.

The results obtained during the research work provide not only an understanding of the functions of the general contracting organization, but also allow us to draw conclusions that affect the effectiveness of management practices.

**Keywords:** construction, technological solutions, contracting, factors, management practices, calendar plan.

### Введение

За прошедшее двадцать лет в нашей стране набраны высокие темпы строительства, и тенденция сохраняется оптимистичная. По данным министерства строительства, количество сдаваемого жилья в нашей стране растёт на 5–10 % год к году. Такие показатели указывают на необходимость в сокращении сроков строительства, так как в данных условиях вероятно большое расхождение планов с возможностями имеющихся трудовых ресурсов. Количество организаций, осуществляющих строительство, ограничено, поэтому следует наладить их работу таким образом, чтобы подавляющее большинство объектов было сдано в назначенный срок либо с опережением. В данной статье будут проанализированы наиболее распространённые причины, приводящие к отставаниям выполняемых строительных работ от назначенных графиков [1; 2; 3]. Для этого необходимо выделить стадии, из которых состоит инвестиционно-строительный проект. В него входят такие стадии, как:

- формирование задумки-концепции проекта;
- разработка бизнес-плана;
- поиск и заключение договоров со всеми участниками проекта;
- разработка технической и проектно-сметной документации (проектирование);
- подготовка земельного участка к проведению работ, поставка материалов и техническое оснащение;
- строительство, отделка и пуско-наладка;
- ввод здания в эксплуатацию.

После подписания договора подряда ответственность за осуществление строительства несёт генподрядная организация, в её функционал входит составление плана производства работ, привлечение к работам собственных сил, а также сторонних субподрядных организаций, предоставление им комплекта рабочей документации, а также создание необходимых условий труда, в том числе закупка строительных материалов и техники [4; 5; 6]. В завершении генподрядчик освидетельствует выполненные работы, производит оплату, подготавливает необходимую исполнительную документацию и отчитывается перед стороной заказчика. Если проанализировать стадии проекта и функции генподрядной организации, можно заметить, что есть стадии, до наступления которых генподрядчик не в состоянии повлиять на особенности дальнейшего проведения работ, а есть стадии, после которых эта возможность появляется.

Касательно потенциально возможных причин, по которым генподрядная организация может не укладываться в намеченные временные рамки, проведено немалое количество исследований, некоторые из которых позволи-

ли структурировать представление о возможных факторах при проведении данной научной работы. Среди таких исследований есть статьи, предлагающие распределение факторов по сферам, на которые в рамках своего функционала оказывает влияние генподрядная организация на протяжении всего строительного процесса [7]. В статье [8] предложена схема объединения факторов в группы по общей природе. А в статье [9] прослеживается взаимосвязь факторов и технико-экономических показателей строительного производства. Эти и другие статьи позволили сформировать индивидуальное понимание проблематики и стали почвой для проведения данного исследования.

### Материалы и методы

В рамках анализа научно-технической литературы, научных трудов по данной теме исследования и опыта производственной деятельности проведено распределение этапов инвестиционно-строительного проекта (ИСП) по влиянию на них генподрядной организации. Затем на примере практики нескольких существующих объектов произведён анализ соответствия планируемых сроков проведения работ и реальных результатов. При исследовании рассмотрены календарные графики производства работ по 3 объектам-аналогам (типовым объектам) и проведены их проверки на наличие расхождений. По тем пунктам, где работы выполнены с опозданием, собраны причины таких результатов. Полученные факторы переводятся в числовые значения и распределяются по указанным ранее этапам. Таким образом формируется наглядная картина того, когда и на что стоит воздействовать генподрядной организации с целью повышения эффективности её работы [9; 10; 11]. Итогом служит готовый список факторов, устранение которых позволит сократить сроки строительства на определённый временной промежуток.

### Результаты

Как было упомянуто ранее, инвестиционно-строительный проект состоит из некоторых этапов, на которые, согласно своей очерёдности, воздействуют различные участники проекта. Ниже в таблице 1 распределены этапы проекта, в рамках которых в той или иной степени принимает участие генеральный подрядчик [12; 13].

Для наглядного выявления влияния факторов был произведён анализ графиков производства работ с 3 реальных объектов, среди которых:

- 17-этажное жилое здание в г. Пушкино (МО),
- 24-этажное жилое здание с апартаментами в г. Москва (СВАО),
- 20-этажное жилое здание в г. Москва (САО).

В процессе проведения исследования на каждом отдельном рассматриваемом этапе на графиках производ-

Формирование концепции проекта	Разработка бизнес-плана	Заключение договоров со всеми участниками проекта	Разработка технической и проектно-сметной документации	Подготовка земельного участка к проведению работ	Строительство, отделка и пусконаладка	Ввод здания в эксплуатацию
Генподрядчик не оказывает влияния			Генподрядчик получает комплект РД, выполненный проектной организацией	Генподрядчик подготавливает земельный участок для осуществления строительства	Генподрядчик способствует организации осуществления строительства	Генподрядчик представляет проделанные работы

Таб. 1. Распределение ответственности генподрядной организации по этапам ИСП  
Tab. 1. Distribution of responsibility of the general contractor organization by stages of an investment and construction project



Название задачи	2022			2024			
	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель
<b>Внутренние слоботочные системы</b>							
<b>Разводка кабеля, проводов</b>							
Разводка магистральных стояков							
Разводка кабеля по полу МОП							
<b>Внутренние отделочные работы (МОП) Корпус А</b>							
<b>МОП Черновая внутренняя отделка</b>							
Устройство цементно-песчаной стяжки, армированной фиброволокном толщиной от 36 до 50 мм							
По причине отсутствия в томе «конструкции железобетонные» рабочей документации информации с указанием расположения закладных деталей для отверстий под внутренние слоботочные системы, отверстия не были выполнены в вертикальных и горизонтальных конструкциях, в результате чего возникла необходимость в организации работ по их бурению. На поиск бурильной организации, заключение с ней договора, выполнение разметки и проведение работ ушло 4 недели. В результате из-за замедления работ по раскладке кабеля по полу сместилась работа по заливке стяжки. Общее отставание составило 4 недели.							

**Рис. 1. Фактор «низкокачественная рабочая документация при выполнении работ по монтажу инженерных систем»**  
**Fig. 1. Factor «low-quality working documentation for the installation of engineering systems»**

ства работ с разных объектов каждый фактор был найден дважды. Исключением стал фактор, связанный с низкокачественной рабочей документацией, так как его влияние фактически могло возникнуть на любом этапе производства. По этой причине в качестве примера представлены фрагменты графиков на рисунках 1, 2, на которых выявлены отклонения сроков при выполнении работ в связи с наличием этого фактора.

Жёлтым цветом на графиках выделен период, во время которого фактор был обнаружен и происходило его устранение, тёмным цветом – когда были проведены работы после устранения последствий фактора.

Организационно-технологическое решение: дополнительная внутренняя проверка комплекта РД со стороны генерального подрядчика. (Особое внимание при проверке стоит уделять соотношению разных частей проекта

Планирование и проектирование		Подготовка земельного участка		Строительство подземной части		Строительство надземной части		Внутренние отделочные работы		Внешние отделочные работы		Ввод здания в эксплуатацию	
Ф <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	Ф <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	Ф <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	Ф <sub>4</sub>	T <sub>4</sub>	Ф <sub>5</sub>	T <sub>5</sub>	Ф <sub>6</sub>	T <sub>6</sub>	Ф <sub>7</sub>	T <sub>7</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ф <sub>11</sub> – Низкокачественная рабочая документация	T <sub>11</sub> = 4–8 нед.	Ф <sub>21</sub> – Низкое техническое оснащение	T <sub>21</sub> = 1–2 нед.	Ф <sub>31</sub> – Нехватка рабочей силы	T <sub>31</sub> = 1–3 нед.	Ф <sub>41</sub> – Низкое техническое оснащение организации	T <sub>41</sub> = 2–3 нед.	Ф <sub>51</sub> – Некачественный ППР	T <sub>51</sub> = 1–3 нед.	Ф <sub>61</sub> – Плохая работа отдела снабжения	T <sub>61</sub> = 2–3 нед.	Ф <sub>71</sub> – Плохая работа ПТО	T <sub>71</sub> = 3–5 нед.
				Ф <sub>32</sub> – Недобросовестность поставщиков	T <sub>32</sub> = 1–4 нед.	Ф <sub>42</sub> – Медленная работа отдела снабжения	T <sub>42</sub> = 2–3 нед.	Ф <sub>52</sub> – Передача работ без актов	T <sub>52</sub> = 1–2 нед.	Ф <sub>62</sub> – Некачественный ППР	T <sub>62</sub> = 2–3 нед.		
								Ф <sub>53</sub> – Плохая работа ПТО	T <sub>53</sub> = 3–5 нед.	Ф <sub>63</sub> – Порча результатов работ	T <sub>63</sub> = 1–3 нед.		

**Табл. 2. Факторы, возникающие в течение жизненного цикла проекта**  
**Tab. 2. Factors that arise during the project life cycle**

друг с другом и наличием в них разночтений, правильно-сти наложения осей планов, наличием сводных планов инженерных сетей, а также предлагаемым технологическим решениям).

Отклонение: 4–8 недель. Все остальные факторы были выявлены таким же образом и вместе со значениями их отклонений представлены в виде таблицы 2. Для удобства вычисления влияния полученных факторов на сроки строительства выведена следующая формула 1.

$$T_{\text{общ}} = (\sum T_1^{\text{min}} + \dots + T_{1n}^{\text{min}}) + (\sum T_1^{\text{max}} + \dots + T_{1n}^{\text{max}}) + (\sum T_2^{\text{min}} + \dots + T_{2n}^{\text{min}}) + (\sum T_2^{\text{max}} + \dots + T_{2n}^{\text{max}}) + \dots + (\sum T_{i1}^{\text{min}} + \dots + T_{in}^{\text{min}}) + (\sum T_{i1}^{\text{max}} + \dots + T_{in}^{\text{max}}); \quad (1)$$

где  $T_{\text{общ}}$  – суммарное время отклонения от ГПР (графика производства работ), а  $T_i \div T_n$  – среднее время отклонения отдельно взятого этапа.

В свою очередь,  $T_i$  вычисляется по формуле 2:

$$T_i = T_{i1} + T_{i2} + \dots + T_{in}; \quad (2)$$

где  $T_{in}$  – время отклонения от ГПР (графика производства работ) отдельно взятого фактора в рамках  $i$ -го этапа.

Так как каждый фактор представлен в виде промежутка времени (наименьшего и наибольшего отклонения),

чтобы определить, насколько изменятся сроки строительства при устранении этих факторов, необходимо выразить результат в виде промежутка. Таким образом, по имеющимся данным найдено:

$$T_{\text{общ}} = (T_{11}^{\text{min}} + T_{11}^{\text{max}}) + (T_{21}^{\text{min}} + T_{22}^{\text{max}}) + (T_{31}^{\text{min}} + T_{31}^{\text{max}}) + (T_{32}^{\text{min}} + T_{32}^{\text{max}}) + (T_{41}^{\text{min}} + T_{41}^{\text{max}}) + (T_{42}^{\text{min}} + T_{42}^{\text{max}}) + (T_{51}^{\text{min}} + T_{51}^{\text{max}}) + (T_{52}^{\text{min}} + T_{52}^{\text{max}}) + (T_{53}^{\text{min}} + T_{53}^{\text{max}}) + (T_{61}^{\text{min}} + T_{61}^{\text{max}}) + (T_{62}^{\text{min}} + T_{62}^{\text{max}}) + (T_{63}^{\text{min}} + T_{63}^{\text{max}}) + (T_{71}^{\text{min}} + T_{71}^{\text{max}});$$

$$T_{\text{общ}} = 24 - 47, \text{ нед.}$$

Полученный результат означает, что если генподрядной организации удастся устранить рассмотренные факторы, то срок строительства сократится приблизительно на 24–47 недель, что равняется 6–12 месяцам.

**Заключение**

Данное исследование позволит в дальнейшем установить зависимость влияния факторов на продолжительность выполнения работ, а предложенный способ определения продолжительности открывает возможность выбора наиболее рациональных организационно-технологических решений.

№ сметы	Наименование стадий работ	Начало работ	Окончание работ	Кол-во	2023											
					Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.			
<b>2.2.3.</b>	<b>Внутренние инженерные системы паркинга</b>															
2.2.3.3.	Канализация	03.2023	04.2023	Раб.												
	Из-за несвоевременного монтажа систем вентиляции и дымоудаления работы по монтажу магистралей системы хоз.-бытовой канализации перенесены на 2 месяца, и работы проведены на 2 недели дольше из-за неудобства параллельного ведения монтажных работ			ИТР												
2.2.3.8.	Вентиляция и дымоудаление	03.2023	09.2023	Раб.												
	Из-за отсутствия в комплекте РД сводного плана инженерных систем возникла необходимость демонтажа систем вентиляции и дымоудаления для предоставления прокладки системы хоз.-бытовой канализации по естественному уклону. На демонтаж и повторный монтаж потрачено 2 месяца			ИТР												

**Рис. 2. Фактор «низкокачественная рабочая документация при проведении работ по заливке стяжки»**  
**Fig. 2. Factor «low-quality working documentation during the work on filling the screed»**

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- Олейник, П. П. Анализ и разработка норм продолжительности строительства жилых зданий типовых серий / П. П. Олейник // Механизация строительства. – 2008. – № 2. – С. 18.
- Олейник, П. П. Методы определения продолжительности строительства гражданских зданий / П. П. Олейник, Р. А. Ибрагимов, А. Ф. Сафин. – DOI 10.54950/26585340\_2023\_3\_13 // Строительное производство. – 2023. – № 3. – С. 13–19.
- Современные подходы к решению вопросов организационно-технологического проектирования / М. В. Воловик, М. Н. Ершов, А. В. Ишин [и др.] // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 3. – С. 10–16.
- Сальников, К. Е. Нормирование продолжительности строительства в РФ / К. Е. Сальников. – DOI 10.25136/2409-7802.2021.2.34477 // Финансы и управление. – 2021. – № 2. – С. 56–62.
- Сальников, К. Е. Отечественный опыт сокращения про-

- должительности строительства / К. Е. Сальников. – DOI 10.25136/2409-7802.2020.4.34390 // Финансы и управление. – 2020. – № 4. – С. 41–57.
- Степанов, А. Е. Комплексная оценка организационно-технологических процессов, оптимизирующих продолжительность монолитных работ при строительстве жилых зданий : дисс. ... канд. техн. наук : специальность 05.02.22 / Степанов Александр Евгеньевич ; ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». – Москва, 2022. – 161 с. – Текст: непосредственный.
- Раковский, В. И. Анализ факторов, влияющих на продолжительность работ при строительстве объектов / В. И. Раковский // Альманах мировой науки. – 2017. – № 3-3 (18). – С. 91–93.
- Третьякова, Н. М. Основные функции генподрядчика и особенности взаимоотношений с ними: научная статья /

- Н. М. Третьякова // XI Международная студенческая научная конференция «Студенческий научный форум – 2019», Москва, 1 декабря 2018 г. – 23 мая 2019 г. – Москва, 2019. – 7 с.
9. Гараева, Д. Р. Зависимость продолжительности строительства зданий и сооружений от организационно-технологических решений / Д. Р. Гараева, И. Л. Абрамов // Проектирование и строительство : сборник научных трудов 4-й Международной научно-практической конференции молодых учёных, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 13 марта 2020 года / Юго-Западный государственный университет. – Курск : Б. и., 2020. – С. 79–81.
10. Influence of the Construction Risks on the Cost and Duration of a Project / A. Lapidus, D. Topchiy, T. Kuzmina, O. Chapidze // Buildings. – 2022. – Vol. 12 (4). – Art. 484. – URL: <https://doi.org/10.3390/buildings12040484>.

## REFERENCES

- Oleynik, P. P. Analiz i razrabotka norm prodolzhitel'nosti stroitel'stva zhilykh zdaniy tipovykh seriy [Analysis and development of standards for the duration of construction of residential buildings of standard series] / P. P. Oleynik // Mekhanizatsiya stroitel'stva [Mechanization of construction]. – 2008. – No. 2. – Pp. 18.
- Oleynik, P. P. metody predeleniya prodolzhitel'nosti stroitel'stva grazhdanskikh zdaniy [Methods for determining the duration of construction of civil buildings] / P. P. Oleynik, R. A. Ibragimov, A. F. Safin. – DOI 10.54950/26585340\_2023\_3\_13 // Stroitel'noye proizvodstvo [Construction production]. – 2023. – No. 3. – Pp. 13–19.
- Sovremennyye podkhody k resheniyu voprosov organizatsionno-tekhnologicheskogo proyektirovaniya [Modern approaches to solving issues of organizational and technological design] / M. V. Volovik, M. N. Yershov, A. V. Ishin [i dr.] // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – 2013. – No. 3. – Pp. 10–16.
- Sal'nikov, K. Ye. Otechestvennyy opyt sokrashcheniya prodolzhitel'nosti stroitel'stva [Rationing the duration of construction in the Russian Federation] / K. Ye. Sal'nikov. – DOI 10.25136/2409-7802.2020.4.34390 // Finansy i upravleniye [Finance and management]. – 2020. – No. 4. – Pp. 41–57.
- Sal'nikov, K. Ye. Normirovaniye prodolzhitel'nosti stroitel'stva v RF [Domestic experience in reducing the duration of construction] / K. Ye. Sal'nikov. – DOI 10.25136/2409-7802.2021.2.34477 // Finansy i upravleniye [Finance and Management]. – 2021. – No. 2. – Pp. 56–62.
- Stepanov, A. Ye. Kompleksnaya otsenka organizatsionno-tekhnologicheskikh protsessov optimiziruyushchikh prodolzhitel'nost' monolitnykh rabot pri stroitel'stve zhilykh zdaniy [Comprehensive assessment of organizational and technological processes that optimize the duration of monolithic works in the construction of residential buildings] : diss. ... kand. tekhn. nauk : spetsial'nost' 05.02.22 [dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences : specialty 05.02.22] / Stepanov Aleksandr Yevgen'yevich ; FGBOU VO «Natsional'nyy issledovatel'skiy Moskovskiy gosudarstvennyy stroitel'nyy universitet» [FSBEI HE «National Research Moscow State University of Civil Engineering»]. – Moscow, 2022. – 161 p. – The text is direct.
- Rakovskiy, V. I. Analiz faktorov, vliyayushchikh na prodolzhitel'nost' rabot pri stroitel'stve ob'yektov [Analysis of

- Self-Cleaning Cement-Based Building Materials / A. Lapidus, E. Korolev, D. Topchiy, T. Kuzmina, S. Shekhovtsova, N. Shestakov // Buildings. – 2022. – Vol. 12 (4). – Art. 606. – URL: <https://doi.org/10.3390/buildings12050606>.
- Modelling the stages of pre-project preparation and design development in the life-cycle of an investment and construction project / A. Lapidus, D. Topchiy, T. Kuzmina, P. Bolshakova // Applied Sciences (Switzerland). – 2022. – Vol. 12, No. 23. – Pp. 12401. – URL: <https://doi.org/10.3390/app122312401>.
- An Integrated Quality Index of High-Rise Residential Buildings for All Lifecycle Stages of a Construction Facility / A. Lapidus, D. Topchiy, T. Kuzmina, Y. Shesterikova, T. Bidov. – DOI [https://DOI 10.3390/app13032014](https://doi.org/10.3390/app13032014) // Applied Sciences (Switzerland). – 2023. – Vol. 13, No. 3. – Pp. 2014.

- factors affecting the duration of work during the construction of facilities] / V. I. Rakovskiy // Almanakh mirovoy nauki [Almanac of World Science]. – 2017. – No. 3-3 (18). – Pp. 91–93.
- Tret'yakova, N. M. Osnovnyye funktsii genpodryadchika i osobennosti, svyazannyye s nimi: nauchnaya stat'ya [The main functions of the general contractor and the specifics of relations with them: a scientific article] / N. M. Tret'yakova // XI Mezhdunarodnaya studencheskaya nauchnaya konferentsiya «Studencheskiy nauchnyy forum - 2019», Moskva, 1 dekabrya 2018 g. – 23 maya 2019 g. [XI International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum - 2019", Moscow, December 1, 2018 – 23 May 2019]. – Moscow, 2019. – 7 p.
  - Garayeva, D. R. Zavisimost' prodolzhitel'nosti stroitel'stva zdaniy i sooruzheniy ot organizatsionno-tekhnologicheskikh resheniy [Dependence of the duration of construction of buildings and structures on organizational and technological solutions] / D. R. Garayeva, I. L. Abramov // Proyektirovaniye i stroitel'stvo : sbornik nauchnykh trudov 4-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov, magistrrov i bakalavrov, Kursk, 13 marta 2020 goda [Design and construction : collection of scientific papers of the 4th International Scientific and Practical Conference of young scientists, graduate students, masters and bachelors, Kursk, March 13, 2020] / Yugo-Zapadnyy gosudarstvennyy universitet [Yugo-Western State University]. – Kursk : B. i., 2020. – Pp. 79–81.
  - Influence of the Construction Risks on the Cost and Duration of a Project / A. Lapidus, D. Topchiy, T. Kuzmina, O. Chapidze // Buildings. – 2022. – Vol. 12 (4). – Art. 484. – URL: <https://doi.org/10.3390/buildings12040484>.
  - Self-Cleaning Cement-Based Building Materials / A. Lapidus, E. Korolev, D. Topchiy, T. Kuzmina, S. Shekhovtsova, N. Shestakov // Buildings. – 2022. – Vol. 12 (4). – Art. 606. – URL: <https://doi.org/10.3390/buildings12050606>.
  - Modelling the stages of pre-project preparation and design development in the life-cycle of an investment and construction project / A. Lapidus, D. Topchiy, T. Kuzmina, P. Bolshakova // Applied Sciences (Switzerland). – 2022. – Vol. 12, No. 23. – Pp. 12401. – URL: <https://doi.org/10.3390/app122312401>.
  - An Integrated Quality Index of High-Rise Residential Buildings for All Lifecycle Stages of a Construction Facility / A. Lapidus, D. Topchiy, T. Kuzmina, Y. Shesterikova, T. Bidov. – DOI [https://DOI 10.3390/app13032014](https://doi.org/10.3390/app13032014) // Applied Sciences (Switzerland). – 2023. – Vol. 13, No. 3. – Pp. 2014.

УДК 69.05

## Практичность модульного строительства: опыт прошлого и перспективы

The Practicality of Modular Construction: Past Experience and Prospects

Амбарцумян Сергей Александрович

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

Ambartsumyan Sergey Alexandrovich

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

Мочалин Дмитрий Евгеньевич

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

Mochalin Dmitry Evgenievich

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

Събева Юлия Александрова

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

Siebeva Julia Alexandrova

Postgraduate student of the Department of Technologies and Organization Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, ysbeva@mon-arch.ru

**Аннотация.** Рассматриваются сборные, модульные конструкции, которые приобретают всё большее значение в проектировании зданий и управлении строительными работами и которые могут варьироваться от плоских компонентов, таких как стены, сложные механические, электрические и сантехнические узлы, до трёхмерных секций здания, включая двери, стеновые панели, панели пола, лестницы, окна, фермы крыши, компоненты размером с комнату, а иногда и целые здания. Описывается эффективность сочетания использования традиционных материалов, таких как железобетон и сталь, с современными технологиями для создания лёгких, но прочных конструкций, которые можно производить быстро и эффективно. Анализируются методы, позволяющие контролировать за-

**Abstract.** Prefabricated, modular structures are considered, which are becoming increasingly important in building design and construction management and can range from flat components such as walls, complex mechanical, electrical and plumbing components, to three-dimensional sections of a building, including doors, wall panels, floor panels, stairs, windows, roof trusses, components of the size the size of a room, and sometimes-entire buildings. It describes the effectiveness of combining the use of traditional materials such as reinforced concrete and steel with modern technologies to create lightweight but durable structures that can be produced quickly and efficiently. The methods that allow controlling construction costs by saving time, wages and ma-

Введение

За последние годы модульный способ возведений зданий и сооружений приобрёл широкую популярность в строительной индустрии. Модульное строительство почти на 50 % быстрее и дешевле, чем традиционные техно-

траты на строительство за счёт экономии времени, заработной платы и материалов. Проведён литературный анализ по теме сборного, а также крупногабаритного модульного домостроения. В дополнительном анализе нуждается влияние развития новых материалов, программного обеспечения для проектирования и методов монтажа на эволюцию модульного строительства. В статье также рассмотрена эволюция модульного строительства, описаны новые технологии, цифровые решения и достижения в информационном моделировании, которые способствуют развитию данного способа возведения объектов строительства.

**Keywords:** модульное строительство, модуль, блок, строительство, сборка, моделирование.

materials are analyzed. A literary analysis was conducted on the topic of prefabricated, as well as large-sized modular housing construction. The impact of the development of new materials, design software and installation methods on the evolution of modular construction needs additional analysis. The article also examines the evolution of modular construction, describes new technologies, digital solutions and advances in information modeling that contribute to the development of this method of construction of construction facilities.

**Keywords:** modular construction, module, block, construction, assembly, modeling.

логии. Помимо этого, модульные объекты могут помочь снизить общую стоимость строительства на 25–30 %, свести к минимуму перерывы в работе производственной площадки, а также обеспечить мобильность, безопасные условия труда и устойчивость [1]. По сути модульные



дома представляют собой объекты, части которых сделаны на заводе, но собраны они на строительной площадке. Хотя этот уникальный метод строительства может показаться новым, на самом деле он существует уже не первое столетие.

#### Материалы и методы

Для систематизации и оценки информации применялись следующие методы научного исследования: анализ, синтез и дедукция. В данном исследовании использовались данные, собранные из открытых источников, научных статей и отчётов. Также проводился анализ литературы, посвящённой модульному строительству и новым технологиям в этой области.

Мировой рынок модульного строительства оценивался в 86,3 миллиарда долларов США в 2023 году, и, по прогнозам, к 2035 году он достигнет отметки 544,4 миллиарда долларов США при среднегодовом темпе роста (совокупный годовой темп роста) 30,1 % в период с 2023 по 2030 годы. На рисунке 1 представлена динамика рынка модульного строительства.

Сборные и модульные конструкции стали популярны среди архитекторов в 50-х и 60-х годах прошлого века, поскольку они рассматривались как способ создания «высокого дизайна по доступной цене». За последние примерно четыре десятилетия сборные конструкции и модульные здания вышли за рамки одноэтажных домов в пригородах. Со временем конструктивные элементы модульных зданий стали гораздо более совершенными и сложными, и теперь различные отрасли промышленности используют модульные конструкции для удовлетворения своих потребностей в пространстве. Сегодня практически все крупные застройщики включают тот или иной элемент готовых блоков или модулей в свои проекты как в жилом, так и в нежилом сегменте [2–4].

Таким образом, изучение прогресса развития модульного строительства и его перспектив через призму Четвёртой промышленной революции представляет на сегодняшний день актуальную научно-практическую задачу, необходимость решения которой и предопределило выбор темы данной статьи.

Над разработкой концепции дизайна модульного дома, которая позволяет обеспечить гибкость планировки в соответствии с запросами пользователя, трудятся Красавина К. М., Разуваев А. Д., Чепелева К. В., Смирнов Е. А., Варич Э. С., Михеев Г. В., Moritz Pohl, Johannes Krisam, Meinhard Kieser, Milim Lee, Suk-il Kang, Sungmin Song.

Вопросы производительности модульных сборных конструкций обсуждаются, в частности, в публикациях

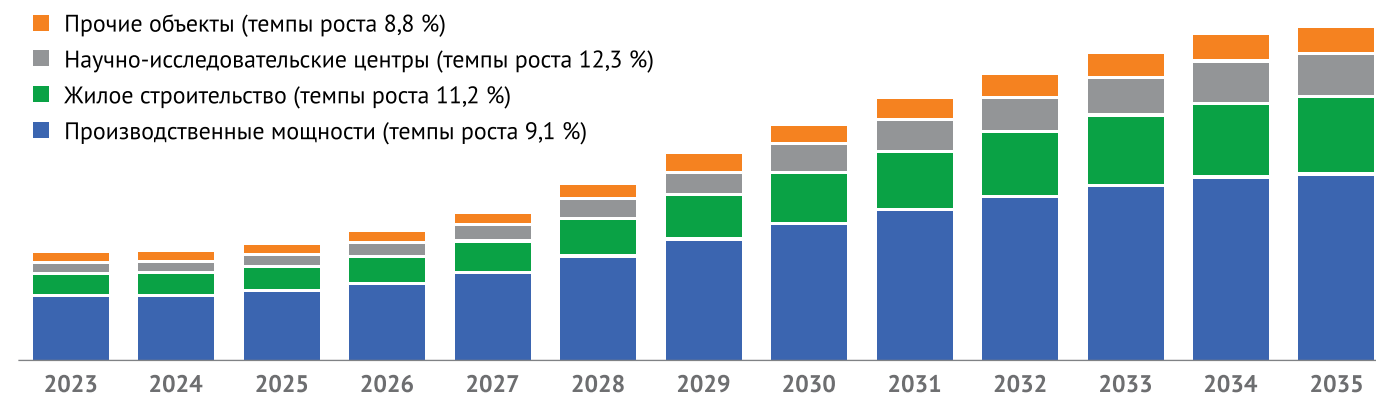


Рис. 1. Рынок модульного строительства по типам объектов, млн дол.  
Fig. 1. Market of modular construction by types of objects, million dollars

Новака Ю. В., Клименко Р. П., Трухачёвой Л. А., Буряковой Н. С., Guotao Wang, Yunna Yang, Hui Liu, Mingzhao Chen, Zhiyuan Jiang.

Этапы модульного строительства, а также особенности его электротехнического и механического проектирования детально изучаются Токтагановым А. А., Жусуповым Т. В., Гужовой О. А., Хайруллиним М. Ф., Tinasadat Khadivjam, Huy Che-Quang, Thierry Maris, Zvart Ajoyan.

Однако, несмотря на значительное количество публикаций, некоторые проблемные моменты модульного возведения зданий и сооружений требуют более тщательной проработки. Кроме того, особого внимания заслуживают возможности виртуальной и дополненной реальности, которые могут применяться для моделирования целых проектов ещё до их запуска, что позволит клиентам просматривать готовый продукт, а также даст возможность дизайнерам взглянуть на потенциальные проблемы с другой точки зрения.

Таким образом, цель статьи заключается в изучении особенностей модульного строительства через призму прошлых наработок и будущих достижений, инициируемых технологиями Четвёртой промышленной революции.

Модульное домостроение – это технология, которая становится всё более популярной в современном мире. Она предполагает строительство зданий из заранее подготовленных модулей, которые производятся на заводе. Этот подход имеет ряд преимуществ перед традиционными методами строительства.

Во-первых, модульное домостроение позволяет значительно сократить сроки строительства. Готовые модули могут быть быстро установлены на месте, что экономит время и ресурсы. Кроме того, этот метод позволяет избежать необходимости проведения дополнительных работ по монтажу отдельных элементов конструкции.

Во-вторых, модульное домостроение повышает качество работ. В заводских условиях возможно достичь более высокого уровня контроля качества материалов и производственных процессов, что положительно влияет на долговечность и надёжность готового продукта.

В-третьих, применение модульных систем позволяет создавать различные варианты планировки помещений без дополнительных затрат времени и ресурсов. Это даёт большую гибкость при проектировании зданий.

Кроме того, модульное домостроение способствует снижению выбросов вредных веществ в атмосферу, так как все процессы происходят внутри помещения завода.

Таким образом, крупногабаритное модульное домостроение является перспективным направлением развития строительной отрасли, которое может привести к значительному улучшению качества жизни людей и повышению эффективности использования природных ресурсов [5–6].

Модульная конструкция обычно относится к строительным элементам, которые изготавливаются за пределами строительной площадки, а затем устанавливаются на месте. Однако такие термины, как «сборные конструкции», «сборное производство», «внеплощадочное строительство» и «индустриальное строительство», используются как взаимозаменяемые для описания технологии модульного возведения зданий в разных странах. Ключевым моментом здесь является не номенклатура, а принципиально отличная от традиционного строительства философия. В то время как обычное строительство использует сырьё на месте, модульная технология предполагает предварительное изготовление компонентов/частей за пределами объекта на заводе [7].

С исторической точки зрения модульная архитектура уходит корнями в Древний Египет. Уже в этот ранний период для строительства пирамид использовались отдельные блоки. От первых сборных деревянных домов в Японии XII века и сборного дома Леонардо да Винчи Casa mutabile до капсульной башни Накагин в Токио и классических зданий из бетонных плит 1970-х годов в Германии – модульная конструкция постоянно присутствует в архитектуре и продолжает раскрывать свой потенциал [8].

Например, в 1942 году правительство США использовало модульную и сборную системы, чтобы построить сверхсекретный город Оук-Ридж (штат Теннесси), где размещался проект «Манхэттен». Стены, мебель, сантехнические системы и все вспомогательные системы были смонтированы на заводе и доставлены на место. Такой подход позволил возвести 17 готовых домов за день. Это привело к переосмыслению процесса проектирования и строительства жилья и сокращению типовых сроков возведения домов.

Огромным прорывом в изготовлении модульных сооружений стало изобретение конвейера, что значительно облегчило возведение модулей. Это было особенно полезно после Второй мировой войны, когда возникла серьёзная нехватка жилья.

Также инженерная мысль сосредоточилась на утилитарных сборных конструкциях, как например, разборные классы, которые можно было встретить в австралийских школах (см. рисунок 3). Появившиеся в 1960-х годах, они были рассчитаны на десять лет. Спустя полвека около 6000 из них всё ещё используются.

В 1967 году архитектор Моше Сафди построил для Ехро сборную модульную мегаструктуру Habitat 67. Habitat 67 представляет собой жилой комплекс, который состоит из 354 идентичных сборных бетонных квартир, расположенных в различных комбинациях, в результате чего они образуют 12 этажей. Цель данного проекта состояла в том, чтобы разрушить стереотип плотной городской застройки и интегрировать в неё открытое пространство [9].

Необходимо также отметить, что сегодня взаимосвязь между модульным строительством и современными технологиями имеет решающее значение, поскольку цифровые инструменты и технологии, такие как 3D-печать,

информационное моделирование зданий и передовая робототехника, сыграли важную роль. Модульные здания теперь могут оснащаться новейшими технологиями, такими как соответствие стандарту 5G, облачные вычисления, «умные» термостаты, автоматические системы отопления, «умное» освещение и «умные» дисплеи.

Кроме того, необходимо отметить ещё одну немаловажную тенденцию, которая характерна для развития современного модульного строительства, – это возможности выбора между панельной и объёмной технологией возведения.

Панельная технология предполагает, что составные элементы здания изготавливаются на заводе, упаковываются и доставляются, а затем собираются на месте. Этот метод имеет более низкие транспортные расходы, позволяет легче масштабировать производственные мощности, обеспечивает большую степень кастомизации и может использоваться в большем количестве случаев (например, при модернизации). Однако он требует значительного объёма работ на месте и вносит большую вариативность в процесс строительства на площадке [10].

Объёмное производство предполагает изготовление целых помещений или модулей на заводе, их доставку и последующую установку краном на место. Этот процесс требует меньшего объёма работ на объекте и обеспечивает большую последовательность, поскольку значительная часть действий выполняется в заводских условиях.

Особого внимания заслуживает интеграция модульного строительства и BIM-моделирования. Одна из важных проблем при возведении модульных зданий возникает в процессе проектирования и интеграции инженерных систем, что влияет на график проекта в целом в отношении определённых критических этапов. BIM решает многие проблемы координации, интегрируя и синхронизируя все аспекты строительства, включая архитектурные, структурные и инженерные системы, с помощью общей 3D-модели, сокращая человеческие ошибки и задержки [11–12].

Разработка BIM-объектов для модульного строительства на основе правил использует возможности параметрического моделирования инструментов BIM в дополнение к средствам визуального программирования для автоматизации процесса проектирования. Проектировщик может использовать стандарты модульной координации для определения размеров и местоположения строительных объектов в модульной системе координат [14–15].

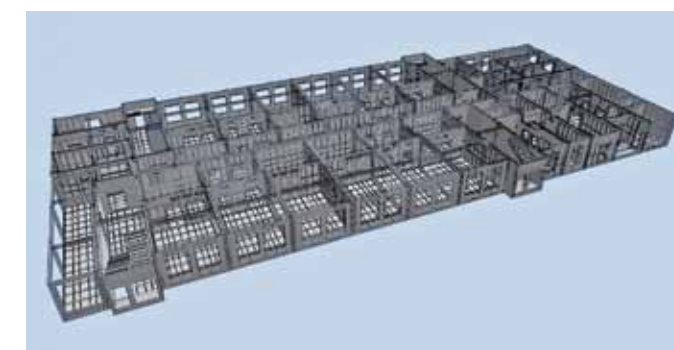
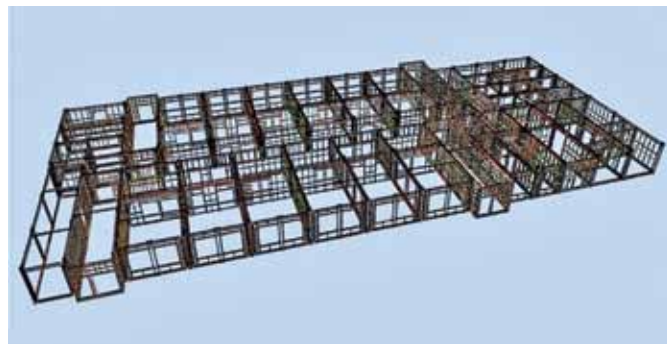


Рис. 2. 3D-модель здания из железобетонных крупногабаритных модулей на платформе BIM  
Fig. 2. 3D model of a building from large-sized precast concrete modules on the BIM platform





**Рис. 3.** Набор арматурных изделий каркаса здания из крупногабаритных железобетонных модулей на платформе BIM

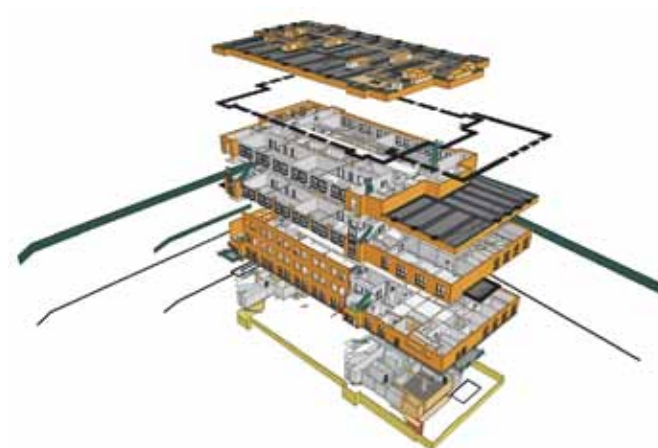
**Fig. 3.** Set of reinforcement products for the frame of a building from large-sized precast concrete modules on the BIM platform

Пример рабочего процесса BIM в модульном строительстве представлен на рисунках 2, 3, 4.

#### Результаты

Авторами было проанализировано современное модульное строительство, которое развивается под влиянием нескольких ключевых тенденций. Прежде всего, отмечается тесная взаимосвязь между модульным строительством и новыми технологическими достижениями, такими как 3D-печать, информационное моделирование зданий. Эти технологии позволяют оснащать модульные здания самыми передовыми системами.

Определены тенденции, связанные с использованием BIM-технологий в модульном строительстве. BIM позволяет решать многие проблемы координации, интегрируя и синхронизируя все аспекты строительства, включая архитектурные, структурные и инженерные системы, с по-



**Рис. 4.** Пример рабочего процесса BIM при проектировании зданий из крупногабаритных железобетонных модулей  
**Fig. 4.** Example of the BIM workflow for designing buildings from large-sized precast concrete modules

мощью общей 3D-модели. Это помогает сократить человеческие ошибки и задержки.

#### Заключение

Подводя итоги проведённого исследования, можно сделать следующие выводы. Возведение объектов из крупногабаритных модулей значительно ускоряет процесс строительства, так как здание представляет собой определённое количество модулей, которые доставляются на площадку уже готовыми и монтируются. Сегодня эта технология обогащается цифровыми инновациями, возможностями новых, более экологических материалов, потенциалом информационного моделирования для получения наиболее оптимальных результатов и удовлетворения разнообразных требований заказчиков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Голикова, А. А. Сравнительный анализ капитального и модульного жилищного строительства / А. А. Голикова // Научно-исследовательский центр «Technical Innovations». – 2021. – № 4. – С. 133–136.
- Захарова, М. В. Опыт строительства зданий и сооружений по модульной технологии / М. В. Захарова, А. Б. Пономарев // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8, № 1. – С. 148–155.
- Курбанов, З. А. Объёмно-блочное домостроение: история и современные тенденции / З. А. Курбанов, А. В. Понамарёв, С. В. Овсянников // Избранные доклады 62-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых учёных. – Томск : Томский гос. архит.-строит. ун-т, 2016. – С. 841–845.
- Самсонова, М. Г. История и тенденции развития объёмно-блочного домостроения в России и за рубежом / М. Г. Самсонова // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2019. – № 2. – С. 37–43.
- Хубаев, А. О. Мировая практика в области модульного строительства / А. О. Хубаев, С. С. Саакян, Н. В. Макаев // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 99–108.
- Пахомова, Л. А. Комфортное жильё нового индустриального поколения / Л. А. Пахомова, П. П. Олейник // Строительное производство. – 2020. – № 2. – С. 23–28.
- Teschmacher, T. CAD-integrated parametric modular construction design / T. Teschemacher, K.-U. Bletzinger // Engineering Reports. – 2023. – Vol. 5. – Pp. 187–194.
- Ali, A. H. Identifying and assessing modular construction implementation barriers in developing nations for sustainable building development / A. H. Ali, A. F. Kineber, A. H. Ibrahim, A. Elyamany // Sustainable Development. – 2023. – Vol. 31, Iss. 5. – Pp. 112–119.
- Rakhmetova, A. Sh. Osobennosti stroitel'stva modul'nykh sooruzhenij [Features of the construction of modular structures] / A. Sh. Rakhmetova // Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire [Actual scientific research in the modern world]. – 2021. – No. 10-4 (78). – Pp. 10–12.
- Korovkina, A. I. Modul'noe stroitel'stvo: tekhnicheskoe sootvetstvie standartam, perspektiva ispol'zovaniya, dostoinstva i nedostatki ispol'zovaniya [Modular construction: technical compliance with standards, the prospect of use, advantages and disadvantages of use] / A. I. Korovkina // Stroitel'stvo i nedvizhimost' [Construction and real estate]. – 2022. – No. 1 (10). – Pp. 13–19.
- Modular Construction of Porous Hydrogen-Bonded Molecular Materials from Melams / T. Khadivjam, H. Che-Quang, T. Maris, Z. Ajoyan, A. J. Howarth, J. D. Wuest // Chemistry. – 2020. – Vol. 26, Iss. 31. – Pp. 29–35.
- Kuzmina, T. K. Osobennosti stroitel'stva zdaniy iz krupnogabaritnykh modulej. Chast' 1 [Features of the construction of buildings from large-sized modules. Part 1] / T. K. Kuzmina, R. T. Avetisyan, A. T. Mirzakhanova // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki [News of TulSU. Technical Sciences]. – 2022. – Iss. 5. – Pp. 95–101.
- Kuzmina, T. K. Faktory, vliyayushhie na vybor, organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij pri stroitel'stve zdaniy iz krupnogabaritnykh modulej. Chast' 2 [Factors influencing the choice of organizational and technological solutions in the construction of buildings from large-sized modules. Part 2] / T. K. Kuzmina, R. T. Avetisyan, A. T. Mirzakhanova // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki [News of TulSU. Technical sciences]. – 2022. – Iss. 5. – Pp. 178–185.
- Modular Construction of Heterobiaryl Atropisomers and Axially Chiral Styrenes via All-Carbon Tetrasubstituted VQMs / Bo-Bo G., Yue T., Yan-Hong L., Le Y. // Angewandte Chemie. – 2022. – Vol. 134, Iss. 40. – Pp. 56–63.
- Kholodnyak, V. D. Bystrovozvodimye konstruksii. Modul'noe stroitel'stvo [Prefabricated structures. modular construction] / V. D. Kholodnyak // Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka [Construction materials, equipment, technologies of the XXI century]. – 2023. – No. 3 (278). – Pp. 41–43.

A. Elyamany // Sustainable Development. – 2023. – Vol. 31, Iss. 5. – Pp. 112–119.

- Rakhmetova, A. Sh. Osobennosti stroitel'stva modul'nykh sooruzhenij / A. Sh. Rakhmetova // Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire. – 2021. – № 10-4 (78). – С. 10–12.
- Korovkina, A. I. Modul'noe stroitel'stvo: tekhnicheskoe sootvetstvie standartam, perspektiva ispol'zovaniya, dostoinstva i nedostatki ispol'zovaniya / A. I. Korovkina // Stroitel'stvo i nedvizhimost'. – 2022. – № 1 (10). – С. 13–19.
- Modular Construction of Porous Hydrogen-Bonded Molecular Materials from Melams / T. Khadivjam, H. Che-Quang, T. Maris, Z. Ajoyan, A. J. Howarth, J. D. Wuest // Chemistry. – 2020. – Vol. 26, Iss. 31. – Pp. 29–35.
- Kuzmina, T. K. Osobennosti stroitel'stva zdaniy iz krupnogabaritnykh modulej. Chast' 1 / T. K. Kuzmina, R. T. Avetisyan, A. T. Mirzakhanova // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2022. – Вып. 5. – С. 95–101.
- Kuzmina, T. K. Faktory, vliyayushhie na vybor organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij pri stroitel'stve zdaniy iz krupnogabaritnykh modulej. Chast' 2 / T. K. Kuzmina, R. T. Avetisyan, A. T. Mirzakhanova // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2022. – Вып. 5. – С. 178–185.
- Modular Construction of Heterobiaryl Atropisomers and Axially Chiral Styrenes via All-Carbon Tetrasubstituted VQMs / Bo-Bo G., Yue T., Yan-Hong L., Le Y. // Angewandte Chemie. – 2022. – Vol. 134, Iss. 40. – Pp. 56–63.
- Kholodnyak, V. D. Bystrovozvodimye konstruksii. Modul'noe stroitel'stvo / V. D. Kholodnyak // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2023. – № 3 (278). – С. 41–43.

#### REFERENCES

- Golikova, A. A. Sravnitel'nyj analiz kapital'nogo i modul'nogo zhilishhnogo stroitel'stva [Comparative analysis of capital and modular housing construction] / A. A. Golikova // Nauchno-issledovatel'skij tsentr «Technical Innovations» // [Scientific Research Center «Technical Innovations»]. – 2021. – No. 4. – Pp. 133–136.
- Zakharova, M. V. Opyt stroitel'stva zdaniy i sooruzhenij po modul'noj tekhnologii [Experience in the construction of buildings and structures using modular technology] / M. V. Zakharova, A. B. Ponomarev // Vestnik PNIPU. Stroitel'stvo i arkhitektura [Bulletin of PNIPIU. Construction and architecture]. – 2017. – Vol. 8, No. 1. – Pp. 148–155.
- Kurbanov, Z. A. Ob'yomno-blochnoe domostroenie: istoriya i sovremennye tendentsii [Volumetric-block housing construction: history and modern trends] / Z. A. Kurbanov, A. V. Ponomaryov, S. V. Ovsyannikov // Izbrannye doklady 62-j universitetskoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh [Selected reports of the 62nd University Scientific and Technical Conference of students and young scientists]. – Tomsk : Tomsk State University of Architecture, 2016. – Pp. 841–845.
- Samsonova, M. G. Istoriya i tendentsii razvitiya ob'yomno-blochnogo domostroeniya v Rossii i za rubezhom [History and trends in the development of bulk-block housing construction in Russia and abroad] / M. G. Samsonova // Vysokie tekhnologii v stroitel'nom komplekse [High technologies in the construction complex]. – 2019. – No. 2. – Pp. 37–43.
- Khubaev, A. O. Mirovaya praktika v oblasti modul'nogo, stroitel'stva [World practice in the field of modular construction] / A. O. KHubaev, S. S. Saakyan, N. V. Makaev // Vestnik PNIPIU. Stroitel'stvo i arkhitektura [Bulletin of PNIPIU. Construction and architecture]. – 2020. – Vol. 11, No. 2. – Pp. 99–108.
- Pakhomova, L. A. Komfortnoe zhil'e novogo industrial'nogo pokoleniya [Comfortable housing of the new industrial generation] / L. A. Pakhomova, P. P. Olejnik // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – No. 2. – Pp. 23–28.
- Teschmacher, T. CAD-integrated parametric modular construction design / T. Teschemacher, K.-U. Bletzinger // Engineering Reports. – 2023. – Vol. 5. – Pp. 187–194.
- Ali, A. H. Identifying and assessing modular construction implementation barriers in developing nations for sustainable

- building development / A. H. Ali, A. F. Kineber, A. H. Ibrahim, A. Elyamany // Sustainable Development. – 2023. – Vol. 31, Iss. 5. – Pp. 112–119.
- Rakhmetova, A. Sh. Osobennosti stroitel'stva modul'nykh sooruzhenij [Features of the construction of modular structures] / A. Sh. Rakhmetova // Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire [Actual scientific research in the modern world]. – 2021. – No. 10-4 (78). – Pp. 10–12.
- Korovkina, A. I. Modul'noe stroitel'stvo: tekhnicheskoe sootvetstvie standartam, perspektiva ispol'zovaniya, dostoinstva i nedostatki ispol'zovaniya [Modular construction: technical compliance with standards, the prospect of use, advantages and disadvantages of use] / A. I. Korovkina // Stroitel'stvo i nedvizhimost' [Construction and real estate]. – 2022. – No. 1 (10). – Pp. 13–19.
- Modular Construction of Porous Hydrogen-Bonded Molecular Materials from Melams / T. Khadivjam, H. Che-Quang, T. Maris, Z. Ajoyan, A. J. Howarth, J. D. Wuest // Chemistry. – 2020. – Vol. 26, Iss. 31. – Pp. 29–35.
- Kuzmina, T. K. Osobennosti stroitel'stva zdaniy iz krupnogabaritnykh modulej. Chast' 1 [Features of the construction of buildings from large-sized modules. Part 1] / T. K. Kuzmina, R. T. Avetisyan, A. T. Mirzakhanova // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki [News of TulSU. Technical Sciences]. – 2022. – Iss. 5. – Pp. 95–101.
- Kuzmina, T. K. Faktory, vliyayushhie na vybor, organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij pri stroitel'stve zdaniy iz krupnogabaritnykh modulej. Chast' 2 [Factors influencing the choice of organizational and technological solutions in the construction of buildings from large-sized modules. Part 2] / T. K. Kuzmina, R. T. Avetisyan, A. T. Mirzakhanova // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki [News of TulSU. Technical sciences]. – 2022. – Iss. 5. – Pp. 178–185.
- Modular Construction of Heterobiaryl Atropisomers and Axially Chiral Styrenes via All-Carbon Tetrasubstituted VQMs / Bo-Bo G., Yue T., Yan-Hong L., Le Y. // Angewandte Chemie. – 2022. – Vol. 134, Iss. 40. – Pp. 56–63.
- Kholodnyak, V. D. Bystrovozvodimye konstruksii. Modul'noe stroitel'stvo [Prefabricated structures. modular construction] / V. D. Kholodnyak // Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka [Construction materials, equipment, technologies of the XXI century]. – 2023. – No. 3 (278). – Pp. 41–43.

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_65

## Факторы производительности труда при строительстве складской инфраструктуры: концептуальные основы

### Построение концептуальной системы факторов производительности труда при строительстве складов

Factors of Labor Productivity During the Construction of Warehouse Infrastructure: Conceptual Framework  
Formation of a Conceptual System of Labor Productivity Factors during Warehouse Construction

#### Лapidус Азарий Абрамович

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

#### Lapidus Azariy Abramovich

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

#### Кардава Александр Мерабиевич

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



Kardava Alexander Merabievich

Postgraduate student of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, alkardava@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье осуществляется концептуально-теоретический анализ факторов производительности труда в строительной индустрии, а именно факторов, влияющих на производительность труда в процессе реализации проектов строительства объектов складской инфраструктуры. Целью исследования является создание базовой концептуальной системы макрофакторов, комплексных показателей, определяющих производительность труда при строительстве складской инфраструктуры как основы для дальнейшего прикладного анализа и формирования математической модели управления эффективностью производительности труда при строительстве складов в РФ. При учёте теоретико-методологического характера поставленной проблемы в процессе работы использовались такие стандартные методы, как анализ, синтез, дедукция, индукция, обобщение, сравнение, традиционный анализ документов.

В результате проведённого исследования установлены

**Abstract.** This article provides a conceptual and theoretical analysis of labor productivity factors in the construction industry (the factors influencing labor productivity in the process of implementing projects for the construction of warehouse infrastructure facilities). The purpose of this study is to create a basic conceptual system of macrofactors, complex indicators that determine labor productivity during the construction of warehouse infrastructure, as the basis for further applied analysis and the formation of a mathematical model for managing the efficiency of labor productivity during the construction of warehouses in the Russian Federation. Considering the theoretical and methodological nature of the problem, standard methods such as analysis, synthesis, deduction, induction, generalization, comparison, and traditional document analysis were used.

Because of this study, key approaches to determining labor

### Введение

Производительность труда играет одну из ключевых ролей в обеспечении экономического успеха строительных проектов [1]. Так, во многих странах стоимость труда в рамках строительной индустрии составляет 30–50 % себестоимости реализуемых проектов, в связи с чем производительность труда становится ключевым фактором прибыльности бизнеса в отрасли [2]. Таким образом, повышение производительности труда в строительстве любого рода объектов становится первоочередной задачей для ориентированных на высокую экономическую эффективность и устойчивость организаций.

Тем не менее, как показывает практика, в последние 20 лет темпы роста производительности труда в строительстве значительно отстают от темпов роста в других секторах. Так, в общеэкономическом разрезе производительность труда ежегодно растёт в среднем на 2,8 % (в некоторых отраслях данный показатель достигает уровня 3, 6 %), в то время как в строительстве темпы роста не превышают 1 %, а в ряде стран эти показатели и вовсе не изменяются или даже снижаются (как, например, в России в период с 2008 г.) [3]. Причиной такого рода тенденции является пониженная адаптивность строительного сектора к условиям инновационного развития и цифровой трансформации производственных процессов.

При этом задача обеспечения роста производительности труда при строительстве объектов, в т. ч. складской

ключевые подходы к определению факторов производительности труда в строительной отрасли. На основе комплексного анализа теоретико-методологических основ исследуемой проблематики и специфики деятельности в рассматриваемом сегменте строительной индустрии в России разработана система макрофакторов, комплексных показателей, влияющих на производительность труда в нём на современном этапе. В результате исследования выделены такие макрофакторы производительности труда при строительстве объектов складской инфраструктуры, как основные характеристики привлечённой рабочей силы, система управления проектом, условия труда при реализации проекта, сущностные черты самого проекта, внешнесредовые условия.

**Keywords:** строительство, складская инфраструктура, управление производительностью труда, факторы производительности труда.

productivity factors in the construction industry have been established. On the basis of a comprehensive analysis of the theoretical and methodological foundations of the problems under study and the specifics of activity in the considered segment of the construction industry in Russia, a system of macrofactors and complex indicators that influence labor productivity at the present stage has been developed. As a result of the study, such macrofactors of labor productivity during the construction of warehouse infrastructure facilities were identified as the main characteristics of the attracted workforce, the project management system, working conditions during the implementation of the project, the essential features of the project itself, and external environmental conditions.

**Keywords:** construction, warehouse infrastructure, labor productivity management, labor productivity factors.

инфраструктуры, с каждым годом становится всё более принципиальной задачей, особенно в условиях общего роста затрат бизнеса и конкурентного давления на него, а также повышения уровня контроля и надзора в отрасли, ожиданий стейкхолдеров (в т. ч. инвесторов с точки зрения отдачи от вложенных инвестиций).

В таком контексте актуальным становится практическое определение ключевых факторов, воздействующих на производительность труда в отрасли, и наиболее эффективных механизмов управленческого воздействия на них, что однако требует предварительного формирования концептуально-логической модели, системы макрофакторов [4] и её последующего тестирования на предмет её релевантности. Таким образом, целью данного исследования становится разработка модели ключевых показателей, макрофакторов производительности труда при строительстве объектов логистической инфраструктуры как основы для дальнейшего комплексного анализа их места и роли в сегменте в российской действительности.

### Материалы и методы

В рамках данного исследования были использованы такие стандартные методы, как анализ, синтез, дедукция, индукция, обобщение, сравнение, традиционный анализ документов.

### Результаты

#### **Производительность труда и факторы её роста: содержание концепта**

Производительность труда представляет собой эффективность труда в процессе производства товаров и услуг,

которая отражается в затраченном на производство единицы продукции времени или количестве произведённой за определённый период продукции. Обратной для производительности труда является такая величина, как трудоёмкость, измеряемая количеством времени, затраченным на производство единицы продукции.

Рост производительности труда сущностно подразумевает переход в состояние экономии рабочего времени на изготовление единицы продукции. Другим выражением роста производительности труда является выпуск дополнительного количества продукции в единицу времени. При этом важно, что прямым эффектом в первом случае является сокращение текущих издержек, связанных с заработной платой сотрудников, а во втором – увеличение объёмов выпуска продукции.

В основе роста производительности труда в большинстве случаев лежит устранение того или иного вида производственных потерь (перепроизводство, транспортировка, ожидание, излишние запасы, излишняя обработка, перемещение, брак), что достигается за счёт оптимизации и формализации процессов, повышения уровня мотивированности персонала, повышения качества рабочей силы, совершенствования материально-технического оснащения и т. д. [3].

#### **Обзор макрофакторов производительности труда в строительной индустрии**

Рассматривая макрофакторы производительности труда в строительной индустрии, в первую очередь необходимо определить ключевые сущностные черты строительной отрасли, влияющие на производительность труда и процесса управления ею. Так, для строительной отрасли характерны:

- Многоэтапность, комплексность, масштабность реализуемых проектов, что подразумевает под собой выполнение широкого спектра видов деятельности на различных этапах жизненного цикла проекта, как фактор усложнённой структуры процесса управления производительностью труда, необходимости поиска значительного числа разнородных решений в области, обладающих максимальным синергетическим эффектом;
- Высокий уровень ответственности за итоговый результат, высокий уровень опасности с точки зрения безопасности труда и высокий уровень негативного антропогенного воздействия в процессе реализации проектов, высокие экологические и социальные риски как факторы повышенного внимания к вопросам организации и реализации работ со стороны контрольно-надзорных органов, наличия значительного количества административных барьеров;
- Высокая материалоёмкость продукции как фактор необходимости размещения больших объёмов материальных запасов на относительно близком расстоянии от объекта;
- Стационарность объекта как фактор вынужденного управления движением исключительно материальных, технических и людских ресурсов;

- Часто реализация на территориях, не обладающих должной инфраструктурой в полном объёме, как фактор возникновения дополнительных логистических расходов и расходов на персонал;
- Высокая зависимость от стохастических факторов (погодные условия, геология и геодезия, производственные связи и т. д.) как фактор необходимости обеспечения высокой гибкости и адаптивности процессов при обеспечении должного уровня их устойчивости и систематичности и т. д.

В таких условиях, как показывают проведённые в последние годы исследования, на производительность труда в строительстве оказывает влияние значительное количество разнообразных факторов:

1) внутренних – связанных с рабочей силой как таковой, системой и процессами управления, материально-техническим оснащением, технологиями, проектными решениями и т. д. При этом важно, что, согласно одной из наиболее распространённых точек зрения, всю совокупность внутренних факторов возможно подразделить на такие группы, как:

- материально-технические, т. е. определяемые техническим и материальными аспектами производственного процесса, а также энергооборужённостью труда;
- организационные, т. е. определяемые сквозь призму организации труда, производства и управления;
- социальные, т. е. находящиеся в зависимости от качества и объёма человеческого капитала.

Здесь также необходимо отметить, что материально-технические факторы рассматриваются в отрасли как приоритетные, т. к. обеспечивают экономию одновременно живого и овеществлённого труда, в то время как организационные и социальные – только живого труда;

2) внешних – связанных с окружающей средой, инфраструктурным, социально-экономическим и научно-техническим положением территории реализации проекта, государственным регулированием и т. д. Всю совокупность внешних факторов условно возможно подразделить на такие группы, как:

- природно-географические;
- инфраструктурные;
- системные.

Помимо такого рода классификации макрофакторов производительности труда при строительстве объектов, большое значение для понимания сути вопроса также имеет подразделение факторов на такие группы, как:

- природно-географические, т. е. связанные с особенностями природной среды (климат, геология и т. д.), а также доступностью в рамках территории логистических каналов, источников ресурсов, в т. ч. человеческих и т. д.;
- экономические, т. е. связанные с управлением производственными и трудовыми процессами в организации;
- структурные, т. е. связанные с изменением структуры и объёма производства;

- социальные, т. е. связанные с качеством и количеством кадров, уровнем их мотивации и т. д.;
- научно-технические, т. е. связанные с изменением технического уровня производства, его инновационным развитием.

При этом важно понимать, что итоговый комплекс ключевых факторов производительности труда в рамках проекта строительства зависит от специфики самого объекта (в контексте специфики проектирования и строительства объектов такого типа, в первую очередь, с точки зрения требований к конструкциям и наличия доступных типовых решений). Большое значение имеет также расположение объекта (близость к магистралям и источникам материалов и конструкций, наличие в зоне реализации квалифицированной рабочей силы в контексте стоимости её привлечения и т. д.). Ещё один аспект – фактические возможности субъекта, реализующего проект, а именно, например, доступность для компании типовых решений, передовых технологий и материалов, достаточность финансовой базы для привлечения достаточного количества квалифицированной рабочей силы и обеспечения достаточного уровня её мотивации и т. д.

Более того, итоговый перечень факторов производительности труда будет несколько отличаться на разных стадиях жизненного цикла объекта, при этом сохраняя определённые сквозные параметры (например, уровень квалификации рабочей силы и обеспеченность ею, уровень вовлечённости и лояльности сотрудников, наличие доступа к типовым решениям и передовым инновационным технологиям, уровень автоматизации и интеллектуализации процессов принятия решений, непосредственно реализации производственной деятельности и контроля за ними, общий уровень цифровой трансформации бизнеса, обеспеченность материально-техническими решениями и их качество и т. д.).

Здесь также необходимо отметить, что представления о факторах производительности труда в отрасли традиционно различаются в зависимости от функциональной роли оценивающих в рамках строительных проектов [5]. Так, например, с точки зрения подрядчиков, основными факторами производительности традиционно являются подбор персонала, уровень текучести рабочей силы, уровень мотивации сотрудников, наличие межкультурной коммуникации [6], объём переработок, качество внутренних коммуникаций, финансовый статус владельца проекта, опыт работы сотрудников, уровень обеспеченности материалами [7]. В то же время, с позиции менеджеров проектов, основными факторами стоит считать отсутствие (недостаточность) схем финансового стимулирования, медленный процесс принятия решений владельцами, неэффективная шкала вознаграждения, затаенность процесса предоставления информации о бизнесе/проекте, нехватка квалифицированной рабочей силы [2], а также уровень удовлетворённости сотрудников работой, уровень этичности поведения управляющего персонала, возможности карьерного роста [8].

В то же время следует понимать, что итоговый общепромышленный комплекс факторов производительности тру-

да зависит и от социально-экономических, культурных и правовых условий реализации проектов, часто носящих национальный и региональный характер. В таком контексте высокую актуальность и значимое развитие получили исследования ключевых факторов производительности труда в страновом разрезе [9]. Так, например, в Индии, по мнению исследователей [10], ключевое значение с точки зрения влияния на производительность труда при строительстве любых объектов имеют обеспеченность материалами и своевременность их поставок, политические волнения в национальном масштабе, периодичность и частота внесения корректив в проект, доступность данных о проекте сотрудникам, качество планирования процесса реализации проекта, качество проектной документации и самого проекта. В то же время для Египта, например, свойственен несколько иной набор факторов: трудовой опыт и навыки сотрудников, качество и эффективность стимулирующих программ в контексте общей системы трудового законодательства, материально-техническая оснащённость, лидерство и компетентность в рамках процесса управления строительной деятельностью, планирование и организация рабочего процесса на объекте, уровень технологичности, инновационности проектирования и строительства, ясность, качество конструкций и решений [2].

В Иордании же, в свою очередь, наибольший вес имеют такие факторы, как качество планирования и составления графиков реализации проекта, материально-техническая оснащённость (объём и качество, инновационность), уровень доступности квалифицированной рабочей силы, эффективность управления площадкой, наличие ошибок при разработке и реализации проекта, управленческий опыт, оперативность движения финансовых потоков в цепочках создания стоимости, характеристики процесса мониторинга и контроля реализации процесса [11]. Вьетнамские же исследователи выделяют такие основные элементы национальной модели факторов производительности труда на этапах жизненного цикла объекта строительства, как опыт сотрудников, трудовая дисциплина, формы оплаты труда, качество строительных материалов и оборудования, качество организации процесса строительства и процесса контроля и надзора за ним, сильные и слабые стороны самого проекта [12].

#### **Система макрофакторов производительности труда при строительстве объектов складской инфраструктуры в России**

Система макрофакторов производительности труда при строительстве складской инфраструктуры в России формируется под давлением одновременно как специфики объекта строительства, так и специфики страны. Так, для складских помещений как объектов строительной деятельности характерны ускоренные процессы планирования и возведения, простота и облегчённость конструкций при сохранении их высокой вынужденной прочности и сейсмостойчивости, наличие значительного количества типовых решений, высокая материальная ресурсоёмкость, отсутствие необходимости в привлечении к строительству тяжёлой строительной техники, высокое

значение локализация с учётом расположения крупных логистических узлов и т. д. Для России свойственны такие рамочные условия реализации строительных проектов, как наличие административных барьеров и, как итог, длительность процессов получения разрешений при базово-низкоэффективной системе контроля за итоговым качеством проектов, сокращённых фактических ожиданиях контрольно-надзорных органов в отношении исполнения стандартов субъектами, высокая протяжённость территорий и наличие значительного числа зон с недостаточно развитой инфраструктурой, неравномерность социально-экономического развития территорий, ограниченная доступность квалифицированных трудовых ресурсов, многонациональный и многокультурный состав населения страны, высокое разнообразие природно-климатических условий с преобладанием сложных условий, сохранение пережитков планово-административной системы хозяйствования, низкий уровень распространённости современных подходов к менеджменту в области и т. д.

В таком контексте актуальность приобретает весьма специфичная совокупность факторов производительности труда, которая может быть подразделена на 6 ключевых групп (макрофакторов), а именно:

1. Рабочая сила (workforce). К данной группе могут быть отнесены такие факторы, как доступность квалифицированной рабочей силы (объём и качество) и стоимость её привлечения и удержания, личностные характеристики персонала (в условиях перехода к инновационной экономике для сотрудников актуально обладать такими

личностными характеристиками, как стремление и способность к непрерывному обучению, способность к эффективной деловой и личностной коммуникации, высокий уровень адаптивности и креативности, критичность мышления, ориентация на постоянное саморазвитие, навыки организационной эффективности и т. д.) [13], трудовая дисциплина, средний возраст сотрудников, качество и эффективность выполнения сотрудниками своих должностных обязанностей, уровень удовлетворённости персонала, его вовлечённости и лояльности и т. д.;

2. Управление проектом (management system). К данной группе могут быть отнесены такие факторы, как финансово-экономическое состояние и конкурентное положение организации, главенствующий управленческий подход, уровень профессионализма и опыта управленческой команды и владельцев проекта, их репутация и статус в глазах сотрудников, качество и эффективность системы внутреннего контроля и надзора в области, уровень цифровизации процессов воспроизводства и управления, качество и эффективность системы мотивации персонала;

3. Условия труда (working conditions). К данной группе могут быть отнесены такие факторы, как качество организации рабочего процесса и пространства с точки зрения комфорта и безопасности сотрудников, эффективность и качество организации труда, соответствие условий трудовому законодательству и конкурентным условиям на рынке;

4. Проект (project characteristics). К данной группе могут быть отнесены такие факторы, как размер (в кон-

Рабочая сила (workforce)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Объём и качество квалифицированной рабочей силы</li> <li>• Стоимость привлечения и удержания</li> <li>• Личностные характеристики сотрудников</li> <li>• Трудовая дисциплина</li> <li>• Возраст сотрудников</li> <li>• Уровень удовлетворённости, вовлечённости и лояльности сотрудников</li> <li>• Качество работы сотрудников</li> </ul>
Управление проектом (management system)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Финансово-экономическое состояние организации</li> <li>• Конкурентное положение организации</li> <li>• Управленческий подход</li> <li>• Качество управления</li> <li>• Репутация управленцев</li> <li>• Качество и эффективность системы внутреннего контроля</li> <li>• Уровень цифровизации</li> <li>• Система мотивации труда</li> </ul>
Условия труда (working conditions)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Качество организации рабочего процесса и пространства</li> <li>• Эффективность и качество организации труда</li> <li>• Соответствие условий трудовому законодательству и конкурентным условиям на рынке</li> </ul>
Проект (project characteristics)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Масштаб организации</li> <li>• Сложность конструкции</li> <li>• Качество выполнения проекта</li> <li>• Наличие и доступность типовых решений</li> <li>• Частота и масштабность внесения изменений в проект</li> <li>• Обеспеченность ресурсами</li> </ul>
Внешняя среда (external environment)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Уровень развития территории локализации проекта</li> <li>• Уровень инвестиционной активности в отрасли</li> <li>• Доступность транспортно-логистической инфраструктуры</li> <li>• Доступность профильных рынков</li> <li>• Геологические, гидрологические, погодные-климатические условия</li> <li>• Нормативно-правовые условия</li> <li>• Культурная среда</li> </ul>

Рис. 1. Система факторов производительности труда при строительстве объектов складской инфраструктуры  
Fig. 1. System of factors of labor productivity during the construction of warehouse infrastructure facilities



тексте экономии масштаба) организации, сложность конструкции и качество выполнения проекта, наличие и доступность типовых решений, частота и масштабность внесения изменений в проект, финансовая и материально-техническая обеспеченность проекта (в т. ч. с учётом доступности передовых отраслевых решений и цифровых технологий), обеспеченность трудовыми ресурсами, географические (в т. ч. близость к транспортным магистралям, логистическим узлам, источникам производства, сбыта и/или хранения материалов, конструкций, центрам сосредоточения потенциальной рабочей силы и т. д.) и природно-климатические условия реализации проектов и т. д.;

5. Внешняя среда (external environment). К данной группе могут быть отнесены такие факторы, как уровень социально-экономического развития территории локализации проекта, уровень инвестиционной активности в отрасли, включённость проекта в актуальную транспортно-логистическую инфраструктуру и наличие доступа на профильные рынки (оборудование, материалы, рабочая сила), геологические и гидрологические условия, погодноклиматические условия, нормативно-правовое регулирование в области, социальная культура, организация и реализация межкультурной коммуникации, доступность экспортных товаров и решений, требуемых для реализации проекта и т. д.

Графически данную систему факторов возможно представить следующим образом (рисунок 1).

Важно, что, согласно последним исследованиям [14], основными факторами производительности труда в строительной отрасли в России, в т. ч. при строительстве объектов складской инфраструктуры, являются размер организации, наличие экспорта, уровень цифровизации и цифровой трансформации процессов воспроизводства и управления, уровень инвестиционной активности. При этом, как показывает практика, рост производительности труда в сфере оказывается связан с повышением уровня механизации строительных процессов и уровня технической оснащённости организации, уровня её инновационного развития, а также с повышением уровня организации труда и квалификации сотрудников, обеспечением роста их мотивации, актуализацией норм, совершенствованием информационного и финансового обеспечения проекта [15]. Как видно из представленного перечня, наиболее остро для строительных организаций стоят вопросы

модернизации материально-технической базы, основных фондов и инновационного развития в совокупности с управлением трудовыми ресурсами.

#### Заключение

Подводя итоги проведённого исследования, возможно заключить, что на производительность труда при строительстве объектов складской инфраструктуры в России, как и в целом в строительной индустрии, оказывает влияние множество факторов. При этом возможно выделить несколько базовых макрофакторов, своего рода комплексных показателей, в достаточной мере полно описывающих их и в то же время адекватных специфике труда на различных стадиях жизненного цикла объекта строительства. К числу такого рода макропоказателей возможно отнести:

- основные характеристики привлечённой рабочей силы;
- систему управления проектом;
- условия труда при реализации проекта;
- сущностные черты самого проекта;
- внешнесредовые условия.

При этом среди конкретных факторов производительности труда особое значение на современном этапе приобретают такие проблемы, как материально-техническое оснащение (в контексте инновационности и цифровой трансформации) и трудовые ресурсы (квалификация сотрудников и управление уровнем их мотивации). Тем не менее, для подтверждения такого рода концептуальной модели необходимо провести углублённое прикладное исследование, содержащее в себе элементы эконометрического анализа, что и представляет собой следующий запланированный шаг развития представленной исследовательской мысли.

В рамках приведённого исследования были сформированы концептуальные основы системы факторов производительности труда при строительстве объектов складской инфраструктуры. Следующим актуальным направлением работы с разработанной системой факторов являются её тестирование и детализация на основе комплексного прикладного анализа. На основе полученной концептуально-прикладной системы будет возможно разработать математическую модель управления эффективностью производительности труда при строительстве складов в РФ.

1. – С. 225–238.

4. Топчий, Д. В. Анализ и реализация производственных процессов при строительстве объектов изменяемого назначения : дис. ... док. тех. наук : 05.02.22 / Топчий Дмитрий Владимирович ; Московский государственный строительный университет. – Иваново : Ивановский государственный политехнический университет, 2021.
5. Enhancing the effectiveness of riskmanagement practices in Sri Lankan road construction projects: A Delphi approach / K. R. S. Perera, R. Rameezdeen, N. Chileshe, M. R. Hosseini // International Journal of Construction Management. – 2014. – Vol. 14, Iss. 1. – Pp. 1–14.
6. Lim, E. C. Construction productivity: Issues encountered by

contractors in Singapore. / E. C. Lim, J. Alum // International Journal of Project Management. – 1995. – Vol. 13, Iss. 1. – Pp. 51–58.

7. Mahamid, I. Contractors perspective toward factors affecting labor productivity in building construction / I. Mahamid // Engineering, Construction and Architectural Management. – 2013. – Vol. 20, Iss. 5.
8. Labour productivity in Iranian construction projects / P. Ghoddousi, O. Poorafshar, N. Chileshe, M. R. Hosseini // International Journal of Productivity and Performance Management. – 2015. – Vol. 64, Iss. 6. – Pp. 811–830.
9. Jarkas, A. M. Prominent demotivational factors influencing the productivity of construction project managers in Qatar / A. M. Jarkas, M. Radosavljevic, L. Wuyi // International Journal of Productivity and Performance Management. – 2014. – Vol. 63, Iss. 8.
10. Thomas, A. V. Factors influencing construction labour / A. V. Thomas, T. J. Sudhakumar // Journal of Construction in Developing Countries. – 2014. – Vol. 19, Iss. 1. – Pp. 53–68.
11. Bekr, G. Study of Significant Factors Affecting Labor Productivity at Construction Sites in Jordan: Site Survey / G. Bekr // Journal of Engineering Technology. – 2016. – Vol. 4, Iss. 1. – Pp. 92–97.

#### REFERENCES

1. Mahamid, I. Principal factors impacting labor productivity of public construction projects in Palestine: Contractors' Perspective / I. Mahamid // International Journal of Architecture, Engineering and Construction. – 2013. – Vol. 2 (3). – Pp. 194–202.
2. El-Gohary, K. M. Factors influencing construction labor productivity in Egypt / K. M. El-Gohary, R. F. R. F. Aziz // Journal of Management in Engineering. – 2014. – Vol. 30 (1). – Pp. 1–9.
3. Kiselitsa, E. P. Povyshenie proizvoditel'nosti truda stroitel'nykh organizatsiy v usloviyakh innovatsionnoy ehkonomiki [Increase in labor productivity of construction organizations in the conditions of an innovative economy] / E. P. Kiselitsa, N. N. Shilova, A. G. Shelomentsev // Voprosy innovatsionnoy ehkonomiki [Issues of innovative economics]. – 2021. – Vol. 11, No. 1. – Pp. 225–238.
4. Topchy, D. V. Analiz i realizatsiya proizvodstvennykh protsessov pri stroitel'stve ob'ektov izmenyaemogo naznacheniya : dis. ... dok. tekhn. nauk : 05.02.22 [Analysis and implementation of production processes in the construction of objects of variable purpose : dis. ... doctor of Technical Sciences : 02/05/12] / Topchy Dmitry Vladimirovich ; Moskovskiy gosudarstvennyy stroitel'nyy universitet [Moscow State University of Civil Engineering]. – Ivanovo : Ivanovskiy gosudarstvennyy politekhnicheskij universitet [Ivanovo State Polytechnic University]. – Ivanovo, 2021.
5. Enhancing the effectiveness of riskmanagement practices in Sri Lankan road construction projects: A Delphi approach / K. R. S. Perera, R. Rameezdeen, N. Chileshe, M. R. Hosseini // International Journal of Construction Management. – 2014. – Vol. 14, Iss. 1. – Pp. 1–14.
6. Lim, E. C. Construction productivity: Issues encountered by contractors in Singapore. / E. C. Lim, J. Alum // International Journal of Project Management. – 1995. – Vol. 13, Iss. 1. – Pp. 51–58.
7. Mahamid, I. Contractors perspective toward factors affecting labor productivity in building construction / I. Mahamid // Engineering, Construction and Architectural Management. – 2013. – Vol. 20, Iss. 5.
8. Labour productivity in Iranian construction projects / P. Ghoddousi, O. Poorafshar, N. Chileshe, M. R. Hosseini // International Journal of Productivity and Performance Management. – 2015. – Vol. 64, Iss. 6. – Pp. 811–830.

12. Nguyen, V. T. Factors affecting labour productivity of construction worker on construction site: A case of Hanoi / V. T. Nguyen, N. L. Huong, N. B. Ngoc // Journal of Science and Technology in Civil Engineering. – 2018. – Vol. 12, Iss. 5. – Pp. 127–138.

13. Производительность труда в отраслях строительного кластера: состояние, проблемы, роль человеческого капитала / Г. Г. Балабанова, Т. А. Давыденко, Е. Ю. Кажанова, Е. Н. Чижова // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. – 2017. – № 11. – С. 191–199.
14. Факторы роста производительности труда на предприятиях несырьевых секторов российской экономики [текст] : доклад НИУ ВШЭ : к XXI Апрельской Международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2020 г. / Ю. В. Симачев (рук. авт. кол.), М. Г. Кузык, А. А. Федюнина [и др.] ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – Москва : Изд. дом Высшей школы экономики, 2020. – 59 с.
15. Производительность труда в строительной отрасли и методы её измерения / В. Д. Клюев, С. Б. Щепанский, В. В. Панаётова, Д. А. Зайцев // Инноватика и экспертиза: научные труды. – 2022. – № 1 (33). – С. 89–94.

9. Jarkas, A. M. Prominent demotivational factors influencing the productivity of construction project managers in Qatar / A. M. Jarkas, M. Radosavljevic, L. Wuyi // International Journal of Productivity and Performance Management. – 2014. – Vol. 63, Iss. 8.

10. Thomas, A. V. Factors influencing construction labour / A. V. Thomas, T. J. Sudhakumar // Journal of Construction in Developing Countries. – 2014. – Vol. 19, Iss. 1. – Pp. 53–68.
11. Bekr, G. Study of Significant Factors Affecting Labor Productivity at Construction Sites in Jordan: Site Survey / G. Bekr // Journal of Engineering Technology. – 2016. – Vol. 4, Iss. 1. – Pp. 92–97.
12. Nguyen, V. T. Factors affecting labour productivity of construction worker on construction site: A case of Hanoi / V. T. Nguyen, N. L. Huong, N. B. Ngoc // Journal of Science and Technology in Civil Engineering. – 2018. – Vol. 12, Iss. 5. – Pp. 127–138.
13. Proizvoditel'nost' truda v otraslyakh stroitel'nogo klastera: sostoyanie, problemy, rol' chelovecheskogo kapitala [Labor productivity in the sectors of the construction cluster: the state, problems, the role of human capital] / G. G. Balabanova, T. A. Davydenko, E. Yu. Kazhanova, E. N. Chizhova // Vestnik BGTU imeni V. G. Shukhova [Bulletin of the BSTU named after V. G. Shukhov]. – 2017. – No. 11. – Pp. 191–199.
14. Faktory rosta proizvoditel'nosti truda na predpriyatiyakh nesyr'evykh sektorov rossijskoj ehkonomiki [Factors of labor productivity growth at enterprises of non-primary sectors of the Russian economy] : doklad NIU VSHEN : k XXI Aprel'skoj Mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii po problemam razvitiya ehkonomiki i obshhestva, Moskva, 2020 g. [report of the Higher School of Economics : by the XXI April International Scientific Conference on Problems of economic and Social Development, Moscow, 2020] / Yu. V. Simachev (author's col.), M. G. Kuzyk, A. A. Fedyunina [et al.] ; NIU «Vysshaya shkola ehkonomiki» [Higher School of Economics]. – Moscow : Izd. dom Vyshej shkoly ehkonomiki [Publishing House of the Higher School of Economics], 2020. – 59 p.
15. Proizvoditel'nost' truda v stroitel'noj otrasli i metody ee izmereniya [Labor productivity in the construction industry and methods of its measurement] / V. D. Klyuev, S. B. Shchepansky, V. V. Panayetova, D. A. Zaitsev // Innovatika i ehkspertiza: nauchnye trudy [Innovatika i expertize: scientific works]. – 2022. – No. 1 (33). – Pp. 89–94.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mahamid, I. Principal factors impacting labor productivity of public construction projects in Palestine: Contractors' Perspective / I. Mahamid // International Journal of Architecture, Engineering and Construction. – 2013. – Vol. 2 (3). – Pp. 194–202.
2. El-Gohary, K. M. Factors influencing construction labor productivity in Egypt / K. M. El-Gohary, R. F. R. F. Aziz // Journal of Management in Engineering. – 2014. – Vol. 30 (1). – Pp. 1–9.
3. Киселица, Е. П. Повышение производительности труда строительных организаций в условиях инновационной экономики / Е. П. Киселица, Н. Н. Шилова, А. Г. Шеломенцев // Вопросы инновационной экономики. – 2021. – Том 11, №

УДК 69.003

DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_72

## Эволюционный путь возведения зданий из крупногабаритных объёмных блоков

The Evolutionary Path of Buildings Construction from Large-Sized Volumetric Blocks

**Олейник Павел Павлович**

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

Oleynik Pavel Pavlovich

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

**Пахомова Лилия Алексеевна**

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, д. 26, liliya\_7172@mail.ru

Pakhomova Liliya Alekseevna

Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, Moscow State University of Civil Engineering National Research University (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26, liliya\_7172@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлен эволюционный путь возведения зданий из крупногабаритных объёмных блоков, начиная с ранней концепции академика Ладовского Н. А., представленной в 1930 году, и до нашего времени. За этот период произошло значительное увеличение габаритов объёмных блоков. Рассмотрены основные этапы развития в столетнем промежутке времени объёмно-блочного домостроения, и представлен анализ этапов развития. Определены периоды развития объёмно-блочного домостроения (ОБД) с двумя основными направлениями технологии – полностью замкнутыми объёмными блоками и типа «колпак». Приведена планируемая себестоимость 1 м<sup>2</sup> жилой площади в ценах 1961 года.

В 1969 году по всей стране были введены в эксплуатацию заводы ОБД. По ранее задуманной концепции транспортировка полностью готовых к проживанию блок-комнат и их монтаж оказались по различным причинам невозможными. Предполагаемый экономический эффект не был достигнут. В результате

**Abstract.** The article presents the evolutionary path of buildings construction from large-sized volumetric blocks, starting from the early concept of academician N.A. Ladovsky, presented in 1930 and till now. During this period, there was a significant increase in the dimensions of volumetric blocks. The main stages of volumetric block housing construction development in a century-long period are considered and an analysis of the development stages is presented. One determines the periods of volumetric block housing construction (VBHC) development with two main areas of technology – fully enclosed volumetric blocks and a hood-type. The planned cost of 1m<sup>2</sup> of living space is given in 1961 prices.

In 1969, VBHC plants were put into operation throughout the country. According to the previously conceived concept, the transportation of fully ready-to-live block rooms and their installation turned out to be impossible for various reasons. The expected

### Введение

Объёмно-блочное домостроение (ОБД) приближается к своему вековому юбилею. За этот период времени стало возможным проанализировать этапы эволюционного развития ОБД [1–2].

В 1930 году академик архитектуры, основоположник такого направления, как рационализм, Н. А. Ладовский

ОБД остановилось в своём развитии. Возрождение ОБД произошло в 2015 году в связи с появлением новой концепции массового индустриального строительства. Строительство жилых зданий пятого индустриального поколения вызвало необходимость укрупнить объёмные блоки.

Применение комплектно-блочного метода в жилищном строительстве обусловлено выпуском жилых зданий из крупногабаритных объёмных блоков. Выпуск первых крупногабаритных объёмных блоков производится в экспериментальном цехе. В настоящее время формируется проектная документация для первых жилых зданий из крупногабаритных объёмных блоков. Отмечен переход строительного производства на индустриальные методы, которые превращают строительные площадки в непрерывный поточный конвейер.

**Keywords:** блок-комнаты, объёмные блоки, комплектно-блочный метод, крупногабаритные объёмные блоки, кран, монтаж.

economic effect was not achieved. As a result, VBHC was stopped in its development. The revival of the VBHC occurred in 2015 due to the emergence of a new concept of mass industrial construction. The construction of residential buildings of the fifth industrial generation caused the need to enlarge the volumetric blocks.

The use of the complete block method in residential construction is due to the production of residential buildings from large-sized volumetric blocks. The first large-sized volumetric blocks are produced in the experimental workshop. Currently, design documentation is being prepared for the first residential buildings made of large-sized volumetric blocks. The transition of construction production to industrial methods, which turn construction sites into a continuous flow conveyor, is noted.

**Keywords:** block rooms, volumetric blocks, complete block method, large-sized volumetric blocks, crane, installation.

предложил новый подход стандартизации и индустриализации в сфере жилищного строительства – монтировать жилые здания из жилых кабин, полностью изготовленных на заводе с оборудованием и отделкой. Концепция была изложена в конкурсном проекте «Зелёный город». При проектировании учитывалась возможность быстрого возведения объекта и сдачи его в эксплуатацию. Во вто-

рую очередь было предложено решение вопросов технологического монтажа с использованием самой передовой строительной техники и заводского стандарта, который должен максимально охватывать всё строительство. По методам строительства стандартизированные жилые кабины (блоки) в соответствии с запроектированным каркасом здания на месте строительства встраиваются с помощью крана на своё место в здании и подключаются ко всем видам сетей. В концепции была предложена разбивка зданий из блоков от малоэтажных жилых домов до многоэтажных высотных зданий. Предлагалось на основе разработанной концепции проектировать здания из кабин (блоков). Уже в 1931 году Ладовским Н. А. и Карауловым В. П. впервые были запатентованы объёмные блоки и разработана каркасно-блочная система зданий [3].

### Материалы и методы

Период формирования первых серий объёмно-блочных жилых домов продлился 19 лет – до 1950 года, надо учесть, что в него вошли и годы Великой Отечественной войны, и послевоенный период.

Далее началась организация производства объёмных блоков. В 1960 году на первом организационном этапе производство объёмных блоков проводилось в полигонных условиях. Блоки производились без отделки для временных сооружений. В начале организации полигона на нём было изготовлено 700 штук блоков различного назначения: блок-комнаты, трансформаторные подстанции, блоки складов, блоки для промышленного строительства и другие временные сооружения.

Базируясь на опыте изготовления объёмных блоков в полигонных условиях, был сделан следующий шаг к переходу – экспериментальному заводскому производству. При проектировании заводской технологии учитывалась необходимость комплексной механизации для всех основных производственных процессов. Заводская технология была разработана домостроительными предприятиями с производительностью 100 тыс. м<sup>2</sup> жилой площади и одновременно велись и другие разработки. Был разработан и применён оригинальный конвейер для отделки и комплектации – движение конвейера «челночное», возвратно-поступательное. Конвейер состоял из опорных конструкций и связанных между собой тележек, перемещаемых по рельсам. Перемещение блоков с поста на пост осуществлялось с помощью вагонеток.

В процессе разработки технологии отделки и оборудования объёмных блоков были определены два основных направления: первое – отделка и оборудование в полностью замкнутом шести плоскостями объёмном блоке; второе – раздельная отделка и оборудование «колпака» и нижней плиты с последующим их соединением на посту сборки и калибровки. В результате более прогрессивным на тот момент оказалось второе направление, так как дало большую возможность механизировать процессы.

Вышеприведённые разработки велись в Киеве. В результате эксперимента были смонтированы и введены в эксплуатацию два дома БК-1 и БК-3: жилое здание БК-1 из блок-комнат, изготовленных на заводе ЖБ-изделий треста № 1 Главкиевстроя, было смонтировано в 16 квартале – Дарницы в Киеве, блок-комнаты БК-3 – на экспериментальном заводе НИИСК. Также был смонтирован пятиэтажный жилой дом на улице Пархоменко в Киеве. Предполагалось на тот момент, что планируется удешев-

ление зданий из блок-комнат зданий БК-3 по сравнению с серийными крупнопанельными зданиями на 1 %. Следует отметить, что в то время были учтены условия, при которых высокая стоимость таких домов является не характерной и связана с кустарным производством и индивидуальным строительством в экспериментальном порядке. При этих условиях себестоимость 1 м<sup>2</sup> жилой площади из блок-комнат по накладным расходам в ценах 1961 года составила 137,38 руб. Однако при массовом выпуске блок-комнат на специализированных заводах себестоимость на тот момент времени предполагалась 48–49 рублей на 1 м<sup>2</sup>. При такой отпускной цене и организации строительства домов поточным методом себестоимость 1 м<sup>2</sup> жилой площади не должна была превысить 105 рублей [4–8].

В это же время разработки в том же направлении вели проектные и научно-исследовательские организации, такие как Центральная научно-исследовательская лаборатория (ЦНИЛ-3) Главстроя (г. Москва), НИИ строительства и архитектуры (г. Минск), Гидропроект (г. Москва), Дальморпроект (г. Артём) и др. Конструктивные системы жилых зданий из объёмных блоков были разработаны следующие: панельно-блочные, каркасно-блочные и блочные. В 1959 г. было построено первое экспериментальное здание в Люблине Московской области. Масштабное строительство жилых зданий из объёмных блоков началось в 1961 г. в Краснодаре, Минске и др. [9]. К 1969 году по всей стране были построены и введены в эксплуатацию заводы ОБД. Выпускались серийные блок-комнаты, монтаж зданий вёлся поточным методом.

Ранее проведённые исследования и эксперименты показали, что блок-комнаты полной заводской готовности (готовые к проживанию) доставить к месту монтажа не удавалось. Жёсткая подвеска блоквоза и невысокое качество дорожного покрытия приводило к тому, что в процессе транспортировки отделка готовых блок-комнат получала значительные повреждения. Монтаж блок-комнат козловым краном – один из самых эффективных для сохранения внутренней отделки блок-комнаты за счёт плавности перемещения и низкой скорости крана, но увеличивал продолжительность монтажа здания, что привело к удорожанию строительства. Для козлового крана необходимы подкрановые пути большой длины, что приводило к ещё большему удорожанию строительства. Итак, низкая скорость крана обуславливает большую длительность монтажного цикла, а при монтаже кранами с большей скоростью перемещения груза полностью отделанные и укомплектованные блок-комнаты тоже получали внутренние повреждения. По причине повреждений отделки и комплектации в процессе перевозки и монтажа пришлось отказаться от внутренней отделки. В результате серийные блок-комнаты стали выпускаться на заводах ОБД без внутренней отделки.

Таким образом, задуманная концепция академика архитектуры Ладовского Н. А. на момент 1969 года не смогла быть реализована. Предполагаемый экономический эффект был уже не настолько достижимым, как казалось ранее. ОБД остановилось в своём развитии, и производственные мощности остались на уровне прошлого века. Заводы по производству объёмных блоков продолжали выпускать продукцию в минимальном объёме.

Возрождение объёмно-блочного домостроения произошло в 2015 году в связи с новым витком индустриализации



зации жилищного строительства и решением Правительства РФ обеспечить граждан жильём для комфортного проживания с соблюдением всех требований комфортной городской среды. Сроки реализации программы «Комфортной городской среды» были определены сжатыми, а цифры площади вновь построенного жилья – высокими.

Для решения поставленных задач было выбрано строительство зданий из крупногабаритных объёмных блоков. Площадь крупногабаритного объёмного блока = 100 м<sup>2</sup>, что соответствует условиям «стандартного жилья». Более ранний опыт показал, что предпосылки переноса затрат труда со строительных площадок в заводские условия для жилищного строительства раскрывают новые грани в индустриализации строительства, позволяют повысить производительность труда, улучшить качество работ, сократить сроки строительства и в итоге уменьшить стоимость строительства. Комплектно-блочный метод строительства (КБМ) был впервые применён для строительства объектов нефтегазовой отрасли в Западной Сибири. КБМ характерен тем, что уменьшение сроков строительства и стоимости объектов происходит за счёт превращения промышленных объектов в комплексы транспортабельных пространственных строительно-технологических блоков. Такой же принцип действует для строительства зданий из крупногабаритных блоков, большого объёма и веса.

КБМ может применяться в любых отраслях экономики, но требует в каждом случае учёта отраслевой специфики, региональных условий строительства и транспортных ограничений. Ранее накопленный опыт комплектно-блочного строительства таких министерств и ведомств, как Миннефтегазстрой, Минмонтажспецстрой, Главмосблстрой, доказывает его высокую эффективность. Однако для дальнейшего применения в области жилищного строительства необходимы последующие детальные проработки, как теоретические, так и экономические [10–12].

Для развития комплектно-блочного метода для возведения крупноблочных жилых зданий требуется координация четырёх ведущих направлений – проектирования, изготовления, транспортировки и монтажа блоков. Впервые вопросы адаптации путём координации направлений для КБМ в жилищном строительстве начали обсуждаться в период 1986–1990 гг. Однако дальнейшее развитие было приостановлено из-за резко сменившихся экономических условий в нашей стране. Строительство жилых

зданий в 1990 г. перешло на строительство жилых зданий из монолитного железобетона.

В 2015 году появилась новая концепция массового индустриального строительства. Начался переход жилого строительства на новые индустриальные рельсы и строительство зданий 5-го индустриального поколения с применением комплектно-блочного метода для строительства жилых зданий из крупногабаритных объёмных блоков. В этой связи потребовалось строительство новых современных предприятий для производства крупногабаритных объёмных блоков по формуле: 1 блок = 1 квартира [13–19].

Возрождение ранней концепции, предложенной академиком Ладовским Н. А., стало практически и технически возможным. Полностью отделанная квартира, готовая к проживанию, могла быть произведена на предприятии строительной индустрии.

Пионером в производстве крупногабаритных объёмных блоков стала группа компаний «МонАрх». В 2020 г. были зарегистрированы два первых патента на изготовление крупногабаритных объёмных блоков. Авторами патента стали профессор, доктор технических наук Амбарцумян С. А. и Мещеряков А. С.

#### Результаты

Первые полигонные испытания по производству крупногабаритных блоков начала проводить в 2019–2020 гг. ГК «МонАрх» (см. рисунок 1).

Эксперимент по производству объёмных блоков был проведён успешно. Испытательная площадка находилась в районе Хорошёво-Мнёвники на 3-й Хорошёвской улице. Было возведено 2-этажное здание из крупногабаритных блоков.

Следующая часть эксперимента заключалась в поэтапном демонтаже здания (рисунок 2). Разбираемое здание поэтапно перевозилось на новое место монтажа в поселение Марушкинское (Новая Москва) на территорию строительства завода по производству крупногабаритных объёмных блоков и было смонтировано на новом месте. Весь цикл данного эксперимента с учётом разборки, перевозки (50 км) и демонтажа составил менее суток.

Правительством Москвы в 2020 г. было выдано разрешение на строительство завода по производству крупногабаритных объёмных блоков. В 2022 году был введён в эксплуатацию экспериментальный цех завода по выпуску крупногабаритных объёмных блоков. В настоящее время заканчивается строительство основного завода.



Рис. 1. Производство первых крупногабаритных объёмных блоков в полигонных условиях  
Fig. 1. Production of the first large-sized volumetric blocks in ground conditions



Рис. 2. Демонтаж здания из крупногабаритных объёмных блоков  
Fig. 2. Building of large-sized volumetric blocks dismantling



Рис. 3. Крупногабаритный объёмный блок, полностью готовый к монтажу  
Fig. 3. The large-sized volumetric block is completely ready for installation



Рис. 4. Эволюционный путь возведения жилых зданий из крупногабаритных объёмных блоков  
Fig. 4. The evolutionary path of residential buildings construction from large-sized volumetric blocks

Также ведутся эксперименты в области проектирования, производства, транспортировки, монтажа и сдачи объектов в эксплуатацию. Стоит отметить многообразие возникающих проблем на всех этапах, которые решаются в процессе реализации идеи.

Выпуск готовой продукции с конвейерной линии завода происходит полностью укомплектованными и упакованными крупногабаритными блоками, готовыми к монтажу (рисунок 3).

Работы по формированию проектной и рабочей документации жилых зданий из крупногабаритных объёмных блоков ведутся параллельно с экспериментальным строительством.

Для монтажа зданий из крупногабаритных объёмных блоков был запроектирован и изготовлен кран на спецшасси LIEBHERR 1650 LTM, по своим характеристикам позволяющий смонтировать здания высотой 7 этажей. Данный кран является единичным [20].

Для дальнейшего развития крупногабаритного объёмного строительства необходима научно-исследовательская и проектно-экспериментальная поддержка.

При переходе строительного производства на индустриальные методы строительные площадки превратятся в непрерывный поточный конвейер промышленной сборки зданий, что позволит существенно увеличить объёмы жилищного строительства, повысить качество жилья и сократить продолжительность возведения.

За годы строительства зданий из крупногабаритных объёмных блоков, рассмотренные в исследовании, был выявлен достигнутый результат 2023 года в виде кардинального сокращения продолжительности монтажа крупногабаритных объёмных блоков – сборка 4-этажного жилого здания общей площадью 1670,4 м<sup>2</sup>, состоящего из 28 блоков, которая заняла всего 17 часов 20 минут на экспериментальной застройке в Новой Москве.

#### Обсуждение

В результате обобщения проведённых исследований были получены данные, сведённые в графическое изображение эволюционного процесса развития крупноблочных жилых зданий во временном периоде.



**Заключение**

В настоящее время происходит корректировка принятой первоначальной концепции академика Ладовского Н. А. с сохранением основной идеи.

Произошло укрупнение размеров блоков, что вызвало необходимость применения комплектно-блочного метода для возведения жилых зданий из крупногабаритных объёмных блоков. Отмечено параллельное ведение работ по формированию первых жилых зданий из крупногабаритных объёмных блоков с проведением испытаний в полигонных и заводских условиях.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Thai, H. T. A review on modular construction for high-rise buildings / H. T. Thai, T. Ngo, B. Uy // Structures. – 2020. – No. 28. – Pp. 1265–1290.
2. Pittau, F. Prefabrication as large-scale efficient strategy for the energy retrofit of the housing stock: an Italian case study / F. Pittau // Procedia Engineering. – 2017. – No. 180. – Pp. 1160–1169.
3. Пахомова, Л. А. Опыт строительства жилых зданий из объёмных модулей и перспективы организации крупномодульного строительства / Л. А. Пахомова, П. П. Олейник // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования: сборник докладов Первой Национальной конференции, Москва, 30 сентября 2020 года. – Москва: МГСУ, 2020. – С. 349–352.
4. Сычёв, С. А. Высокотехнологичный монтаж быстровозводимых трансформируемых зданий в условиях Крайнего Севера: монография / С. А. Сычёв. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2017. – 353 с.
5. Сычёв, С. А. Методика вариантного проектирования технологий возведения зданий и сооружений из модулей заводской готовности / С. А. Сычёв // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 5 (52). – С. 119–125.
6. Arashpour, M. Optimization modeling of multi-skilled resources in prefabrication: Theorizing cost analysis of process integration in off-site construction / M. Arashpour // Automation in Construction. – 2018. – No. 95. – Pp. 1–9.
7. Козачун, Г. У. Типы жилых зданий: учебное пособие / Г. У. Козачун. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2011. – 398 с.
8. Завражных, С. И. Технологии производства в строительстве: модульные системы / С. И. Завражных // Вестник МГСУ. – 2010. – № 3. – С. 185–190.
9. Тешев, И. Д. Объёмно-блочное домостроение / И. Д. Тешев, Г. К. Коростелева, М. А. Попова // Жилищное строительство. – 2016. – № 3. – С. 26–33.
10. Шепелева, Е. А. Организация строительства производственных объектов комплектно-блочным методом: монография / Е. А. Шепелева, А. Л. Шепелев. – Архангельск: САФУ, 2013. – 136 с.
11. Андриенко, В. Г. Индустриализация строительства объектов нефтяной и газовой промышленности: пособие для специ-

риальных объёмных блоков с проведением испытаний в полигонных и заводских условиях.

Необходимо продолжить работы по проектированию и формированию первых серий жилых зданий из крупногабаритных объёмных блоков. При развитии направления строительства жилых зданий из крупногабаритных объёмных блоков необходимо рассмотреть варианты применения отечественной техники, и в том числе башенного крана марки К-10000.

- алистов / В. Г. Андриенко, Г. И. Шмаль, Ю. П. Баталин. – Москва: Недра, 1985. – 342 с.
12. Теория и практика использования быстровозводимых зданий в обычных условиях и чрезвычайных ситуациях в России и за рубежом: пособие для специалистов / А. Н. Асаул, Ю. Н. Казаков, В. Л. Быков, И. П. Князь, П. Ю. Ерофеев; под ред. Ю. Н. Казакова. – Санкт-Петербург: Гуманистика, 2004. – 472 с.
13. Пахомова, Л. А. Комфортное жильё нового индустриального поколения / Л. А. Пахомова, П. П. Олейник // Строительное производство. – 2020. – № 2. – С. 23–28.
14. Олейник, П. П. Индустриально-мобильные методы возведения предприятий, зданий и сооружений: монография / П. П. Олейник. – Москва: Издательство АСВ, 2021. – 488 с.
15. Пахомова, Л. А. О подготовке и эксплуатации траверсов для перемещения крупногабаритных объёмных блоков / Л. А. Пахомова, В. П. Горбачевский // Строительное производство. – 2021. – № 1. – С. 39–47.
16. Oleynik, P. P. Definition of organizational and technological parameters for residential buildings of large-sized volumetric blocks / P. P. Oleynik, L. A. Pakhomova // Real Estate: Economics, Management. – 2022. – No. 4. – Pp. 55–59.
17. Oleynik, P. P. Modeling the residential buildings erection of large-sized blocks / P. P. Oleynik, L. A. Pakhomova // Vestnik MGSU. – 2023. – Vol. 18, No. 3. – Pp. 463–470.
18. Олейник, П. П. Формирование расчётных показателей возведения жилых зданий из крупногабаритных блоков / П. П. Олейник, Л. А. Пахомова // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 8. – С. 92–99.
19. Oleynik, P. P. A new stage in the development of housing construction / P. P. Oleynik, L. A. Pakhomova. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809060 // E3S Web of Conferences / Ural Environmental Science Forum «Sustainable Development of Industrial Region», UESF-2021, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – 2021. – T. 258, № 09060.
20. Oleynik, P. P. Reasoning and Selection of Organizational and Technological Solutions for Residential Building Construction of Large-Sized Blocks / P. P. Oleynik, L. A. Pakhomova // AIP Conference Proceedings. – 2023. – Vol. 2936, Iss. 1. – Art. 050013. – URL: <https://doi.org/10.1063/5.0179264>.

reports of the First National Conference, Moscow, September 30, 2020]. – Moscow: MGSU, 2020. – Pp. 349–352.

4. Sychyov, S. A. Vysokotekhnologichnyj montazh bystrovovodimykh transformiruemykh zdaniy v usloviyakh Krajnego Severa: monografiya [High-tech installation of prefabricated transformable buildings in the conditions of the Far North: monograph] / S. A. Sychyov. – St. Petersburg: SPbGASU, 2017. – 353 p.
5. Sychyov, S. A. Metodika variantnogo proektirovaniya tekhnologij vozvedeniya zdaniy i sooruzhenij iz modulej zavodskoj gotovnosti [Methodology of variant design of technologies for the construction of buildings and structures from factory-ready modules] / S. A. Sychyov // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of civil engineers]. – 2015. – No. 5 (52). – Pp. 119–125.
6. Arashpour, M. Optimization modeling of multi-skilled resources in prefabrication: Theorizing cost analysis of process inte-

gration in off-site construction / M. Arashpour // Automation in Construction. – 2018. – No. 95. – Pp. 1–9.

7. Kozachun, G. U. Tipy zhilykh zdaniy: uchebnoe posobie [Types of residential buildings: a textbook] / G. U. Kozachun. – Rostov-on-Don: Phoenix, 2011. – 398 p.
8. Zavrzhnov, S. I. Tekhnologii proizvodstva v stroitel'stve: modul'nye sistemy [Production technologies in construction: modular systems] / S. I. Zavrzhnov // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2010. – No. 3. – Pp. 185–190.
9. Teshev, I. D. Ob'yomno-blochnoe domostroenie [Volumetric block housing construction] / I. D. Teshev, G. K. Korosteleva, M. A. Popova // Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing construction]. – 2016. – No. 3. – Pp. 26–33.
10. Shepeleva, E. A. Organizatsiya stroitel'stva proizvodstvennykh ob'ektov komplektno-blochnym metodom: monografiya [Organization of construction of production facilities by the complete block method: monograph] / E. A. Shepeleva, A. L. Shepelev. – Arkhangelsk: SAFU, 2013. – 136 p.
11. Andrienko, V. G. Industrializatsiya stroitel'stva ob'ektov neftyanoy i gazovoy promyshlennosti: posobie dlya spetsialistov [Industrialization of the construction of oil and gas industry facilities: a handbook for specialists] / V. G. Andrienko, G. I. Shmal, Yu. P. Batalin. – Moscow: Nedra, 1985. – 342 p.
12. Teoriya i praktika ispol'zovaniya bystrovovodimykh zdaniy v obychnykh usloviyakh i chrezvychajnykh situatsiyakh v Rossii i za rubezhom: posobie dlya spetsialistov [Theory and practice of using prefabricated buildings in ordinary conditions and emergency situations in Russia and abroad: a handbook for specialists] / A. N. Asaul, Yu. N. Kazakov, V. L. Bykov, I. P. Knyaz, P. Yu. Erofeev; edited by Yu. N. Kazakov. – St. Petersburg: Humanistics, 2004. – 472 p.
13. Pakhomova, L. A. Komfortnoe zhil'yo novogo industrial'nogo pokoleniya [Comfortable housing of the new industrial generation] / L. A. Pakhomova, P. P. Oleynik // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – No. 2. – Pp. 23–28.

УДК 693.547.32

DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_77

## Математическое моделирование процессов теплопереноса в системе «нагретый цилиндрический проводник — неподвижная композитная среда»

Mathematical Modeling of Heat Transfer Processes in the System «Heated Cylindrical Conductor — Fixed Composite Environment»

**Федосов Сергей Викторович**

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, fedosovsv@mgsu.ru

**Fedosov Sergey Viktorovich**

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

**Исаченко Сергей Леонидович**

Аспирант кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, isach21@yandex.ru

**Isachenko Sergey Leonidovich**

Postgraduate student of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, isach21@yandex.ru

**Аннотация.** Строительство с применением монолитного железобетона на территории Российской Федерации осложнено климатическими особенностями страны. Из-за продолжитель-

14. Oleinik, 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. Oleinik. – Moscow: DIA Publishing House, 2021. – 488 p.
15. Pakhomova, L. A. O podgotovke i ehkspluatatsii travers dlya peremesheniya krupnogabaritnykh ob'yomnykh blokov [On the preparation and operation of traverses for moving large-sized bulk blocks] / L. A. Pakhomova, V. P. Gorbachevsky // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2021. – No. 1. – Pp. 39–47.
16. Oleynik, P. P. Definition of organizational and technological parameters for residential buildings of large-sized volumetric blocks / P. P. Oleynik, L. A. Pakhomova // Real Estate: Economics, Management. – 2022. – No. 4. – Pp. 55–59.
17. Oleynik, P. P. Modeling the residential buildings erection of large-sized blocks / P. P. Oleynik, L. A. Pakhomova // Vestnik MGSU. – 2023. – Vol. 18, No. 3. – Pp. 463–470.
18. Oleinik, P. P. Formirovanie raschyotnykh pokazatelej vozvedeniya zhilykh zdaniy iz krupnogabaritnykh blokov [Formation of calculated indicators for the construction of residential buildings from large-sized blocks] / P. P. Oleinik, L. A. Pakhomova // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2023. – No. 8. – Pp. 92–99.
19. Oleynik, P. P. A new stage in the development of housing construction / P. P. Oleynik, L. A. Pakhomova. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809060 // E3S Web of Conferences / Ural Environmental Science Forum «Sustainable Development of Industrial Region», UESF-2021, Chelyabinsk, February 17-19, 2021. – 2021. – Vol. 258, No. 09060.
20. Oleynik, P. P. Reasoning and Selection of Organizational and Technological Solutions for Residential Building Construction of Large-Sized Blocks / P. P. Oleynik, L. A. Pakhomova // AIP Conference Proceedings. – 2023. – Vol. 2936, Iss. 1. – Art. 050013. – URL: <https://doi.org/10.1063/5.0179264>.

ного зимнего периода необходимо прибегать к специальным методам зимнего выдерживания бетона. Одним из наиболее распространённых методов обеспечения требуемых темпера-



турных параметров является электропрогрев при помощи греющих проводов. В соответствии с существующей нормативной документацией расчёт тепловых режимов при укладке бетонных смесей в конструкциях монолитного железобетона производится без учёта динамики температурного поля в массиве твердеющего композита.

**Цель.** Целью данной работы является разработка математической модели процесса теплопереноса от единичного цилиндрического источника переменной мощности в среде с переменными теплофизическими коэффициентами.

**Методы.** Для создания инженерной методики расчёта технологических параметров мониторинга динамики температурного поля от действующего единичного источника применён метод «микропроцессов», ранее не применявшийся в подобных системах.

**Результаты.** В качестве исходных параметров для построения модели были приняты теплофизические свойства бетона. Временные интервалы были подобраны таким образом, чтобы

**Abstract.** The climatic features of the country complicate monolithic reinforced concrete construction on the territory of the Russian Federation. Due to the long winter period, it is necessary to resort to special methods of winter holding of concrete. One of the most common methods of ensuring the required temperature parameters is electric heating using heating wires. In accordance with the existing regulatory documentation, the calculation of thermal conditions, when laying concrete mixtures in monolithic reinforced concrete structures, takes into account the dynamics of the temperature field in the solidifying composite array.

**Object.** The purpose of this work is to develop a mathematical model of the heat transfer process from a single cylindrical source of variable power in an environment with variable thermophysical coefficients.

**Methods.** To create an engineering methodology for calculating the technological parameters of monitoring the dynamics of the temperature field from an operating single source, the «microprocesses» method was used, previously not used in such systems.

**Findings.** The thermophysical properties of concrete taken as

## Введение

Из-за особенностей географического положения Российской Федерации, даже в средней, наиболее населённой, полосе страны продолжительность зимнего периода составляет около половины года [1]. Согласно СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции» [2], при среднесуточной температуре ниже 5 °С необходимо предусматривать специальные мероприятия по выдерживанию бетона в строительных конструкциях в период набора прочности.

Как известно, бетон представляет собой многокомпонентную среду, состоящую из вяжущего, крупного, мелкого заполнителя и воды [3], кроме того, нельзя забывать о воздухе, который может быть вовлечён в бетонную смесь в процессе производства работ. Именно композиционная структура бетона и особенности физических свойств каждого компонента бетонной смеси и обуславливают необходимость сохранять положительную температуру свежесушеного бетона в процессе набора прочности, поскольку при раннем замораживании возможно возникновение различных структурных изменений бетона. Кроме того, возникает вероятность появления микро- и макротрещин в теле бетонного камня, что, в конечном итоге, оказывает негативное влияние на несущую способность и долговечность готовой конструкции или изделия [4; 5].

Существуют следующие методы зимнего бетонирования [1; 4; 6]:

обеспечить максимальную «наглядность» полученных результатов. В результате получены следующие графики: график распределения температур при различном значении начальной температуры; профиль температуры для первого и второго кольца при втором шаге расчёта; график выравнивания температур.

**Выводы.** Полученные результаты расчётов по разработанной математической модели представлены в виде графических зависимостей, иллюстрирующих динамику развития полей температур в структуре твердеющего бетона. Определены перспективы дальнейшего совершенствования мониторинга теплофизических характеристик процессов термической обработки для целей повышения прочностных характеристик конструкционного железобетона.

**Keywords:** зимнее бетонирование, тепломассоперенос, электропрогрев бетона, метод «микропроцессов», греющий кабель, тепловые поля.

the initial parameters for constructing the model. The time intervals selected in such a way as to ensure maximum «visibility» of the results obtained. As a result, the following graphs are obtained: a graph of temperature distribution at different values of the initial temperature; a temperature profile for the first and second rings at the second step of the calculation; a graph of temperature equalization.

**Conclusions.** The obtained calculation results based on the developed mathematical model are presented in the form of graphical dependencies illustrating the dynamics of the development of temperature fields in the structure of hardening concrete. The prospects for further improvement of the monitoring of the thermophysical characteristics of heat treatment processes for improving the strength characteristics of structural reinforced concrete are determined.

**Keywords:** winter concreting, heat and mass transfer, electric heating of concrete, the method of «microprocesses», heating cable, thermal fields.

- метод «термоса»;
- метод с использованием противоморозных добавок;
- электропрогрев бетона;
- индукционный нагрев бетона;
- инфракрасный обогрев бетона.

На выбор конкретного метода осуществления работ в зимних условиях влияет огромное количество факторов – начиная от географических и климатических условий строительной площадки, заканчивая наличной оснасткой и геометрическими параметрами конструкции [7]. Если коротко сформулировать основные факторы, приводящие к выбору конкретного метода зимнего бетонирования, то можно сформулировать следующее:

- метод «термоса» – массивные конструкции с малым модулем поверхности, небольшие значения отрицательных температур, отсутствие необходимости в интенсификации производства;
- бетонирование с противоморозными добавками – небольшая отрицательная температура, низкие значения скорости ветра;
- методы прогрева – необходимость интенсифицировать набор прочности, наличие достаточного количества свободной электрической мощности, наличие оборудования и оснастки.

На территории крупных городов центральной полосы России при строительстве многоэтажных жилых домов в ходе бетонирования монолитных плит перекрытия и

вертикальных несущих конструкций наибольшее распространение получил метод электропрогрева при помощи греющих проводов типа ПНСВ, представляющий собой стальную жилу, покрытую изоляцией из полиэтилена или пластика ПВХ и полипропилена [8; 9].

Укладка провода производится по верхней (в редких случаях и по нижней) арматурной сетке (рисунок 1). Сразу после завершения работ по укладке бетонной смеси по уложенным проводам начинает пропускаться электрический ток. При включении подачи электрического тока начинаются нарастание теплового потока и передача через поверхность кабеля в объём свежесушеной бетонной смеси. При этом необходимо обеспечить регулировку плотности теплового потока таким образом, чтобы не происходило вскипание воды, связанной в бетонной смеси.

Как в нормативных документах, так и в трудах предшественников [1; 2; 4; 6] для определения потребной электрической мощности на нагревательных проводах используются достаточно простые формулы, связывающие количество теплоты, необходимое строительной конструкции, длину провода и удельную выделяемую мощность. Однако такое упрощение физической модели не позволяет учесть динамику распространения тепловых полей в теле конструкции, моменты, связанные с изменением теплофизических свойств бетона. Также не уделяется внимание вопросам наложения тепловых полей, что вызывает участки с локальным перегревом бетонной смеси. Разработка модели, учитывающей вышеупомянутые факторы, позволит оптимизировать затраты на бетонирование конструкций в зимних условиях без снижения качества готовой строительной продукции.

## Методы

Составляя математическую модель процесса распространения теплоты в теле бетона, необходимо учитывать нестационарность данного процесса. Она обусловлена изменением теплофизических параметров бетона в процессе набора прочности.

Математически задача теплопереноса от единичного греющего провода может быть записана следующим образом [4]:

$$\rho(t)c(t)\frac{\partial t(x,y,z,\tau)}{\partial \tau} = \nabla \cdot [\lambda(t) \cdot \nabla t(x,y,z,\tau)] + q_{vm}(\tau), \quad (1)$$

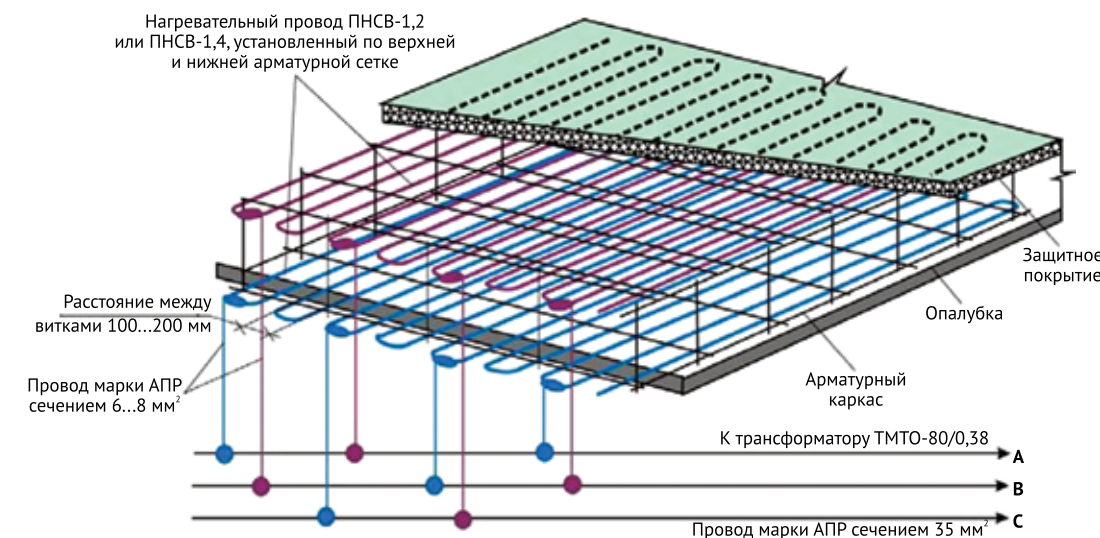


Рис. 1. Принципиальная схема укладки провода ПНСВ  
Fig. 1. Schematic diagram of laying the WHSP wire

где  $t(x, y, z, \tau)$  – функция, определяющая значение температуры материала в точке с координатами  $x, y, z$  в момент времени  $\tau$ ;  $K, \rho, c, \lambda$  – плотность, теплоёмкость, теплопроводность, соответственно  $\text{кг/м}^3, \text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}), \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К}); q_{vm}(\tau)$  – мощность объёмного источника (стока) теплоты вследствие химических реакций превращения вещества,  $\text{Дж}/\text{с}\cdot\text{м}^3$  [4; 10; 11].

Это нелинейное уравнение нестационарного теплопереноса в сплошной среде с действующим источником теплоты. При этом предполагается, что в процессе тепловой обработки в массе бетона проходят и структурные изменения, обусловленные тепловыми эффектами реакций гидратации компонентов бетонной смеси. В процессе гидратации происходит изменение и теплофизических, и структурно-механических характеристик цементного камня, которые, в общем случае, зависят от температуры. В уравнении (1) учтено, что все параметры изменяются и по координатам, и по времени.

Необходимо дополнить задачу краевыми условиями.

Начальное условие:

$$t(x, y, z, \tau)|_{\tau=0} = t_0(x, y, z). \quad (2)$$

Поскольку тепловой поток идёт от изолированной поверхности в слое твердеющей смеси, условие на границе сред записывается в виде граничного условия I-го рода (условие Дирихле):

$$t(x, y, z)|_{R_{in}} = t_{R_{in}}(\tau). \quad (3)$$

В настоящем исследовании для получения числовых результатов используется метод «микропроцессов» [13; 14]. Данный метод сочетает в себе преимущества численных и аналитических методов математического анализа.

Согласно данному методу общее время процесса можно представить как непрерывную цепь последовательных «микропроцессов».

$$\tau_{проц.} = \sum_{i=1}^n \Delta \tau_i. \quad (4)$$

Уравнение (4) говорит о том, что в пределах каждого «микропроцесса» теплофизические параметры взаимодействующих сред можно считать постоянными, но скачкообразно изменяющимися при переходе от предыдущего «микропроцесса» к последующему. В этих условиях конечное распределение температур, полученное на пре-



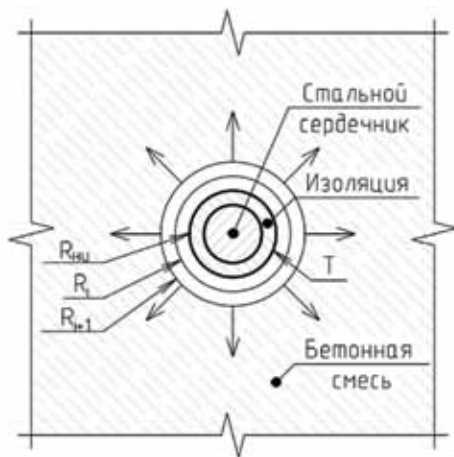


Рис. 2. Принципиальная расчётная схема математической модели

Fig. 2. The basic design scheme of the mathematical model

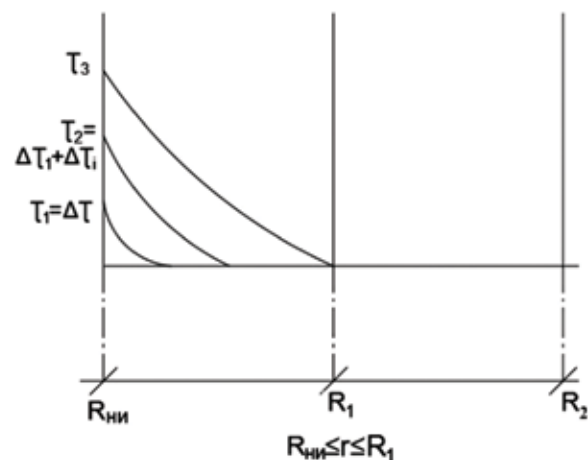


Рис. 3. Принципиальная расчётная схема математической модели в виде множества чередующихся пластин

Fig. 3. The basic design scheme of a mathematical model in the form of a set of plates

дыдущем шаге расчёта, будет выбрано в качестве начального условия для расчётов на последующем этапе [14].

На рисунках 2 и 3 приведена принципиальная расчётная схема, иллюстрирующая физическую модель процессов.

В соответствии с методом «микропроцессов» [13; 14], вокруг изолированного единичного токопровода нанесены концентрические окружности с характерными свойствами:

$$R_{i+1} > R_i > R_{i-1}; R_0 = R_{ни}. \quad (5)$$

С учётом изложенного, предполагается следующая цепочка методологических действий.

В начальный момент времени  $\tau_0$  в системе «проводник – композитная среда» нарушается равновесие: температура на поверхности проводника поднимается на величину  $\Delta t$  и становится равной:

$$t_1(R_{ни}, \tau) \Big|_{\tau_1} = t_0(R_{ни}, \tau) \Big|_{\tau_0} + \Delta t. \quad (6)$$

При этом на правой границе выделенного кольцевого элемента  $[R_{ни}, R_1]$  сохраняется значение начальной температуры  $t_0$ . В соответствии с этим краевая задача теплопроводности запишется в следующем виде:

$$\rho(t)c(t) \frac{\partial t(r, \tau)}{\partial \tau} = \lambda(t) \frac{\partial^2 t(r, \tau)}{\partial r^2} + q_{вн}(r, \tau); \tau \geq 0, R_{ни} \leq r \leq R_1. \quad (7)$$

Начальное условие:

$$t(r, \tau) \Big|_{\tau=0} = t_0(r). \quad (8)$$

Граничные условия:

– на границе первого выделенного слоя с поверхностью изоляции:

$$t(r, \tau) \Big|_{r=R_{ни}} = t_1(R_{ни}); \quad (9)$$

– на границе первого и второго слоёв:

$$t(r, \tau) \Big|_{r=R_i} = t_0. \quad (10)$$

Введём в рассмотрение безразмерные переменные вида (предварительно для простоты анализа полагаем отсутствие внутреннего источника теплоты):

$$\bar{r} = \frac{r}{R_1 - R_{ни}}; 0 \leq \bar{r} \leq 1; Fo_1 = \frac{a_1 \tau}{(R_1 - R_{ни})^2}; T_1(\bar{r}, Fo) = \frac{t(r, \tau) - t_0}{t_0}. \quad (11)$$

В безразмерных переменных представление краевой задачи будет иметь вид:

$$\frac{\partial T_1(\bar{r}, Fo)}{\partial Fo} = \frac{\partial^2 T_1(\bar{r}, Fo)}{\partial \bar{r}^2}; \quad Fo \geq 0; 0 \leq \bar{r} \leq 1; \quad (12)$$

$$T_1(\bar{r}, Fo) \Big|_{\bar{r}=0} = T_{1,0}(\bar{r}); \quad (13)$$

$$T_1(\bar{r}, Fo) \Big|_{\bar{r}=1} = T_{R_1}; \quad (14)$$

$$T_1(\bar{r}, Fo) \Big|_{\bar{r}=1} = 0. \quad (15)$$

Решение аналогичной краевой задачи приведено в [15] и имеет вид:

$$T_1(\bar{r}, Fo) = T_{R_1} \left[ (1 - \bar{r}) - \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin(\pi n \bar{r}) \cdot \exp(-\pi^2 n^2 Fo) \right] + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \sin(\pi n \bar{r}) \int_0^1 T_{1,0}(\xi) \sin(\pi n \xi) d\xi \cdot \exp(-\pi^2 n^2 Fo), \quad (16)$$

где  $T_1(\bar{r}, F_0)$  – значение температуры в размерном или безразмерном виде в точке с координатой  $\bar{r}$  и временем, соответствующим значению числа Фурье:  $Fo$ ;  $n$  – целая переменная от 1 до  $\infty$ , значение определяется в зависимости от принятого значения  $Fo$ ;  $\xi$  – переменная координата в диапазоне 0, ..., 1.

На рисунке 4 приведены результаты расчётов по разработанной модели. Исходные данные приведены в подписи к рисунку. Отчётливо видно, что в условиях анализируемого примера при значении числа Фурье, равном  $Fo = 0,11$ , расчётная граница координаты  $\bar{r}$  достигает значения  $\bar{r} = 1$ . Это означает, что при дальнейшем возрастании числа Фурье в данной точке координатного пространства возникает градиент температур. Это, в свою очередь, означает, что в следующий момент времени краевая задача (11) – (14) приобретает изменение: граничное условие I-го рода преобразуется к условию II-го рода (условие Неймана):

$$\frac{\partial T_2(\bar{r}, Fo)}{\partial \bar{r}} \Big|_{\bar{r}=0} = -Ki. \quad (17)$$

Решение краевой задачи в форме выражений (12) – (15), но с заменой граничного условия (15) на (17) будет иметь вид:

$$T_2(\bar{r}, Fo) = Ki \left\{ (1 - \bar{r}) - \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \cos\left[\frac{\pi}{2}(2n-1)\bar{r}\right] \cdot \exp\left[-\frac{\pi^2}{4}(2n-1)^2 Fo\right] \right\} + 2 \int_0^1 T_{1,0}(\xi) d\xi + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \cos\left[\frac{\pi}{2}(2n-1)\bar{r}\right] \cdot \exp\left[-\frac{\pi^2}{4}(2n-1)^2 Fo\right] \times \int_0^1 T_{1,0}(\xi) \cos\left[\frac{\pi}{2}(2n-1)\xi\right] d\xi. \quad (18)$$

**Результаты и их анализ**

Ниже в тексте приведены некоторые результаты расчётов, выполненные по формулам (16) и (18). Для построения графиков в физических величинах были выбра-

ны следующие исходные параметры: интервал времени  $\Delta\tau = 15$  с, шаг расчёта  $\delta = 0,02$  м, начальная температура  $t_0 = 20$  °C, теплопроводность  $\lambda = 1,86$  Вт/(м·К), теплоёмкость  $c = 1000$  Дж/(кг·К), плотность  $\rho = 2500$  кг/м<sup>3</sup>, число Фурье составляет для кривых 1 и 2 соответственно  $Fo = 0,011$  и  $Fo = 0,035$ ; для кривых 3 и 4  $Fo = 0,11$ . Результаты расчёта в физических величинах приведены на рисунке 4.

Отдельно необходимо уточнить, что параметры теплопроводность, теплоёмкость, плотность выбраны не случайно и соответствуют физическим свойствам бетона.

После возникновения градиента температуры на границе первого и второго слоёв расчёты следует проводить по формуле (18). Результаты расчётов приведены на рисунке 5.

На рисунке 5 показаны данные расчётов при реализации численно-аналитического метода «микропроцессов». Методология реализации расчётов заключается в следующем:

- на первом шаге расчётов ( $\Delta\tau_1 = 15$  с) производится расчёт поля температур по формуле (16) для первого слоя применительно к поверхности изоляции. Образующийся на границе участка градиент температур даёт значение критерия Кирпичёва для расчёта поля температур во втором слое;
- выполняется расчёт по формуле (18). В результате вычислений определяется значение температуры для следующего временного интервала  $\Delta\tau_2$ ;
- производится расчёт поля температур, который представляется на рисунке профилем 2 на участке  $0 \leq \bar{r} \leq 1$ ;
- затем подключается следующая зона, и расчёты повторяются до достижения требуемой координаты.

На рисунке 6 показаны профили температур, реализуемые на трёх слоях от координаты наружного слоя изоляции.

**Выводы**

Настоящая публикация подготовлена по результатам синтеза математической модели распространения теплоты от единичного источника в неподвижной среде бетонного композита. Выполненные модельные расчёты показали, что разработанная модель обладает физичностью и логичностью с учётом представлений о характере процессов распространения теплоты от единичного источника в объёме твердеющего бетонного композита.

Создание данной модели является первым и самым важным шагом в разработке математического аппарата по расчёту распространения тепла в монолитной бетонной плите при устройстве монолитных конструкций в зимних условиях с применением технологий греющих проводов.

Следующим этапом предполагается создание математической модели теплообменных процессов, протекающих в системе тепловых источников. При этом дополнительным этапом будет учёт эффекта тепловыделения, обусловленного явлениями гидратации цементных составляющих бетонной смеси.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Головнёв, С. Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов / С. Г. Головнёв. – Челябинск : ЮУРГУ, 1999. – 156 с.
2. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции : Свод правил. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-

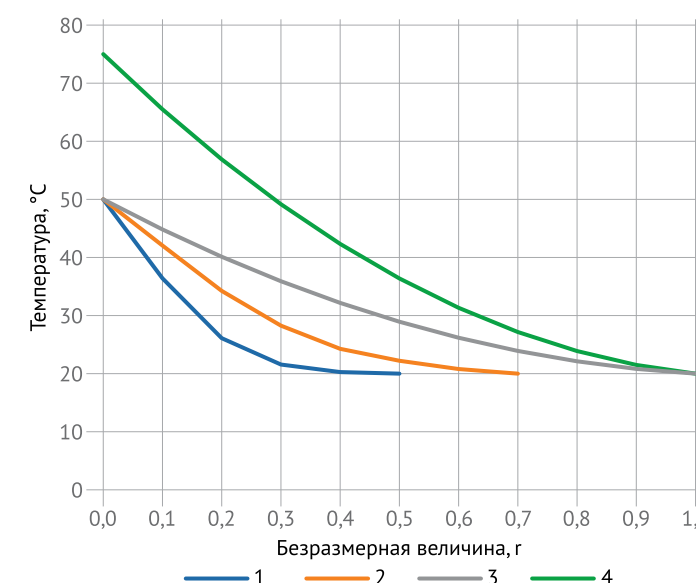


Рис. 4. Распределение температур при различном значении начальной температуры

Fig. 4. Temperature distribution at different initial temperature values

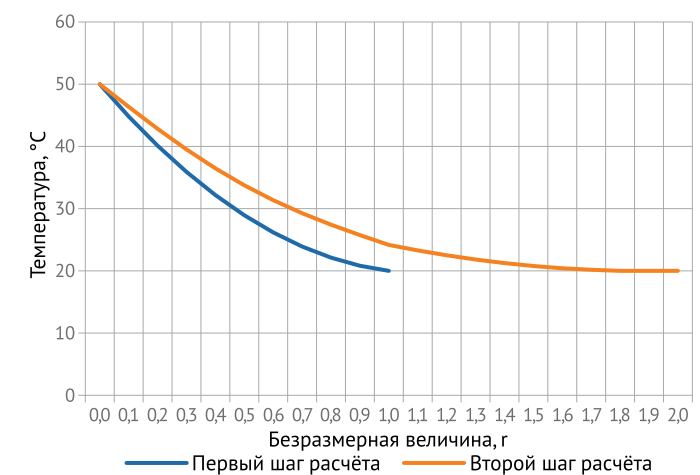


Рис. 5. Профиль температуры для первого и второго колец при втором шаге расчёта

Fig. 5. Temperature profile for the first and second rings at the second calculation step

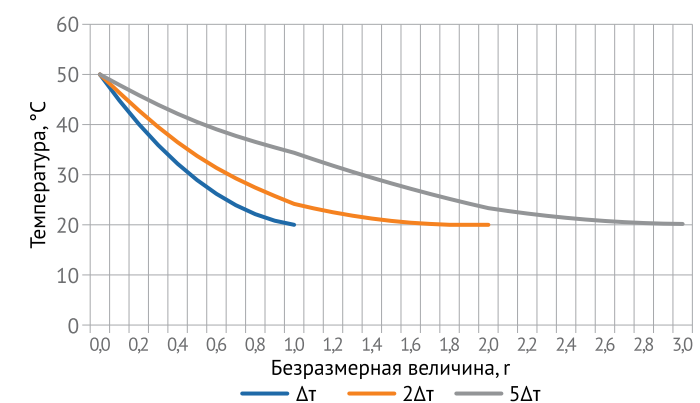


Рис. 6. Выравнивание профиля температур

Fig. 6. Temperature profile alignment

87": утверждён Приказом Госстроя от 25.12.2012 № 109/ГС : введён в действие с 1 июля 2013 г. (редакция от 30.12.2020) / ЦНИИПСК им. Мельникова; институты ОАО «НИЦ "Строительство"»: НИИЖБ им. А. А. Гвоздева и ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко; Ассоциация производителей керамических стеновых материалов; Ассоциация производителей силикатных



- изделий, Сибирский Федеральный университет. – Москва : Росстандарт, 2012.
- Баженов, Ю. М. Технология бетона / Ю. М. Баженов. – Москва : Издательство АСВ, 2011. – 528 с.
  - Красновский, Б. М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования. В 2 ч. Часть 1 : учебное пособие для вузов / Б. М. Красновский. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 286 с.
  - Бржанов, Р. Т. Структурно-фазовые изменения в бетоне при раннем замораживании / Р. Т. Бржанов // Вестник Казахской головной архитектурно-строительной академии. – 2010. – № 88 (2). – С. 83.
  - Гныря, А. И. Технология бетонных работ в зимних условиях / А. И. Гныря, С. В. Коробков. – Томск : ТГАСУ, 2011. – 412 с.
  - Гнам, П. А. Технологии зимнего бетонирования в России / П. А. Гнам, Р. К. Кивихарью // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2016. – № 9. – С. 7–25.
  - Р-НП СРО ССК-02-2015. Рекомендации по производству бетонных работ в зимний период (взамен Р-НП СРО ССК-02-2014) : введены в действие протоколом № 16 от 14.09.2015 Комитета по разработке стандартов и правил некоммерческого партнёрства «СРО Союз строительных компаний Урала и Сибири» : дата введения 16 апреля 2016 г. / СРО Союз строительных компаний Урала и Сибири. – Челябинск, 2015. – 84 с.
  - Федосов, С. В. Электротепловая обработка бетона токами повышенной частоты на предприятиях сборного железобетона / С. В. Федосов, В. И. Бобылёв, А. М. Соколов. – Иваново : ИГЭУ–ИВГПУ, 2016. – 336 с.
  - Кугаевская, Т. С. Методы определения выделения теплоты цементом при его гидратации в теплоизолированных об-

## REFERENCES

- Golovnyov, S. G. Tekhnologiya zimnego betonirovaniya. Optimizatsiya parametrov i vybor metodov [Technology of winter concreting. Optimization of parameters and choice of methods] / S. G. Golovnyov. – Chelyabinsk : SUSU, 1999. – 156 p.
- SP 70.13330.2012. Nesushhie i ograzhdayushhie konstruktzii [SP 70.13330.2012. Load-bearing and enclosing structures] : Svod pravil. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 3.03.01-87" [A set of rules. Updated version of SNIp 3.03.01-87"] : utverzhdyon Prikazom Gosstroya ot 25.12.2012 № 109/GS [approved by Order of Gosstroy dated 12/25/2012 No. 109/GS] : vvedyon v dejstvie s 1 iyulya 2013 g. (redaktsiya ot 30.12.2020) [put into effect on July 1, 2013 (revision dated 12/30/2020)] / TSNIIPSK im. Mel'nikova; instituty OAO «NITS "Stroitel'stvo"»: NIIZHB im. A. A. Gvozdeva i TSNIISK im. V. A. Kucherenko; Assotsiatsiya proizvoditelej keramicheskikh stenovykh materialov; Assotsiatsiya proizvoditelej silikatnykh izdelij, Sibirskij Federal'nyj universitet [TSNIIPSK named after Melnikov; institutes of JSC SIC Stroitel'stvo: A. A. Gvozdev NIIZHB and V. A. Kucherenko TSNIISK; Association of Manufacturers of Ceramic Wall Materials; Association of Manufacturers of Silicate Products, Siberian Federal University]. – Moscow : Rosstandart, 2012.
- Bazhenov, Yu. M. Tekhnologiya betona [Technology of concrete] / Yu. M. Bazhenov. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 2011. – 528 p.
- Krasnovsky, B. M. Inzhenerno-fizicheskie osnovy metodov zimnego betonirovaniya. V 2 ch. Chast' 1 : uchebnoe posobie [Engineering and physical foundations of winter concreting methods. In 2 hours Part 1 : textbook for universities] / B. M. Krasnovsky. – 3rd edition, revised and supplemented. – Moscow : Yurayt Publishing House, 2024. – 286 p.
- Brzhanov, R. T. Strukturno-fazovye izmeneniya v betone pri rannem zamorazhivaniy [Structural and phase changes in concrete during early freezing] / R. T. Brzhanov // Vestnik Kazakhskoy golovnoy arkhitekturno-stroitel'noj akademii [Bulletin of the Kazakh head Architectural and Construction Academy]. – 2010. – No. 88 (2). – P. 83.
- Gnyrya, A. I. Tekhnologiya betonnykh работ v zimnikh uslovi-

- yakh [Technology of concrete works in winter conditions] / A. I. Gnyrya, S. V. Korobkov. – Tomsk : TSASU, 2011. – 412 p.
- Gnam, P. A. Tekhnologii zimnego betonirovaniya v Rossii [Technologies of winter concreting in Russia] / P. A. Gnam, R. K. Kivikharyu // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenij [Construction of unique buildings and structures]. – 2016. – No. 9. – Pp. 7–25.
  - R-NP SRO SSK-02-2015. Rekomendatsii po proizvodstvu betonnykh работ v zimnij period (vzamen R-NP SRO SSK-02-2014) [R-NP SRO SSK-02-2015. Recommendations for the production of concrete works in winter (instead of R-NP SRO SSK-02-2014)] : vvedeny v dejstvie protokolom № 16 ot 14.09.2015 Komiteta po razrabotke standartov i pravil nekommercheskogo partnyorstva «SRO Soyuz stroitel'nykh kompanij Urala i Sibiri» [put into effect by Protocol No. 16 dated 09/14/2015 of the Committee for the Development of Standards and Rules of the non-profit partnership «SRO Union of Construction Companies of the Urals and Siberia»] : data vvedeniya 16 aprelya 2016 g. [date of introduction April 16, 2016] / SRO Soyuz stroitel'nykh kompanij Urala i Sibiri [SRO Union of Construction Companies of the Urals and Siberia Siberia]. – Chelyabinsk, 2015. – 84 p.
  - Fedosov, S. V. Ehlektrotteplovaya obrabotka betona tokami povyshennoj chastoty na predpriyatiyakh sbornogo zhelezobetona [Electrothermal treatment of concrete with high-frequency currents at precast concrete enterprises] / S. V. Fedosov, V. I. Bobylyov, A. M. Sokolov. – Ivanovo : IGEU–IVGPU, 2016. – 336 p.
  - Kugaevskaya, T. S. Metody opredeleniya vydeleniya teploty tsementom pri ego gidratatsii v teploizolirovannykh obraztsakh i v vozdukhnykh usloviyakh [Methods for determining the release of heat by cement during its hydration in thermally insulated samples and in air conditions] / T. S. Kugaevskaya, V. V. Shulgin // Novye idei novogo veka : materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii FAD TOGU ; FGBOU VO «Tikhookeanskij gosudarstvennyj universitet». – Khabarovsk, 2013. – T. 2. – С. 361–366.
  - Aniskin, N. A. Naturalnyj eksperiment po teplovydeleniyu betona i ispol'zovanie ego rezul'tatov dlya verifikatsii programmnogo kompleksa ANSYS / N. A. Aniskin, A. M. Shaitanov // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2022. – Vol. 17, No. 6. – Pp. 727–737.
  - J-Funktsii Besselya i ikh primenenie v zadachakh matematicheskoy fiziki : uchebno-metodicheskoe posobie / Sost. A. V. Кузнецов, Л. Н. Ляхов, И. П. Половинкин, Л. Б. Райхельгауз, Е. Л. Санина, Э. Л. Шишкина ; Воронежский государственный университет. – Воронеж : ВГУ, 2015. – 96 с.
  - Федосов, С. В. Тепломассоперенос в технологических процессах строительной индустрии / С. В. Федосов. – Иваново : ИПК ПресСто, 2010. – 364 с.
  - Федосов, С. В. Метод «микропроцессов» при моделировании процессов теплопроводности и диффузии в телах канонической формы. Обобщённые граничные условия III рода / С. В. Федосов, М. О. Баканов // Умные композиты в строительстве. – 2021. – Т. 2. – №. 2. – С. 7–15.
  - Бочков, М. В. Процессы тепломассопереноса в нагельных соединениях элементов деревянных стропильных конструкций при циклических режимах эксплуатации : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук : специальность 05.02.13 «Машины, агрегаты и процессы (строительство)» / Бочков Михаил Владимирович ; Ивановский государственный политехнический университет. – Иваново, 2017.

- yakh [Technology of concrete works in winter conditions] / A. I. Gnyrya, S. V. Korobkov. – Tomsk : TSASU, 2011. – 412 p.
- Gnam, P. A. Tekhnologii zimnego betonirovaniya v Rossii [Technologies of winter concreting in Russia] / P. A. Gnam, R. K. Kivikharyu // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenij [Construction of unique buildings and structures]. – 2016. – No. 9. – Pp. 7–25.
  - R-NP SRO SSK-02-2015. Rekomendatsii po proizvodstvu betonnykh работ v zimnij period (vzamen R-NP SRO SSK-02-2014) [R-NP SRO SSK-02-2015. Recommendations for the production of concrete works in winter (instead of R-NP SRO SSK-02-2014)] : vvedeny v dejstvie protokolom № 16 ot 14.09.2015 Komiteta po razrabotke standartov i pravil nekommercheskogo partnyorstva «SRO Soyuz stroitel'nykh kompanij Urala i Sibiri» [put into effect by Protocol No. 16 dated 09/14/2015 of the Committee for the Development of Standards and Rules of the non-profit partnership «SRO Union of Construction Companies of the Urals and Siberia»] : data vvedeniya 16 aprelya 2016 g. [date of introduction April 16, 2016] / SRO Soyuz stroitel'nykh kompanij Urala i Sibiri [SRO Union of Construction Companies of the Urals and Siberia Siberia]. – Chelyabinsk, 2015. – 84 p.
  - Fedosov, S. V. Ehlektrotteplovaya obrabotka betona tokami povyshennoj chastoty na predpriyatiyakh sbornogo zhelezobetona [Electrothermal treatment of concrete with high-frequency currents at precast concrete enterprises] / S. V. Fedosov, V. I. Bobylyov, A. M. Sokolov. – Ivanovo : IGEU–IVGPU, 2016. – 336 p.
  - Kugaevskaya, T. S. Metody opredeleniya vydeleniya teploty tsementom pri ego gidratatsii v teploizolirovannykh obraztsakh i v vozdukhnykh usloviyakh [Methods for determining the release of heat by cement during its hydration in thermally insulated samples and in air conditions] / T. S. Kugaevskaya, V. V. Shulgin // Novye idei novogo veka : materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii FAD TOGU ; FGBOU VO «Tikhookeanskij gosudarstvennyj universitet» [New ideas of the New Century : materials of the International Scientific Conference of the Federal State Budgetary Educational Institution

- of the Pacific State University. – Khabarovsk, 2013. – Vol. 2. – Pp. 361–366.
- Aniskin, N. A. Naturalnyj eksperiment po teplovydeleniyu betona i ispol'zovanie ego rezul'tatov dlya verifikatsii programmnogo kompleksa ANSYS [Full-scale experiment on concrete heat release and the use of its results for verification of the ANSYS software package] / N. A. Aniskin, A. M. Shaitanov // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2022. – Vol. 17, No. 6. – Pp. 727–737.
  - J-Funktsii Besselya i ikh primenenie v zadachakh matematicheskoy fiziki : uchebno-metodicheskoe posobie [Bessel's J-Functions and their application in problems of mathematical physics : an educational and methodical manual] / Comp. A. V. Kuznetsov, L. N. Lyakhov, I. P. Polovinkin, L. B. Reichelgauz, E. L. Sanina, E. L. Shishkina; Voronezh State University. – Voronezh : VSU, 2015. – 96 p.
  - Fedosov, S. V. Teplomassopereenos v tekhnologicheskikh protsessakh stroitel'noj industrii [Heat and mass transfer in technological processes of the construction industry] / S. V. Fedosov. – Ivanovo : IPK PresSto, 2010. – 364 p.
  - Fedosov, S. V. Metod «mikroprotsessov» pri modelirovanii

УДК 624.15

## Анализ критичности дефектов устройства оснований и фундаментов

Criticality Analysis of Defects in the Foundations Construction

DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_83

### Байбурин Альберт Халитович

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

### Baiburin Albert Khalitovich

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Construction Production and Theory of Structures, National Research South Ural State University (SUSU), Russia, 454080, Chelyabinsk, prospekt Lenina, 76, abayburin@mail.ru

### Белгородский Евгений Александрович

Аспирант кафедры «Строительное производство и теория сооружений», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)» (ЮУрГУ), Россия, 454080, Челябинск, проспект Ленина, 76, zhenyabelgorodsky@yandex.ru

### Belgorodsky Evgeny Alexandrovich

Postgraduate student of the Department of Construction Production and Theory of Structures, National Research South Ural State University (SUSU), Russia, 454080, Chelyabinsk, prospekt Lenina, 76, zhenyabelgorodsky@yandex.ru

### Самарин Александр Юрьевич

Генеральный директор ООО «Априори-Строй», Россия, 454091, Челябинск, улица Российская, 224, director@apriory-stroy.ru

### Samarin Alexander Yurievich

General Director of A Apriory-Stroy LLC, Russia, 454091, Chelyabinsk, ulitsa Rossiyskaya, 224, director@apriory-stroy.ru

**Аннотация.** В статье количественно доказаны риски дефектов устройства оснований и фундаментов с применением метода анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО). Метод АВПКО предполагает балльную оценку частотности, критичности и вероятности обнаружения дефектов с последующим вычислением приоритетного числа риска RPN и сравнением его с предельным значением. Полученные значения частных баллов и RPN позволяют ранжировать дефекты по значимости и назначить соответствующие мероприятия. Это важно для планирования контрольных мероприятий, нацеленных на выявление дефектов и повышение эффективности всех этапов строительного контроля.

В работе приведены виды и последствия наиболее частых

protssessov teploprovodnosti i diffuzii v telakh kanonicheskoy formy. Obobshhyonnye granichnye usloviya III roda [The method of «microprocesses» in modeling the processes of thermal conductivity and diffusion in bodies of canonical shape. Generalized boundary conditions of the III kind] / S. V. Fedosov, M. O. Bakanov // Umnye kompozity v stroitel'stve [Smart composites in construction]. – 2021. – Vol. 2. – No. 2. – Pp. 7–15.

- Bochkov, M. V. Protssesy teplomassopereenos v nagel'nykh soedineniyakh ehlementov derevyannykh stropil'nykh konstruktсий pri tsiklicheskikh rezhimakh ehkspluatatsii [Processes of heat and mass transfer in nagel joints of elements of wooden rafter structures under cyclic operating conditions] : dissertatsiya na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences] : 05.02.13 «Mashiny, agregaty i protssesy (stroitel'stvo)» [specialty 05.02.13 «Machines, aggregates and processes (construction)»] / Bochkov Mikhail Vladimirovich ; Ivanovskij gosudarstvennyj politekhnicheskij universitet [Ivanovo State Polytechnic University]. – Ivanovo, 2017.

и опасных дефектов при устройстве оснований и фундаментов. По вычисленным значениям RPN дефекты ранжированы по значимости. Обсуждаются некоторые варианты проведения анализа. Показано, что матрица рисков не всегда даёт адекватный ранг риска и компенсирующие мероприятия в случае превышения предельного значения RPN. Описанный подход к анализу дефектов при устройстве оснований и фундаментов позволяет ввести простой расчётный аппарат для анализа рисков, планирования контрольных мероприятий, назначения объёмов контроля.

**Ключевые слова:** здания и сооружения, основания и фундаменты, управление рисками в строительстве, анализ видов и последствий отказов, приоритетное число риска.

**Abstract.** The article quantifies the risks of construction defects in the foundations construction on the method of failure mode and effects analysis (FMEA). The FMEA method assumes a point assessment of the frequency, criticality and detecting probability of defects, calculating the risks priority number (RPN) and comparing it with the limit value. The obtained points and RPN values allow you to rank defects by significance and assign appropriate measures. This is important for planning control measures aimed at detecting defects and improving the efficiency of all stages of construction control.

The paper presents the types and consequences of the most frequent and dangerous defects in the foundations construction.

## Введение

Обобщённая статистика показывает, что около половины аварий в строительстве происходит по вине строителей [1]. При устройстве оснований и фундаментов могут быть допущены критические дефекты, приводящие к авариям зданий и сооружений [2; 3]. Усиление дефектных оснований и фундаментов является сложным и дорогим процессом, приводящим к значительным финансовым и репутационным потерям подрядчика и застройщика [4; 5]. Изучение и обобщение причин повреждений и аварий конструкций позволяет сделать важные выводы для проектирования, строительства, а также для разработки нормативных указаний. Однако в литературе по теме [6; 7] чаще всего ограничиваются описанием дефектов и аварий без количественного анализа видов и последствий дефектов. Следовательно, обусловлена актуальность систематизации дефектов, возникающих при устройстве оснований и фундаментов, анализа их последствий для снижения рисков повреждений конструкций и аварий. Один из способов количественной оценки, основанный методе АВПКО – анализе видов, последствий и критичности отказов, описан в настоящей статье.

Причины деформаций оснований и фундаментов обычно разделяют на 4 группы: ошибки инженерно-геологических изысканий; просчёты при проектировании

Defects are ranked by significance according to the calculated RPN values. Some options for conducting the analysis are discussed. It is shown that in case of exceeding the RPN limit value the risk matrix does not always provide an adequate risk rank and compensating measures. The described approach to the analysis of defects in the foundations construction allows you to introduce a simple calculation apparatus for risk analysis, planning control measures, and assigning control volumes.

**Keywords:** buildings and structures, bases and foundations, risk management in construction, failure mode and effects analysis, risk priority number.

оснований и фундаментов; дефекты, допущенные при производстве работ; нарушения правил эксплуатации.

Ошибки инженерно-геологических изысканий являются причиной около 30 % аварийных деформаций [2], связанных с неправильным определением количества и глубины скважин, уровня грунтовых вод, характеристик грунта, агрессивности грунтов и подземных вод. Часто к неверным результатам приводят нарушения правил отбора и транспортировки образцов грунтов, методики полевых исследований их свойств. В отчётах отмечается недостаток информации для учёта работы основания при водонасыщении грунтов, проникновении химических растворов, а также при динамических нагрузках, сложном напластовании и т. п.

Как известно, при проектировании оснований и фундаментов необходимо выполнить два условия: абсолютные и относительные осадки основания не должны превышать предельных значений; устойчивость фундаментов должна быть обеспечена как в ходе строительства, так и при эксплуатации.

Ошибки при проектировании часто связаны с неверными расчётами осадок, которые, надо признать, до сих пор не получили надёжного теоретического и экспериментального обоснования. Особенную опасность представляет строительство на слабых глинистых грунтах,

просадочных, насыпных, карстовых и сезонно-мёрзлых основаниях. Расчёты осадок по разным программам (ЛИРА, Скард, Plaxis, Wall) и разными известными проектными институтами отличаются в 5 раз для одного объекта [2]. Ошибки связаны с неверным назначением вида, глубины заложения и размеров фундаментов, неучётом сдвига и опрокидывания фундамента, устойчивости стен подвала при обратной засыпке. В проектах наблюдаются просчёты в принятии величины сжимаемой толщи, глубины погружения свай, в моделировании продавливания фундаментов колоннами, в расчётах на динамические нагрузки, разрезы разнонагруженных частей сооружения осадочными швами. Не уделяется должного внимания проектированию вертикальной планировки участка застройки, учёту аварийного замачивания грунтов при протечках коммуникаций, дополнительному пригрузу кустов свай при «отрицательном» трении (пучении грунтов), повышению жёсткости зданий на слабых просадочных основаниях.

Ошибки, возникающие при производстве работ, можно разделить на две части. Во-первых, это нарушения технологии работ по разработке выемок под фундаменты, которые приводят к нарушению структуры грунтового основания. Частые дефекты – это механическое повреждение, промораживание или замачивание грунтов основания; перебор грунта при разработке котлована и непроконтное восполнение переборов; механическое нарушение природной структуры грунтов основания.

К механическому разрушению грунтов приводят неверный выбор механизации для экскавации и уплотнения грунтов, прямая откачка воды из котлована, ошибки в устройстве «стен в грунте». Промораживание и морозное пучение происходят при длительных перерывах строительства при низкой отрицательной температуре, а также при невыполнении правил консервации объекта. Неравномерное обводнение и осадки основания являются следствием миграции подземных вод в уплотнённое основание или песчаные и гравийные подсыпки, а также неудачных решений по водоотводу и водопонижению. Частой причиной аварийных осадок свайного основания является погружение свай не на полную глубину (например, при применении лёгких молотов) даже при нулевом их отказе, а также поломка свай в процессе забивки.

Вторая категория ошибок связана с нарушениями проекта и технологии работ при возведении фундаментов. Частые дефекты железобетонных фундаментов – это снижение физико-механических характеристик бетона, несоответствие параметров армирования; нарушения толщины защитного слоя бетона; геометрические отклонения размеров и положения фундаментов; дефекты гидроизоляционных работ [8–10]. При производстве свайных работ – это некачественная зачистка забоя скважины; большой перерыв между устройством скважины и бетонированием буронабивных свай; превышение проектного отказа, погружение забивных свай выше проектной отметки; нарушения при срезке голов забивных свай и устройстве их сопряжений с ростверком [11].

Нарушения правил эксплуатации, приводящие к аварийным деформациям зданий, сводятся к устройству выемок близко к стенам, ниже глубины заложения существующих фундаментов, разрушению отмостки зданий, протечкам водоводов с обводнением грунтов основания,

суффозии солей в загипсованных грунтах при их замачивании или протечках химических растворов промпредприятий. Опасно оттаивание многолетнемёрзлых грунтов при тепловыделении котельных, ИТП, печей и пр., сбросах в грунт тёплой воды. Осадки могут быть вызваны воздействием корневой системы влаголюбивых деревьев-насосов (тополь, осина, платан, эвкалипт), которые могут поглощать до 200–250 кг воды в сутки. Чтобы исключить указанные ошибки, после окончания строительства в сложных инженерно-геологических условиях следует разработать паспорт или технические указания эксплуатации сооружения на данных грунтах [2; 11].

## Методы

В качестве основных дефектов оснований и фундаментов, допущенных при производстве работ, примем наиболее частые и/или опасные ошибки, описанные в [2; 3; 7; 9; 10], с присвоением баллов для оценки их риска по методике, изложенной ниже. В таблице 1 для примера указаны дефекты оснований и свайных фундаментов с присвоением баллов по методике АВПКО.

Анализ значимости дефектов при производстве работ предлагается проводить на основе метода АВПКО (анализа видов, последствий и критичности отказов, ГОСТ 27.310-95). Критичность дефектов, возникающих при производстве строительных работ  $C_p$ , оценивается как произведение  $C_p = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$ , где  $P_1, P_2, P_3$  – балльные оценки соответственно частоты, значимости ошибки и вероятности её выявления. Указанные балльные оценки принимаются по таблицам 2–5.

Количественную оценку комплексного риска  $C_p$  называют приоритетным числом риска PRN [12; 13]. По значению этого числа назначают номер приоритета риска, то есть ранжируют риски [14]. Граничное значение для приоритетного числа риска  $PRN_{lim}$  устанавливается обычно в пределах от 100 до 125, выше этих значений риск считается недопустимым, а дефекты, приведшие к нему, подлежат безусловному устранению. Малый (менее 40 баллов) и средний (40–100 баллов) риски считаются приемлемыми и требуют регулирования по соотношению «ущерб – выгода» [15; 16].

После проведения оценки ошибок проектирования по таблицам 2–5 выполняется их группировка по частотно-значимой матрице риска (таблица 6).

В зависимости от ранга риска дефекта производства строительных работ, присвоенного по правилу таблицы 6, следует применить мероприятия, значимые для процессов управления качеством и рисками:

А – обязателен углублённый анализ дефектов. Причины и последствия дефекта подлежат безусловному устранению при строительстве;

Частота дефекта	Характеристика	Вероятность дефекта	Оценка $P_n$ , балл
Очень редкая	Дефект практически не наблюдается	Менее 0,001	1–2
Редкая	Маловероятный, возможный дефект	0,001–0,01	3–4
Возможная	Вполне вероятный дефект	0,01–0,1	5–6
Частая	Высокая вероятность дефекта	0,1–0,3	7–8
Очень частая	Дефект допускается постоянно	Более 0,3	9–10

Табл. 2. Оценка вероятности возникновения дефектов  
Tab. 2. Assessment of the defects probability

Описание дефекта	Возможные последствия	Значения $P$		
		$P_1$	$P_2$	$P_3$
Дефекты естественных оснований				
Промораживание грунтов	Морозное пучение, деформации конструкций, трещины	4	8	8
Замачивание грунтов поверхностными или подземными водами	Ухудшение свойств грунтов. Недопустимые деформации. Потеря устойчивости фундаментов	5	8	2
Нарушение естественного сложения грунтов	То же	4	9	6
Разработка котлованов с перебором грунта, ошибки при восполнении перебора	Неравномерные осадки фундаментов, трещины в стенах	3	4	2
Недостаточное уплотнение грунтов	Недопустимые осадки, трещины в стенах и несущих конструкциях	5	8	6
Невыполнение водоотвода и водопонижения по проекту	Замачивание грунтов. Суффозия. Недопустимые деформации	4	9	2
Осуществление обратной засыпки мёрзлым грунтом	Деформации стен подвала, провалы и разрушение отмостки	3	6	2
Дефекты свайных фундаментов				
Некачественная зачистка забоя скважины	Осадки буронабивных свай, повреждение конструкций	3	9	4
Большой перерыв между устройством скважины и бетонированием свай	Потеря устойчивости стенок скважины, осыпание грунта, повышенные осадки свай	5	7	4
Нарушение сплошности бетонного ствола сваи	Снижение прочности и долговечности сваи	3	5	7
Погружение забивной сваи выше проектной отметки	Непрорезание свай просадочных слоёв грунта. Снижение несущей способности фундамента	9	9	1
Поломка сваи без замены	То же	4	9	2
Недостижение проектного отказа или ложный отказ	Снижение несущей способности свайного основания	7	8	1
Нарушения при срезке голов свай и устройстве сопряжения с ростверком	Изменение расчётной схемы работы фундамента. Снижение несущей способности фундамента	6	6	1

Табл. 1. Характерные дефекты при производстве работ  
Tab. 1. Typical defects in the works production



Последствия дефекта	Характеристика последствий	Категория значимости	Оценка $P_2$ , балл
Незначительные	Дефект не приводит к ощутимым последствиям. Коррекции проекта и технологии не требуется	V	1–2
Малозначительные	Последствия дефекта незначительны для объекта. Расходы по устранению последствий незначительны	IV	3–4
Значительные	Дефект приводит к снижению эксплуатационных качеств объекта. Расходы по устранению последствий ощутимы	III	5–6
Критические	Объект не может быть использован по назначению, но не представляет угрозы безопасности	II	7–8
Катастрофические	Дефект представляет угрозу безопасности для людей и/или окружающей среды	I	9–10

Табл. 3. Оценка последствий дефектов (вариант 1)  
Tab. 3. Assessment of the defects consequences (option 1)

*B* – желателен количественный анализ. Причины дефекта должны быть дополнительно изучены, и приняты решения по исправлению дефектов и корректировке дальнейшего производства работ;

*C* – возможно ограничить качественным анализом, определяются причины дефекта и разрабатываются соответствующие корректирующие мероприятия;

*D* – анализ обычно не требуется. Причины дефекта фиксируются и принимаются меры по их профилактике.

Предлагается при суммарном числе риска более 100 баллов принимать мероприятие ранга *A* вне зависимости от данных частотно-значимой матрицы (см. таблицу 6).

#### Результаты

Результаты анализа критичности наиболее опасных дефектов при производстве строительных работ представлены в табличной форме (таблица 7).

Как видим из таблицы 7, ранг рисков дефектов по значению комплексного риска  $C_p$  с учётом вероятности обнаружения ошибок  $P_3$  и граничного значения приоритетного числа риска  $RPN_{lim}$  может отличаться от ранга, присвоенного по частотно-значимой матрице риска (см. таблицу 6), по которой учитываются только значения частоты  $P_1$  и значимости дефекта  $P_2$  (в таблице 7 указаны в скобках).

К рангу риска *A* относятся дефекты устройства оснований: промораживание грунтов; нарушение естественного сложения грунтов; недостаточное уплотнение грунтов; невыполнение водоотвода и водопонижения по проекту.

Величина ущерба	Относительные потери, %	Увеличение стоимости, %	Увеличение сроков, %	$P_2$ , балл
Низкий	Менее 1	Менее 3	Менее 3	1–2
Малый	1–10	3–10	3–10	3–4
Значительный	10–40	10–20	10–20	5–6
Критический	40–100	20–50	20–50	7–8
Катастрофический	100	Более 50	Более 50	9–10

Табл. 4. Оценка последствий дефектов (вариант 2)  
Tab. 4. Assessment of the defects consequences (option 2)

Характеристика вероятности выявления дефекта при производстве работ	Вероятность выявления дефекта	Оценка $P_2$ , балл
Очень высокая вероятность обнаружения дефекта в результате проведения контрольных мероприятий	Более 0,90	1–2
Высокая вероятность обнаружения дефекта. Дефект будет обнаружен в результате визуального осмотра при проведении контрольных мероприятий	От 0,90 до 0,75	3–4
Умеренная вероятность выявления дефекта. Дефект не будет обнаружен в результате визуального осмотра при проведении контрольных мероприятий, но будет выявлен в результате проведения лабораторных испытаний либо привлечения экспертной организации	От 0,75 до 0,50	5–6
Малая вероятность обнаружения ошибки. Внутренний контроль и внешняя экспертиза не гарантируют выявления дефекта при производстве строительных работ	От 0,50 до 0,10	7–8
Очень малая вероятность выявления дефекта. Дефект является скрытым и, скорее всего, не будет обнаружен	Менее 0,10	9–10

Табл. 5. Оценка вероятности выявления дефектов  
Tab. 5. Probability estimation of detecting defects

К опасным дефектам свайных работ причислены: некачественная зачистка забоя скважины; большой перерыв между устройством скважины и бетонированием сваи; нарушение сплошности бетонного ствола сваи; погружение забивной сваи выше проектной отметки; поломка сваи без замены дублем; недостижение проектного отказа или ложный отказ.

#### Обсуждение

При затруднениях оценки вероятности выявления ошибок (например, из-за недостатка данных) значение комплексного риска может быть оценено без третьего множителя:  $C_p = P_1 \cdot P_2$ , где  $P_1, P_2$  – балльные оценки соответственно частоты, значимости ошибки. Причём балльные оценки могут быть приняты не в десятибалльной, а в пятибалльной шкале с максимальным значением комплексного риска 25.

Однако, по нашему мнению, важно оценить и вероятность обнаружения дефекта, особенно для критических дефектов. Например, для контроля сплошности и качества бетонного ствола сваи обычно применяют выбуривание ядер, сейсмоакустические испытания либо ультразвуковой контроль в объёме 2, 20 и 10 % свай соответственно (п. 12.8.3 СП 45.13330.2017). Застройщик, оценивая риски, может увеличить объём такого контроля вплоть до сплошного (100 %).

Результаты анализа дефектов по предложенной методике позволяют определить критичность дефектов строительных работ, выполнить их ранжирование, обосновать профилактические мероприятия по их предупреждению и снижению рисков, усовершенствовать строительный контроль.

Повысить эффективность всех этапов строительного контроля возможно путём ранжирования наблюдаемых дефектов по значению RPN и, соответственно, контрольных мероприятий, нацеленных на выявление этих дефектов. Для дефектов с наибольшим риском объём выборки должен быть максимальным (сплошной контроль), а причины дефектов должны быть тщательно изучены. Для

Ожидаемая частота дефекта $P_1$	Ранг риска при категории значимости дефекта $P_2$				
	I	II	III	IV	V
Очень частая	A	A	A	B	C
Частая (вероятная)	A	A	B	B	C
Возможная	A	B	B	C	C
Редкая (маловероятная)	A	B	C	C	D
Очень редкая	B	C	C	D	D

Табл. 6. Матрица рисков дефектов при производстве работ  
Tab. 6. Defects risks matrix in the works production

малозначительных дефектов возможно ограничиться выборочным контролем.

#### Заключение

При строительстве на сложных, малоизученных территориях необходимо получить наиболее полную информацию по результатам инженерно-геологических, гидрогеологических и других изысканий для возможности прогнозирования изменения свойств грунтов основания при аварийном замачивании, замораживании, смене гидродинамического режима и т. д. На основе этих данных следует проанализировать возможные ошибки. Здесь уместно вспомнить опыт инженера В. Г. Шухова, который описывал в рабочей документации и ППР возможные ошибки, их последствия и компенсирующие мероприятия. Для этого из таблицы 7 нужно выбрать наиболее

Вид ошибки строительного производства	Балльные оценки				Категория	Ранг риска
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$C_p$		
Промораживание грунтов	4	8	8	256	II	A(B)
Замачивание грунтов поверхностными или подземными водами	5	8	2	80	II	B
Нарушение естественного сложения грунтов	4	9	6	216	I	A
Разработка котлованов с перебором грунта, ошибки при восполнении перебора	3	4	2	24	IV	C
Недостаточное уплотнение грунтов	5	8	6	240	II	A(B)
Невыполнение водоотвода и водопонижения по проекту	4	9	2	72	I	A
Осуществление обратной засыпки мёрзлым грунтом	3	6	2	36	III	C
Некачественная зачистка забоя скважины	3	9	4	108	I	A
Большой перерыв между устройством скважины и бетонированием сваи	5	7	4	140	II	A(B)
Нарушение сплошности бетонного ствола сваи	3	5	7	105	III	A(C)
Погружение забивной сваи выше проектной отметки	9	9	1	81	I	A
Поломка сваи без замены дублем	4	9	2	72	I	A
Недостижение проектного отказа или ложный отказ	7	8	1	56	II	A
Нарушения при срезке голов свай и устройстве сопряжения с ростверком	6	6	1	36	III	B

Табл. 7. Результаты анализа дефектов при производстве работ  
Tab. 7. Defects analysis results in the works production

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Байбурин, А. Х. Обеспечение качества и безопасности возводимых гражданских зданий / А. Х. Байбурин. – Москва : Издательство АСВ, 2015. – 336 с.
- Абелев, М. Ю. Аварии фундаментов сооружений и технологии восстановления / М. Ю. Абелев, И. В. Аверин, А. П. Левченко, Д. Ю. Чунюк. – Москва : Издательство АСВ, 2023. – 144 с.
- Мангушев, Р. А. Технологические осадки зданий и сооружений в зоне влияния подземного строительства / Р. А. Мангушев, Н. С. Никифорова. – Москва : Издательство АСВ, 2017. – 168 с.
- Коробова, О. А. Усиление оснований и реконструкция фундаментов. Примеры расчёта / О. А. Коробова. – Москва : Издательство АСВ, 2022. – 280 с.
- Мальганов, А. И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструированных зданий / А. И. Мальганов, В. С. Плевков, А. И. Полищук. – Томск : ТГУ, 1992. – 456 с.
- Габрусенко, В. В. Аварии, дефекты и усиление железобетонных и каменных конструкций в вопросах и ответах / В. В. Габрусенко. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2021. – 104 с.
- Мангушев, Р. А. Геотехника Санкт-Петербурга. Опыт строительства на слабых грунтах / Р. А. Мангушев, А. И. Осокин. – Москва : Издательство АСВ, 2018. – 386 с.
- Абелев, М. Ю. Анализ аварий (страховых случаев) при производстве строительных работ / М. Ю. Абелев, М. А. Селиванов, С. И. Шумилов, Д. М. Лейбман // Вестник МГСУ. – 2009. – № 1. – С. 50–53.
- Гроздов, В. Т. Дефекты строительных конструкций и их последствия / В. Т. Гроздов. – Санкт-Петербург : Центр качества строительства, 2005. – 136 с.
- Добромыслов, А. Н. Диагностика повреждений зданий и инженерных сооружений : справочное пособие / А. Н. Добромыслов. – Москва : Издательство АСВ, 2008. – 304 с.
- Справочник геотехника. Основания, фундаменты, подземные сооружения / Под ред. В. А. Ильичева и Р. А. Мангушева. – Москва : Издательство АСВ, 2023. – 1084 с.
- Failure Mode and Effects Analysis. FMEA Handbook. First Edition. – Michigan : AIAG, 2019. – 236 p.
- Juan, Yi. K. Application of statistical data and methods to

establish RPN ratings of FMEA method for construction projects / Yi. K. Juan, U. Yu. Sheu, K. S. Chen // Journal of Civil Engineering and Management. – 2023. – Vol. 29, No. 7. – Pp. 662–668.

14. Albasyouni, W. Proposing the Use of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) as Risk Assessment Tool in Construction / W. Albasyouni, I. Abotaleb, Kh. Nassar // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2023. – Vol. 12, No. 12. – Pp. 6–14.

#### REFERENCES

- Baiburin, A. H. Obespechenie kachestva i bezopasnosti vozvodimyykh grazhdanskikh zdaniy [Ensuring the quality and safety of civil buildings under construction] / A. H. Bajburin. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 2015. – 336 p.
- Abelev, M. Yu. Avarii fundamentov sooruzhenij i tekhnologii vosstanovleniya [Accidents of foundations structures and restoration technologies] / M. Yu. Abelev, I. V. Averin, A. P. Levchenko, D. Yu. Chyunyuk. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 2023. – 144 p.
- Mangushev, R. A. Tekhnologicheskie osadki zdaniy i sooruzhenij v zone vliyaniya podzemnogo stroitel'stva [Technological precipitations of buildings and structures in the zone of influence of underground construction] / R. A. Mangushev, N. S. Nikiforova. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 2017. – 168 p.
- Korobova, O. A. Usilenie osnovanij i rekonstruktsiya fundamentov. Primery rascheta [Strengthening of foundations and reconstruction of foundations. Calculation examples] / O. A. Korobova. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 2022. – 280 p.
- Malganov, A. I. Vosstanovlenie i usilenie stroitel'nykh konstruksij avarijnykh i rekonstruirovannykh zdaniy [Restoration and reinforcement of building structures of emergency and reconstructed buildings] / A. I. Malganov, V. S. Plevkov, A. I. Polishchuk. – Tomsk : TGU, 1992. – 456 p.
- Gabrusenko, V. V. Avarii, defekty i usilenie zhelezobetonnykh i kamennykh konstruksij v voprosakh i otvetakh [Accidents, defects and reinforcement of reinforced concrete and stone structures in questions and answers] / V. V. Gabrusenko. – Novosibirsk : NGASU (Sibstrin), 2021. – 104 p.
- Mangushev, R. A. Geotekhnika Sankt-Peterburga. Opyt stroitel'stva na slabyykh gruntakh [Geotechnics of St. Petersburg. Experience of construction on weak soils] / R. A. Mangushev, A. I. Osokin. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 2018. – 386 p.
- Abelev, M. Yu. Analiz avarij (strakhovykh sluchaev) pri proizvodstve stroitel'nykh rabot / M. Yu. Abelev, M. A. Selivanov, S. I. Shumilov, D. M. Lejbman [Analysis of accidents (insurance cases) during construction work] // Vestnik MGSU [Bulletin of

15. Ardeshir, A. Evaluation of safety risks in construction using Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (FFMEA) / A. Ardeshir, M. Mohajeri, M. Amiri // Scientia Iranica. – 2016. – Vol. 23, No. 6. – Pp. 2546–2556.

16. Karamoozian, A. Hybrid Risk Prioritization Approach in Construction Projects Using Failure Mode and Effective Analysis / A. Karamoozian, D. A. Wu // Engineering, Construction and Architectural Management. – 2020. – Vol. 27, No. 9. – Pp. 2661–2686.

the Moscow State University of Civil Engineering]. – 2009. – No. 1. – Pp. 50–53.

- Grozdov, V. T. Defekty stroitel'nykh konstruksij i ikh posledstviya [Defects in building structures and their consequences] / V. T. Grozdov. – St. Petersburg : Tsentr kachestva stroitel'stva, 2005. – 136 p.
- Dobromyslov, A. N. Diagnostika povrezhdenij zdaniy i inzhenernykh sooruzhenij : spravochnoe posobie [Diagnostics of damage to buildings and engineering structures : A reference guide] / A. N. Dobromyslov. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 2008. – 304 p.
- Spravochnik geotekhnika. Osnovaniya, fundamenty, podzemnye sooruzheniya [Geotechnical Reference Book. Bases, foundations, underground structures] / Edited by V. A. Ilychev and R. A. Mangushev. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 2023. – 1084 p.
- Failure Mode and Effects Analysis. FMEA Handbook. First Edition. – Michigan : AIAG, 2019. – 236 p.
- Juan, Yi. K. Application of statistical data and methods to establish RPN ratings of FMEA method for construction projects / Yi. K. Juan, U. Yu. Sheu, K. S. Chen // Journal of Civil Engineering and Management. – 2023. – Vol. 29, No. 7. – Pp. 662–668.
- Albasyouni, W. Proposing the Use of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) as Risk Assessment Tool in Construction / W. Albasyouni, I. Abotaleb, Kh. Nassar // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2023. – Vol. 12, No. 12. – Pp. 6–14.
- Ardeshir, A. Evaluation of safety risks in construction using Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (FFMEA) / A. Ardeshir, M. Mohajeri, M. Amiri // Scientia Iranica. – 2016. – Vol. 23, No. 6. – Pp. 2546–2556.
- Karamoozian, A. Hybrid Risk Prioritization Approach in Construction Projects Using Failure Mode and Effective Analysis / A. Karamoozian, D. A. Wu // Engineering, Construction and Architectural Management. – 2020. – Vol. 27, No. 9. – Pp. 2661–2686.

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_88

## Определение критериев оценки проектной документации, подготовленной с помощью информационного моделирования

Determination of Criteria for Evaluating Project Documentation Prepared Using Information Modeling

Синенко Сергей Анатольевич

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, sasin50@gmail.com

Sinenko Sergey Anatolievich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26, sasin50@gmail.com

Никитин Александр Русланович

Аспирант кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, A.Nikitin56@gmail.com

Nikitin Alexander Ruslanovich

Postgraduate student of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, A.Nikitin56@gmail.com

**Аннотация.** В настоящее время уделяется внимание разработке подходов и методик оценки проектной документации, подготовленной с помощью технологий информационного моделирования (ТИМ).

Цель работы – определение критериев оценки проектной документации (ПД) для дальнейшего учёта полученных результатов исследования в разработке методики оценки ПД, подготовленной с помощью информационного моделирования.

Для достижения поставленной цели авторами был проведён анализ нормативно-технической документации и публикационной активности научных отечественных и зарубежных источников в области проектирования и оценки проектной документации (ПД), технологий информационного моделирования (ТИМ) и искусственного интеллекта (ИИ).

С целью определения показателей оценки ПД выполнен экспертный опрос методом интервьюирования с привлечением экспертов в области строительства и проектирования, экс-

**Abstract.** Currently, attention is being paid to the development of approaches and methods for evaluating project documentation prepared using information modeling technologies (TIM).

The purpose of the work is to determine the criteria for evaluating project documentation (PD), for further consideration of the research results in the development of a methodology for evaluating PD prepared using information modeling.

To achieve this goal, the authors analyzed the regulatory and technical documentation and the publication activity of scientific domestic and foreign sources in the field of design and evaluation of project documentation (PD), information modeling technologies (TIM) and artificial intelligence (AI).

In order to determine the indicators of PD assessment, an expert survey was conducted by interviewing, with the involvement of experts in the field of construction and design, expertise of

#### Введение

ТИМ – это не конкретное программное обеспечение, а подход к реализации инвестиционно-строительных проектов, практическое применение которого требует применения целого ряда программных продуктов [1].

Оценка – это многозначное слово, которое имеет своё значение в философии, педагогике, в математической статистике, экономике и т. д.

Оценка проектной документации относится к области экспертного оценивания, то есть требует специальных знаний в области проектирования и строительства, а также сопоставления данных анализа существующих требований, регламентируемой нормативной, технической и правовой документации в области проектирования и строительства, требований технического задания.

Актуальность исследования состоит в:

- отсутствии системного подхода, современных стандартов, практик и методик по оценке проектной документации, подготовленной с помощью ТИМ;
- недостаточности критериев и показателей оценки проектной документации, разработанной с помощью ТИМ;

пертизы проектной документации, ТИМ, ИИ.

Исследования, проведённые авторами статьи, заключаются в определении показателей оценки ПД, подготовленной с помощью ТИМ, которые будут использованы в разработке методики оценки проектной документации, а также как специализированный материал при обучении специалистов в проектной области, будут нести практическое значение для специалистов проектных организаций, службы технического заказчика, государственных проверяющих органов, эксплуатирующих организаций и помогать решению возникающих проблем в проектировании с использованием искусственного интеллекта.

**Keywords:** оценка, качество, проектная документация (ПД), методы информационного моделирования, искусственный интеллект (ИИ), технологии информационного моделирования (ТИМ), информационная модель здания (BIM), показатели оценки проектной документации.

project documentation, TIM, and AI.

The research conducted by the authors of the article consists in determining the indicators of PD assessment prepared with the help of TIM, which will be used in the development of a methodology for evaluating project documentation and have practical significance for specialists of design organizations, technical customer service, state inspection bodies, operating organizations, as well as used as specialized material for training specialists in the design field, and to help solve emerging problems in design using artificial intelligence.

**Keywords:** evaluation, quality, design (PD), information modeling methods, artificial intelligence (AI), information modeling technologies (TIM), building information modeling (BIM), project documentation evaluation indicators.

- недостаточной коммуникации между участниками жизненного цикла объекта на этапе подготовки, выпуска и приёмки ПД;
- интеграции в процесс проектирования большого количества информационных технологий и искусственного интеллекта недостаточной зрелости;
- недостаточном опыте проектных организаций, участвующих в процессе подготовки и выпуске ПД, подготовленной с помощью ТИМ.

Объектом исследования является проектная документация, подготовленная с помощью ТИМ.

Предметом исследования являются процедуры и методы современной оценки ПД, подготовленной для объектов капитального строительства.

Цель работы состоит в том, чтобы определить критерии оценки проектной документации, подготовленной с помощью информационного моделирования.

Для достижения заданной цели поставлены следующие задачи:

- Анализ нормативно-технической документации, а также научных и практических работ в области





Рис. 1. Структура информационных источников  
Fig. 1. The structure of information sources

оценки проектной документации, в том числе исследование актуальности.

2. Определение показателей оценки ПД.

**Материалы и методы**

Авторами статьи проведён обзор действующей нормативно-технической документации в области проектирования, технологий информационного моделирования, оценки ПД, а также выполнен анализ отечественных и зарубежных научных и практических работ в области оценки проектной документации. Структура информационных источников представлена на рисунке 1.

С целью определения показателей оценки ПД авторами статьи в качестве экспертов были привлечены специалисты в области проектирования, создания информационных моделей и проверки проектной документации. Все привлечённые специалисты состоят в национальном реестре специалистов (НОПРИЗ), обладают стажем проектирования с помощью ТИМ не менее 5 лет, а также опытом проведения проверки и экспертизы проектной документации в структуре технического заказчика или экспертного органа не менее 3 лет.

Для определения показателей оценки ПД был выбран метод интервьюирования, который является устным опросом, проводимым в форме беседы. Для нивелирования результатов ответов экспертов решено привлечь большее количество экспертов, чем требуется.

Определение показателей выполнено на объектах, где уровень применения технологий информационного моделирования составляет не ниже первого по модели уровня зрелости BIM Бью-Ричардса. Диаграмма уровня зрелости BIM-модели представлена на рисунке 2.

УРОВНИ «ЗРЕЛОСТИ» BIM  
перевод с английского

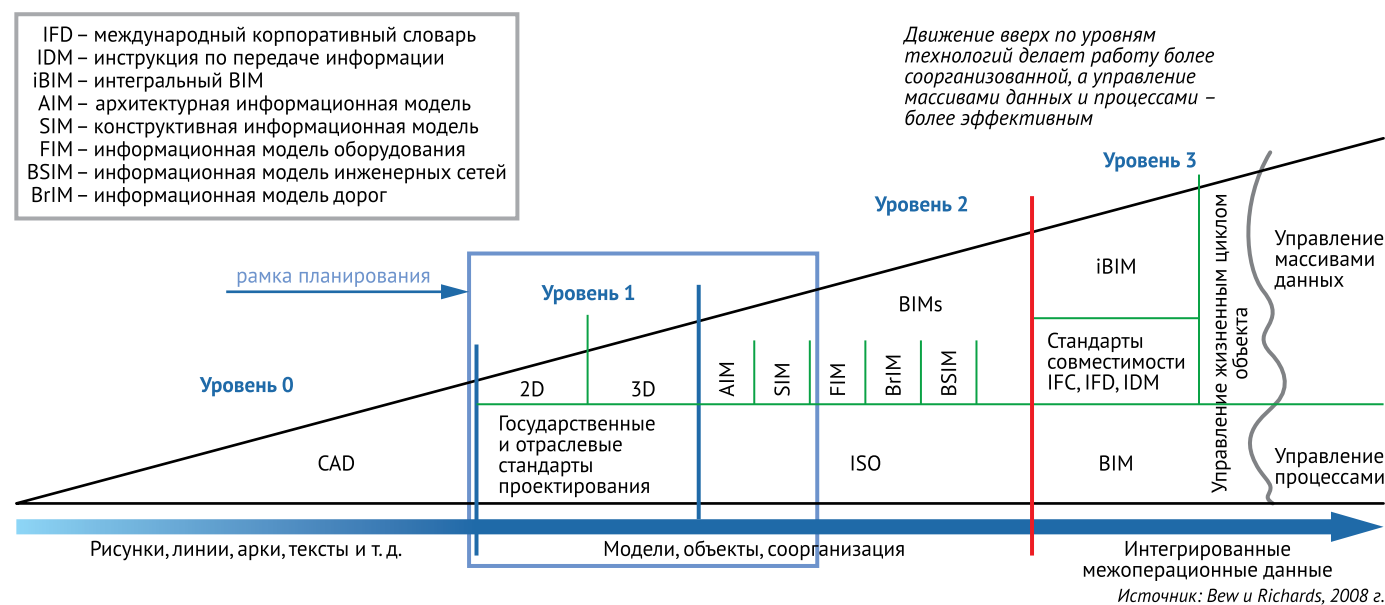


Рис. 2. Диаграмма уровней зрелости BIM  
Fig. 2. BIM Maturity Levels Chart

Для получения максимально точного результата критерии оценки ПД определялись при реализации следующих проектов: жилой комплекс общей площадью 144 000 кв. м, социальные объекты – школа на 1100 мест и детский сад на 225 мест, технопарк, гостиничный комплекс в Московской области общей площадью 23 000 кв. м. Это позволило унифицировать показатели оценки ПД для объектов различного функционального назначения.

**Результаты**

В ходе проведения исследований по актуальности темы научно-диссертационной работы авторами был проведён анализ нормативно-технической документации в области проектирования, в том числе с использованием ТИМ, и оценки качества ПД, стандарты по направлению «Искусственный интеллект», а также выполнен обзор отечественной и зарубежной литературы в области оценки качества ПД.

На данный момент существуют основные нормативные документы в области технического регулирования ТИМ в строительстве – это СП и ГОСТы. В результате проведённого авторами анализа выяснилось, что начиная с 2020 года в Российской Федерации активно внедряются стандарты по направлению «Искусственный интеллект». На данный момент действует более 60 стандартов по этому направлению.

Из перечня действующих стандартов по искусственному интеллекту хотелось бы выделить ГОСТ Р 59898-2021 «Оценка качества искусственного интеллекта».

Государственные стандарты и своды правил в области оценки качества ПД, действующие на данный момент, прямо или косвенно регламентируют оценку ПД. Так, ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения» раскрывает понятие показателя качества ПД: это «количественная характеристика одного или нескольких свойств проектной документации, входящих в её качество, рассматриваемая применительно к определённым условиям её создания и дальнейшего использования».

Факторы / Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	Сумма рангов	d	d <sup>2</sup>
x <sub>1</sub>	1	2	1	2	2	3	2	4	17	-27	729
x <sub>2</sub>	2	1	2	1	1	1	1	1	10	-34	1156
x <sub>3</sub>	10	9	9	9	10	9	9	9	74	30	900
x <sub>4</sub>	9	6	7	5	7	8	6	7	55	11	121
x <sub>5</sub>	5	8	8	6	6	7	5	3	48	4	16
x <sub>6</sub>	8	10	10	10	9	10	10	10	77	33	1089
x <sub>7</sub>	3	7	5	8	8	5	7	6	49	5	25
x <sub>8</sub>	6	4	3	4	4	4	4	5	34	-10	100
x <sub>9</sub>	4	3	4	3	3	2	3	2	24	-20	400
x <sub>10</sub>	7	5	6	7	5	6	8	8	52	8	64
Σ	55	55	55	55	55	55	55	55	440		4600

Табл. 1. Сводная матрица рангов  
Tab. 1. Summary matrix of ranks

Проанализировав положение [2], на начальной стадии исследования авторами был сформулирован предварительный перечень показателей оценки ПД из 7 позиций, в процессе проведения интервьюирования с экспертами, принимавшими непосредственное участие в оценке ПД и реализации рассматриваемых проектов, список был расширен до 10 пунктов. В перечень включены пункты, относящиеся непосредственно к оценке документации, подготовленной с помощью ТИМ:

1. Выполнение требований нормативно-технической документации;
2. Себестоимость строительства, трудоёмкость и материалоемкость строительства [3];
3. Стоимость проектирования [4];
4. Технологичность и практическая применимость ПД;
5. Срок окупаемости капитальных вложений;
6. Сложность и уникальность проекта;
7. Комплектность ПД;
8. Удовлетворение потребностей пользователей;
9. Соответствие требованиям технического задания заказчика;
10. Уровень информационной модели (визуальный контроль, целостность модели, пересечения, детализация).

Для проведения ранжирования показателей оценки ПД было рассчитано количество экспертов, для этого применена зависимость между наличием оцениваемых элементов по упрощённой формуле (1) [5]:

$$m = \sqrt{n}, \tag{1}$$

где n – количество показателей оценки ПД.

В результате расчётов количество экспертов для проведения исследования составило 4 человека. С учётом того, что выбран вид опроса интервьюирование, а также применена не самая точная формула определения количества экспертов, авторами статьи принято решение увеличить количество экспертов до 8 человек.

Итоги опросов экспертов приведены в сводной матрице рангов (таблица 1). Оценка показателей от 1 до 10, от более важных показателей до наименее важных.

$$d = \sum x_{ij} - \frac{\sum \sum x_{ij}}{n} = \sum x_{ij} - 44. \tag{2}$$

Проверка правильности составления матрицы на основе исчисления контрольной суммы:

$$\sum x_{ij} = \frac{(1+n)n}{2} = \frac{(1+10)10}{2} = 55. \tag{3}$$

Контрольная сумма и суммы значений по столбцам матрицы равны между собой, что говорит о правильно составленной матрице.

Ранжирование показателей оценки ПД по результатам опроса экспертов показано на рисунке 3.

Произведена оценка средней степени согласованности мнений экспертов с помощью коэффициента конкордации:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}. \tag{4}$$

При S = 4600, n = 10, m = 8 – W = 0,871, это говорит о наличии высокой степени согласованности мнений экспертов.

Для оценки значимости коэффициента конкордации определён критерий согласования Пирсона:

$$x^2 = \frac{12S}{mn(n+1)} = n(m-1)W. \tag{5}$$

Вычисленный критерий Пирсона сравним с табличным значением для числа степеней свободы K = (n-1) = 9 и при заданном уровне значимости α = 0,05.

Так как x<sup>2</sup> расчётный 62,73 ≥ табличного (16,91898), то W = 0,871 – величина не случайная, а потому полученные результаты имеют смысл и могут использоваться в дальнейших исследованиях.

С помощью полученной суммы рангов вычисляем показатели весомости рассмотренных параметров. Матрицу опроса преобразуем в матрицу преобразованных рангов (таблица 2) по формуле:

$$S_{ij} = X_{max} - X_{ij}, \tag{6}$$

где X<sub>max</sub> = 10.

Наибольший вес, по мнению экспертов, имеют факторы 1, 2, 8 и 9.

**Обсуждение**

Существует большое количество определений показателей оценки качества ПД.

В данном случае хотелось бы определить качество ПД следующими стандартными признаками: качество направлено на достижение каких-либо результатов, которые будут достигаться посредством выполнения взаимосвязанных, выполняемых в определённом порядке действий, при этом ПД всегда наделена определёнными свойствами и признаками [6], предложенными проектированием и отражёнными проектной деятельностью.

Результат анализа нормативно-технической документации в области проектирования с применением ТИМ

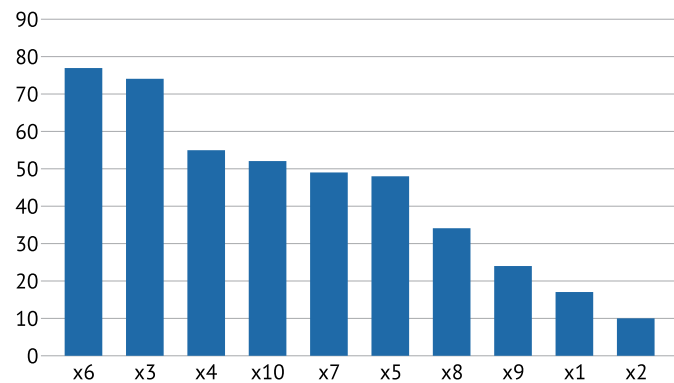


Рис. 3. Ранжирование показателей  
Fig. 3. Ranking of indicators

наглядно показывает, что на данный момент уделяется большое внимание созданию инструментов и методов проектирования с помощью ТИМ. При этом активно проходит внедрение ИИ во все области деятельности человека, проектная и строительная отрасль не является исключением [7].

Оценка ПД здания, сооружения может выполняться различными методами или совокупностью методов, в зависимости от характеристик и требований участников строительства [8]:

1. Метод экономической эффективности: анализ ожидаемых экономических выгод проекта. Расчёты проводятся на основе ожидаемых доходов, затрат и рентабельности. Исследовательские данные и финансовый анализ могут быть использованы для определения оптимального масштаба проекта.
2. Метод сетевого анализа: анализ взаимосвязей и зависимостей между различными компонентами проекта. Он включает анализ потоков материалов, энергии, информации и других ресурсов внутри проекта. Сетевые диаграммы, такие как диаграмма Ганта или диаграмма Перта, могут быть использованы для определения оптимального масштаба проекта, учитывая последовательность и продолжительность задач.
3. Метод технической возможности: техническая оценка возможностей и ограничений проекта. Он включает анализ технической инфраструктуры, доступных ресурсов (топлива, воды и т. д.) и технологий. Расчёты проводятся для определения оптимального размера и ёмкости проекта, учитывая технические требования и ограничения.
4. Метод экологической устойчивости: анализ экологических последствий проекта и его воздействия на окружающую среду. Расчёты проводятся для определения масштаба проекта, который обеспечит минимальное воздействие на окружающую среду и будет соответствовать стандартам экологической безопасности.

Следует отметить, что:

1. Оценка проектной документации, разработанной с помощью ТИМ, является важным этапом в процессе управления проектом и обеспечения надёжности и безопасности строительных объектов, помогает выявлять и устранять возможные ошибки и недочёты, управлять проектом.

2. Для автоматизации процессов оценки качества документации может использоваться искусственный интеллект (ИИ), который способен анализировать документацию на предмет соответствия требованиям, предлагать рекомендации для улучшения ПД, ускорять процесс оценки документации и сокращать затраты на её проведение.
3. Для использования ИИ с целью оценки необходима разработка алгоритмов и программного обеспечения. Результаты оценки, полученные при помощи ИИ, должны быть проверены человеком для подтверждения точности и надёжности.

Рассмотрим основные из предлагаемых показателей.

**Выполнение требований нормативно-технической документации** подразумевает под собой оценку на соответствие действующим на момент подготовки проектной документации федеральным законам (ФЗ), постановлениям Правительства РФ (ПП), строительным нормам и правилам (СНиП), сводам правил (СП), территориальным строительным нормам (ТСН, МГСН), государственным стандартам (ГОСТ), методическим рекомендациям.

**Стоимость проектирования** – затраты проектных организаций на подготовку и выпуск проектной документации – включает в себя заработную плату сотрудников, амортизационные отчисления, расходы на подготовку и переподготовку кадров, рекламу, материалы и оборудование, программное обеспечение и т. д.

**Технологичность и практическая применимость ПД** – важный показатель, учитывающий технологичность возведения и способность проектных решений быть реализуемыми с высокой долей вероятности.

**Срок окупаемости капитальных вложений** представляет собой отрезок времени, требующийся для того, чтобы объём вложенных средств окупил себя. Рассчитывается как отношение объёма вложений к чистой прибыли.

**Сложность и уникальность проекта** – это характеристики проекта. По степени сложности проекты можно классифицировать как простые, средней сложности, технически сложные, уникальные.

**Комплектность ПД** заключается в необходимости учёта различных аспектов, которые оказывают влияние на выполнение и успешность проекта, таких как наличие согласований и утверждений, наличие ссылок на материалы и изделия, наличие предельных значений контролируемых по указанному перечню параметров, допускаемых

№ пп. / Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	Σ	Вес λ
1	9	8	9	8	8	7	8	6	63	0,175
2	8	9	8	9	9	9	9	9	70	0,1944
3	0	1	1	1	0	1	1	1	6	0,01667
4	1	4	3	5	3	2	4	3	25	0,06944
5	5	2	2	4	4	3	5	7	32	0,08889
6	2	0	0	0	1	0	0	0	3	0,00833
7	7	3	5	2	2	5	3	4	31	0,08611
8	4	6	7	6	6	6	6	5	46	0,1278
9	6	7	6	7	7	8	7	8	56	0,1556
10	3	5	4	3	5	4	2	2	28	0,07778
Итого									360	1

Табл. 2. Матрица преобразованных рангов  
Tab. 2. Matrix of transformed ranks

уровней несоответствия по каждому из них и т. д. Эти аспекты могут быть связаны с техническими, экономическими, организационными, экологическими и другими факторами.

Для ПД, разработанной с помощью ТИМ, требуется количественная оценка информационного наполнения комплектов проектной документации с помощью синтеза проектной документации [9].

#### Заключение

Жизненный цикл объекта капитального строительства начинается с анализа исходных данных и концептуальной проработки будущего объекта и заканчивается выводом объекта из эксплуатации.

Отсутствие актуальной и правильной цифровой модели здания наносит ущерб заказчику, потому что все вло-

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верстина, Н. Г. Внедрение инновационных технологий на предприятиях инвестиционно-строительной сферы: проблемы и определяющие факторы / Н. Г. Верстина, Т. Н. Кисель, К. Ю. Кулаков. – DOI 10.26425/2658-3445-2022-5-1-4-13 // E-Management. – 2022. – Т. 5, № 1. – С. 4–13.
2. Положение об оценке качества проектно-сметной документации для строительства Госстроя СССР : утверждено Государственным комитетом СССР по делам строительства и Государственным комитетом СССР по науке и технике 6 июня 1985 г. № 28-Д (Не действует территории Российской Федерации на основании приказа Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 29 апреля 2020 года № 242/пр) / Госстрой СССР. – Москва, 1985.
3. Сычёва, И. В. Использование информационного моделирования как инструмента снижения себестоимости строительства / И. В. Сычёва, Т. С. Леонтьева, Д. Д. Воронцов // Вестник Института экономических исследований. – 2022. – № 2 (26). – С. 85–91.
4. Оценка влияния внедрения технологий информационного моделирования на стоимость проектных работ / Е. А. Киль, А. Г. Филиппов, Н. И. Татаринцев [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2022. – № 10. – С. 220–222.
5. Рупосов, В. Л. Методы определения количества экспертов / В. Л. Рупосов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 3 (98). – С. 286–292.

#### REFERENCES

1. Verstina, N. G. Vnedrenie innovatsionnykh tekhnologiy na predpriyatiyakh investitsionno-stroitel'noy sfery: problemy i opredelyayushhie faktory [Introduction of innovative technologies at enterprises in the investment and construction sector: problems and determining factors] / N. G. Verstina, T. N. Kisel, K. Yu. Kulakov. – DOI 10.26425/2658-3445-2022-5-1-4-13 // E-Management. – 2022. – Vol. 5, No. 1. – Pp. 4–13.
2. Polozhenie ob otsenke kachestva projektno-smetnoy dokumentatsii dlya stroitel'stva Gosstroya SSSR [Regulation on the assessment of the quality of design estimates for the construction of the USSR State Construction] : utverzhdeno Gosudarstvennym komitetom SSSR po delam stroitel'stva i Gosudarstvennym komitetom SSSR po nauke i tekhnike 6 iyunya 1985 g. № 28-D [approved by the USSR State Committee for Construction and the USSR State Committee for Science and Technology on June 6, 1985 No. 28-D] (Ne dejstvuet territorii Rossijskoj Federatsii na osnovanii prikaza Ministerstva stroitel'stva i zhilishhno-kommunal'nogo khozyajstva Rossijskoj Federatsii ot 29 aprelya 2020 goda N 242/pr) [(Not valid in the territory of the Russian Federation on the basis of an order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation dated April 29, 2020 year N 242/pr) / Gosstroj SSSR [Gosstroy of the USSR]. – Mos-

женные средства на создание проектного продукта могут быть ещё эффективнее использованы на этапе эксплуатации. Если информационная модель была создана и её проверили, то потом ею должны пользоваться. Поэтому наравне с разработкой требований и программного обеспечения для создания цифровых моделей и проектной документации важную роль играет методика оценки ПД, разработанной с помощью ТИМ [10; 11].

Оценка ПД позволяет контролировать соответствие строительства установленным стандартам, обеспечивая высокую надёжность и безопасность объекта, способствует выявлению потенциальных рисков и разработке стратегий управления ими, позволяет контролировать расходы, предотвращать перерасход и обеспечивать эффективное использование ресурсов.

6. Кабанов, В. Н. Интегральная оценка качества строительной организации / В. Н. Кабанов, С. Дж. Аль-Рубайе // Строительное производство. – 2022. – № 1. – С. 37–43.
7. Теличенко, В. И. Анализ и синтез образов экологически ориентированных инновационных технологий строительного производства / В. И. Теличенко, А. А. Лапидус, М. Ю. Слесарев. – DOI 10.22227/1997-0935.2023.8.1298-1305 // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18, № 8. – С. 1298–1305.
8. Чулков, В. О. Локальные модели оценки надёжности и качества деятельности в строительстве / В. О. Чулков, С. В. Мареев, Д. Ю. Короткое // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – № 10. – С. 45.
9. Полищук, Ю. В. Методика количественной оценки информационного наполнения документов комплекта проектной документации / Ю. В. Полищук, Т. А. Черных // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – № 9 (115). – С. 136–141.
10. Chahal, K. S. Quality control and quality assurance in design and construction / K. S. Chahal, P. Emerson // Journal of the institution of engineers (India): Architectural engineering division. – 2007. – Vol. 88, No. 29. – Pp. 16–20.
11. Candir, E. Exploring quality issues in building information models via structural design reviews / E. Candir, G. Atasoy. – DOI 10.1088/1755-1315/1101/9/092011 // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – Vol. 1101, No. 9. – Art. 092011.

cow, 1985.

3. Sychyova, I. V. Ispol'zovanie informatsionnogo modelirovaniya kak instrumenta snizheniya sebestoimosti stroitel'stva [Using information modeling as a tool to reduce construction costs] / I. V. Sychyova, T. S. Leontieva, D. D. Vorontsov // Vestnik Instituta ehkonomicheskikh issledovanij [Bulletin of the Institute of Economic Research]. – 2022. – No. 2 (26). – Pp. 85–91.
4. Otsenka vliyaniya vnedreniya tekhnologiy informatsionnogo modelirovaniya na stoimost projektnykh rabot [Assessing the impact of introducing information modeling technologies on the cost of design work] / E. A. Kil, A. G. Filippov, N. I. Tatarintsev [et al.] // Innovacii i investicii [Innovation and investment]. – 2022. – No. 10. – Pp. 220–222.
5. Ruposov, V. L. Metody opredeleniya kolichestva ehkspertov [Methods for determining the number of experts] / V. L. Ruposov // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of Irkutsk State Technical University]. – 2015. – No. 3 (98). – Pp. 286–292.
6. Kabanov, V. N. Integral'naya otsenka kachestva stroitel'noy organizatsii [Integral assessment of the quality of a construction organization] / V. N. Kabanov, S. J. Al-Rubaye // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2022. – No. 1. – Pp. 37–43.
7. Telichenko, V. I. Analiz i sintez obrazov ehkologicheski ori-



- entirovannykh innovatsionnykh tekhnologij stroitel'nogo proizvodstva [Analysis and synthesis of images of environmentally oriented innovative technologies of construction production] V. I. Telichenko, A. A. Lapidus, M. Y. Slesarev. – DOI 10.22227/1997-0935.2023.8.1298-1305 // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2023. – Vol. 18, No. 8. – Pp. 1298–1305.
8. Chulkov, V. O. Lokal'nye modeli otsenki nadezhnosti i kachestva deyatelnosti v stroitel'stve [Local models for assessing the reliability and quality of construction activities] / V. O. Chulkov, S. V. Mareev, D. Yu. Korotkoe // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2008. – No. 10. – P. 45.
9. Polishchuk, Yu. V. Metodika kolichestvennoj otsenki informatsionnogo napolneniya dokumentov kompleksa proektnoj dokumentatsii [The methodology of quantitative assessment

of the information content of the documents of the set of project documentation] / Yu. V. Polishchuk, T. A. Chernyh // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Orenburg State University]. – 2010. – No. 9 (115). – Pp. 136–141.

10. Chahal, K. S. Quality control and quality assurance in design and construction / K. S. Chahal, P. Emerson // Journal of the institution of engineers (India): Architectural engineering division. – 2007. – Vol. 88, No. 29. – Pp. 16–20.
11. Candir, E. Exploring quality issues in building information models via structural design reviews / E. Candir, G. Atasoy. – DOI 10.1088/1755-1315/1101/9/092011 // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – Vol. 1101, No. 9. – Art. 092011.

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_94

## Оценка влияния степени механизации на трудоёмкость работ по капитальному ремонту в России и Испании

Assessment of the Influence of the Degree of Mechanization on the Labor Intensity of Major Repairs in Russia and Spain

### Фатуллаев Рустам Сейфуллаевич

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технологии и организация строительного производства», старший 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, FatullaevRS@mgsu.ru

### Fatullaev Rustam Seifullayevich

Candidate of Engineering Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, 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, FatullaevRS@mgsu.ru

### Боровкова Анастасия Евгеньевна

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

### Borovkova Anastasia Evgenievna

Postgraduate student of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, anastasik24@mail.ru

### Седов Дмитрий Сергеевич

Магистр кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, 9427744@mail.ru

### Sedov Dmitry Sergeevich

Master student of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, 9427744@mail.ru

**Аннотация.** Повышение производительности труда является ключевой задачей, решение которой лежит в основе формирования строительных бизнес-процессов. Руководители строительных компаний и строительного комплекса каждого государства, стремясь к оптимизации затрат, уделяют особое внимание механизации процессов и снижению ручного труда. Все исследования, связанные с производительностью труда, являются актуальной задачей для компаний и государства в целом.

Для анализа показателей эффективности производительности труда при капитальном ремонте были проанализированы данные о нормативной трудоёмкости России и Испании в части доли механизированного и ручного труда при капитальном ремонте на один рабочий час времени. В данной работе

рассмотрены трудозатраты на основные виды частично механизированных и немеханизированных работ, проведён сравнительный анализ фактических и нормативных показателей производительности труда, выполняемых в рамках капитального ремонта в России и Испании.

По результатам анализа было выдвинуто предположение о возможности выявления устойчивых связей в результате группирования технологических процессов по различным параметрам, что, в свою очередь, позволит выявить наличие и уровни влияния предполагаемых факторов на изменение производительности для разных стран.

Показано, что производительность труда больше в Испании, чем в России, как в целом, так и по отдельным видам работ. Если по таким видам работ, как разборка покрытий кровель,

разборка бетонных оснований, в России и Испании разница между трудозатратами в пределах погрешности, то по такому виду работ, как устройство стяжек, в Испании трудозатраты больше на 40 %, чем в России.

**Abstract.** Increasing labor productivity is a key task, the solution of which underlies the formation of construction business processes. Heads of construction companies and the construction complex of each state, striving to optimize costs, pay special attention to the mechanization of processes and the reduction of manual labor. All research related to labor productivity is an urgent task for companies and the state as a whole

To analyze the efficiency indicators of labor productivity during major repairs, data on the standard labor intensity of Russia and Spain were analyzed in terms of the share of mechanized and manual labor during major repairs per working hour. This paper examines labor costs for the main types of mechanized (partially mechanized) and non-mechanized work (manual labor) performed as part of major repairs in Russia and Spain. Also, this work provides a comparative analysis of actual and standard indicators of productivity of mechanized and manual labor in Russia and Spain.

Based on the results of this analysis, it was established: the

### Введение

Зафиксированный в 2022 году прирост производительности труда в сельском хозяйстве, энергетической отрасли и в строительстве не компенсировал общую картину снижения производительности труда в России, сократившуюся в этом периоде на 3,6 % [1].

Согласно различным оценкам и статистическим данным, прирост производительности труда строительной сферы России составил 1,8 %, что крайне мало для стабильного развития строительного комплекса страны. Вице-премьер РФ Марат Хуснуллин прогнозирует увеличение ввода жилья до 120 квадратных метров в год к 2030 году, отмечая при этом дефицит рабочих кадров более чем в 400 тыс. человек [2]. С целью компенсации нехватки рабочей силы на стройках РФ, как отмечает вице-премьер, необходимо руководителям на всех уровнях приложить максимум усилий для повышения производительности труда в строительстве. Поскольку в РФ постоянно фиксируется минимальный уровень безработицы и, как следствие, нехватка рабочей силы на стройках, только повышение производительности труда и совершенствование его применения смогут компенсировать этот дефицит.

Для проведения сравнительного анализа была выбрана Испания, так как она является членом Европейского союза (ЕС).

Главной целью настоящего исследования стал детальный анализ трудоёмкости работ в рамках капитального ремонта в России и Испании с целью выявления взаимосвязей на примере этих стран в части отдельных видов работ [3; 4].

В соответствии с целью исследования поставлены следующие задачи:

- выделить отдельные виды наиболее трудозатратных работ на основании статьи «Сравнительный анализ нормативной трудоёмкости работ по капитальному ремонту в России и за рубежом»;
- проанализировать наиболее трудозатратные виды работ;

**Keywords:** производительность труда, затраты труда, механизация труда, технологические процессы, заимствование строительных норм, нормативная трудоёмкость, капитальный ремонт.

results considered suggested the possibility of identifying stable relationships as a result of grouping technological processes according to various parameters, which in turn will reveal the presence and levels of influence of the expected factors on changes in productivity for different countries.

A high correlation between labor productivity in Spain and Russia has been established. It is shown that productivity is higher in Spain than in Russia, both in general and for certain types of work. If for such types of work as dismantling roof coverings, dismantling concrete foundations in Russia and Spain, the difference between labor costs is within the margin of error, then for such types of work as installing screeds in Spain, labor costs are 40 % more than in Russia.

**Keywords:** labor productivity, labor costs, labor mechanization, technological processes, borrowing of construction norms, normative labor intensity, major repairs.

- осуществить сравнительный анализ показателей производительности труда в части капитального ремонта с применением частично механизированных и немеханизированных работ на предмет устойчивых взаимосвязей;
- провести обработку полученных данных, их сравнительный анализ, а также сопоставить полученные результаты.

### Материалы и методы

Производительность труда определяется количеством продукции, вырабатываемой в единицу времени, или количеством рабочего времени, затрачиваемого на единицу продукции [5]. Уровень производительности труда в строительной организации определяется следующими основными показателями: трудоёмкость, выработка [6].

Для оценки уровня производительности труда в зарубежной статистике используют два показателя: ВВП на количество отработанных часов и ВВП на количество занятых [7–9].

Согласно определению, данного в Большой советской энциклопедии, «механизация – это замена ручных средств труда машинами, механизмами и аппаратами. Основные цели механизации – повышение производительности труда и освобождение человека от выполнения тяжёлых, трудоёмких и утомительных операций». Исходя из данного определения, производительность труда напрямую зависит от степени механизации процесса, при применении механизированных методов на единицу продукта затрачивается меньше рабочего времени, это ведёт к снижению стоимости конечного продукта и повышению экономической эффективности [10].

Механизированный труд существенно повышает производительность труда, компании всех стран мира стремятся к его максимально широкому применению во всех отраслях и сферах, в том числе в строительной отрасли [11]. В данной работе будет рассмотрен и проведён сравнительный анализ затрат труда, выполняемых немеханизированным и частично механизированным методом, в России и Испании.

Вид работ	Наименование технологического процесса	Нормативный документ	Трудозатраты (чел.-ч)
Частично механизированные работы	Разборка покрытий кровель: из рулонных материалов 100 м <sup>2</sup>	ГЭСН 46-04-008-01	14,38
	Разборка бетонных оснований под полами: на гравии 1 м <sup>3</sup>	ГЭСН 46-04-009-01	7,7
	Разборка мелких покрытий и обделок из листовой стали: поясков, сандриков, желобов, отливов, свесов и т. п. 100 м	ГЭСНр 58-01-003-01	9,1
	Устройство стяжек: цементных толщиной 20 мм 100 м <sup>2</sup>	ГЭСН 11-01-011-01	35,6
Немеханизированные работы	Устройство кровель плоских из наплавляемых материалов: в два слоя 100 м <sup>2</sup> кровли	ГЭСН 12-01-002-09	14,36
	Смена обделок из листовой стали: поясков, сандриков, отливов, карнизов шириной до 0,4 м 100 м	ГЭСНр 58-01-020-01	41,41
	Устройство покрытий на цементном растворе из плиток: ковровых керамических толщиной 4–6 мм 100 м <sup>2</sup>	ГЭСН 11-01-027-04	88,37
	Окраска поливинилацетатными водоземлюсионными составами улучшенная: по сборным конструкциям стен, подготовленным под окраску, 100 м <sup>2</sup>	ГЭСН 15-04-005-05	23,1
	Штукатурка поверхностей внутри здания известковым раствором улучшенная: по камню и бетону стен	ГЭСН 15-02-015-05	64
	Покрытие поверхностей грунтовкой глубокого проникновения: за 1 раз потолков	ГЭСН 15-04-006-01	5,68

Табл. 1. Затраты рабочих-строителей при отдельных технологических процессах капитального ремонта в России  
Tab. 1. Costs of construction workers during certain technological processes of major repairs in Russia

Уровень производительности труда в строительстве в России и за рубежом регламентируется различной нормативной документацией, а также базируется на экономических принципах и подходах, на которых основана экономика конкретной страны. Как и во всех европейских странах, в Испании разработаны и успешно применяются европейские (EN) и международные (ISO) стандарты. Производительность труда специалистов, а также затраты на все виды работ и их выработка регламентированы Национальными стандартами Испании UNE EN (National, European and international standards) и ICO (Initial Coin Offering). Данные стандарты разрабатываются и формируются Испанской организацией стандартизации (The Spanish Association for Standardization) и основываются на ресурсном методе, а также на BEDEC. При этом строительные компании, выполняющие работы, обязаны строго соблюдать Технический кодекс строительства – Código Técnico de la Edificación (CTE), который кроме технологических принципов ведения работ формирует их стоимость. При выявлении нарушений Технического кодекса строительства строительным организациям грозят колоссальные штрафы.

В России формирование стоимости строительных работ рассчитывается согласно Единым нормам и расценкам на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы (ЕНИР) и их актуализированным аналогам. При расчёте производительности труда используются: Государственные элементные сметные нормы (ГЭСН), Федеральные единичные расценки (ФЕР), Территориальные единичные расценки (ТЕР).

#### Результаты

В процессе анализа документации, содержащей информацию о нормативной трудоёмкости работ, были выбраны наиболее распространённые и востребованные (вне зависимости от государства) различные работы по капитальному ремонту [12]. Затраты труда рабочих-строителей по данным видам работ в России приведены в таблице 1, а затраты труда рабочих-строителей по аналогичным работам в Испании – в таблице 2 [13].

В строительном производстве на всех этапах капитального ремонта применяются как немеханизированные методы, так и частично механизированные виды работ.

В таблицах 1–2 систематизированы и сведены выбранные виды работ с указанием их единичной расценки в России, согласно требованиям, принятым в нормативных документах.

Наиболее трудозатратными работами, выполняемыми в России преимущественно немеханизированными способами, являются устройство улучшенной штукатурки и устройство покрытий на цементном растворе.

В Испании, как в других европейских странах, расчёт стоимости работ производится ресурсно-индексным методом, регулируемым UNE EN. Единичная расценка строительно-монтажных работ, выполняемых в рамках капитального ремонта, представлена в таблице 2.

Аналогично России, в Испании преимущественно немеханизированными способом выполняют работы по устройству улучшенного оштукатуривания и укладке напольной керамической плитки на клеевые растворы.

Для оценки наличия устойчивой взаимосвязи между показателями трудоёмкости в РФ и Испании был выбран метод парной регрессии. Этот метод применяют для наглядного изображения формы связи между изучаемыми показателями. В случае, если в результате применения метода парной регрессии будут выявлены устойчивые тесные взаимосвязи, можно будет говорить о наличии конкретных факторов, которые оказывают влияние на изменение трудоёмкости. При отсутствии таких связей можно будет сделать вывод о том, что выявленные ранее отклонения имеют случайный характер.

Для упрощения и большей наглядности получаемых в процессе построения регрессии результатов немеханизированные и частично механизированные виды строительных работ будут разделены по степени их механизации, выделенной в таблицах 1 и 2.

Уравнение парной регрессии, выстраиваемое с использованием графического метода, применяют для наглядного изображения формы связи между изучаемыми показателями. Для этого в прямоугольной системе

Вид работ	Наименование технологического процесса	Нормативный документ	Трудозатраты (чел.-ч)
Частично механизированные работы	1. Демонтаж кровельных покрытий и рулонных материалов		16,9
	2. Разборка бетонных оснований под полами на гравии	UNE-EN 1504 – II	10,73
	3. Демонтаж небольших покрытий и подкладок из листовой стали: поясков, песчаных камней, желобов, отливов, выступов и т. д.		9,1
	4. Устройство стяжек из цемента толщиной 20 мм	UNE-EN 1504 – II	67,0
Немеханизированные работы	5. Устройство кровель плоских из наплавляемых материалов: в два слоя		40,1
	6. Устройство облицовки из листовой стали шириной до 0,5 м		12,0
	7. Устройство полов из керамических крупноразмерных плиток типа керамогранит на клею из сухих смесей толщиной слоя 4 мм с затиркой швов		85,43
	8. Улучшенная окраска поливинилацетатными водоземлюсионными составами стен по сборным конструкциям, подготовленным под окраску		22,6
	9. Улучшенное оштукатуривание стен бетона внутри зданий		112,1
	10. Обработка поверхностей потолков грунтовкой глубокого проникновения внутри помещения		25,7

Табл. 2. Затраты рабочих-строителей при отдельных технологических процессах капитального ремонта в Испании  
Tab. 2. Costs of construction workers during certain technological processes of capital repairs in Spain

координат строят график, по оси ординат откладывают индивидуальные значения результирующего признака  $Y$ , а по оси абсцисс – индивидуальные значения факторного признака  $X$ . Объединение эффективных и факторных признаков образует поле корреляции.

Расчёт параметров регрессии немеханизированного труда во время выполнения капитального ремонта представлен в таблице 3.

Для полученных данных система уравнений выглядит следующим образом:

$$6 \times a + 252 b = 298, \quad (1)$$

$$252 \times a + 15953 \times b = 17735. \quad (2)$$

Уравнение регрессии выглядит следующим образом:

$$y = 0,971 \times x + 15953 \times b = 17735. \quad (3)$$

Коэффициент тесноты связи:

$$r_{xy} = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{S(x) \cdot S(y)} = \frac{1140,663 - 27,167 \cdot 27,445}{20,428 \cdot 19,409} = 0,796. \quad (4)$$

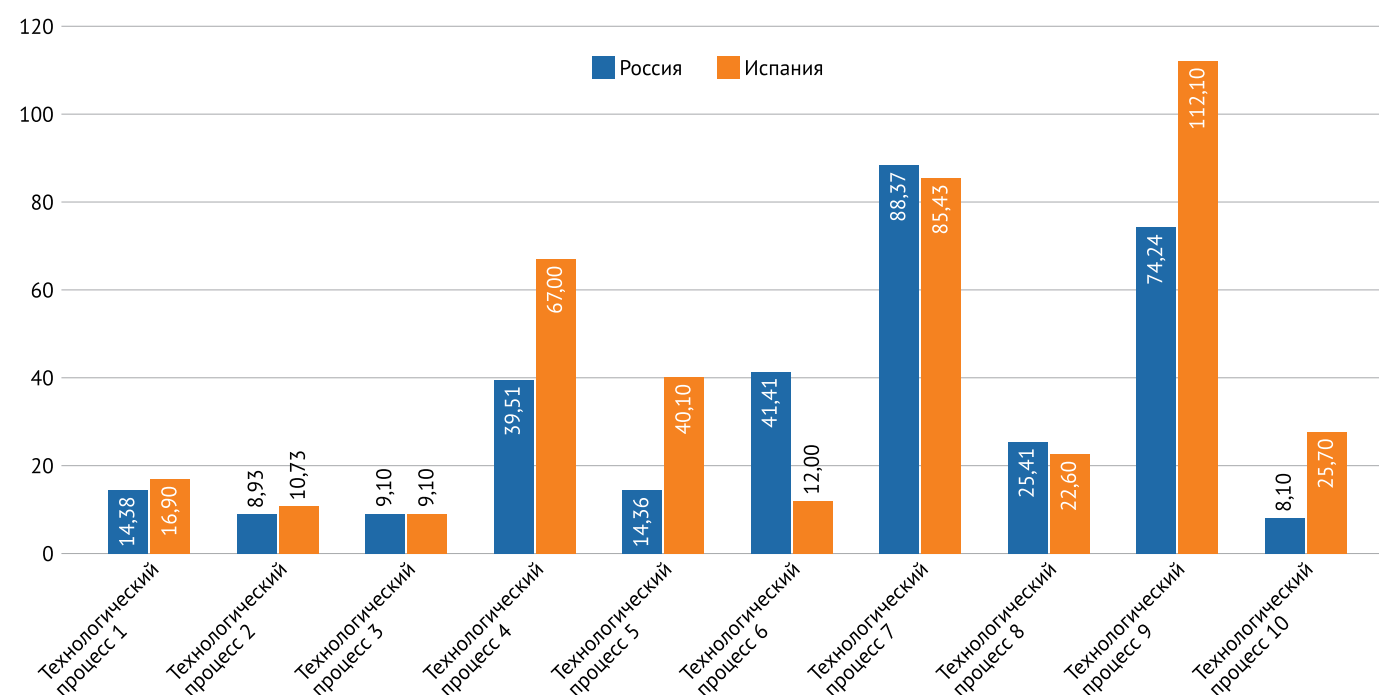


Рис. 1. Связь между Россией и Испанией  
Fig. 1. Communication between Russia and Spain



x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x * y
14,36	40,1	206,2096	1608,01	575,836
41,41	12	1714,7881	144	496,92
88,37	85,43	7809,2569	7298,2849	7549,4491
25,41	22,6	645,6681	510,76	574,266
74,24	112,21	5511,5776	12591,0841	8330,4704
8,10	25,7	65,61	660,49	208,17
251,89	298,04	15953,1103	22812,629	17735,1115

**Табл. 3.** Расчёт параметров регрессии немеханизированного труда

**Tab. 3.** Calculation of regression parameters for non-mechanized labor

$$y = 71,92 \times a + 1930 \times b = 3068,821. \quad (7)$$

Производим расчёт коэффициента корреляции для определения степени взаимосвязи.

$$r_{xy} = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{S(x) \cdot S(y)} = \frac{1140,663 - 27,167 \cdot 27,445}{20,428 \cdot 19,409} = 0,998. \quad (8)$$

В данном случае существует сильная и прямая связь между признаком Y и фактором X.

Форма линейного уравнения регрессии выражена следующим образом:

$$y = 1,899 \times x + 8,031. \quad (9)$$

По итогам расчётов установлен линейный коэффициент корреляции, равный 0,998, что означает высокую связь производительности труда России и Испании, при этом увеличение X на 1 ед. изм. приводит к увеличению Y в среднем на 1,157 ед. изм. Поэтому возможно проводить сравнительный анализ частично механизированных работ и немеханизированных работ между собой. Анализ показал, что трудоёмкость работ Испании больше, чем в России.

На основании экономической интерпретации параметров полученных моделей видно, что прирост производительности при проведении механизированных работ существенно выше, чем при проведении немеханизированных работ: 54 % и 16 % соответственно.

Как показал анализ затрат на некоторые виды капитального ремонта в России и в Испании и их трудо-

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Производительность труда в регионах Российской Федерации: сущность, факторы и резервы роста / Н. В. Трофимова, Э. Р. Мамлеева, М. Ю. Сазыкина, Г. Ф. Шайхутдинова. – DOI 10.17122/2541-8904-2022-2-40-111-121 // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – 2022. – № 2 (40). – С. 111–121.
2. Сравнительный анализ нормативной трудоёмкости работ по капитальному ремонту в России и за рубежом / Р. С. Фатуллаев, Л. И. Ледовских, А. Е. Боровкова, Д. С. Седов. – DOI 10.54950/26585340\_2023\_4\_169 // Строительное производство. – 2023. – № 4. – С. 169–175.
3. Мищенко, В. Я. Зарубежный и российский опыт проведения капитального ремонта жилищного фонда с учётом энергоэффективных мероприятий / В. Я. Мищенко, Е. П. Горбанева, К. С. Севрюкова. – DOI 10.25987/VSTU.2020.57.1.006 // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2020. – № 1 (67). – С. 62–73.
4. Fatullaev, R. S. Influence degree of constrained conditions

x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x * y
14,38	16,9	206,7844	285,61	243,022
8,93	10,73	79,7449	115,1329	95,8189
9,1	9,1	82,81	82,81	82,81
39,51	67	1561,0401	4489	2647,17
71,92	103,73	1930,3794	4972,5529	3068,8209

**Табл. 4.** Расчёт параметров регрессии механизированного труда

**Tab. 4.** Calculation of regression parameters for mechanized labor

ёмкости, наиболее трудозатратными видами работ, выполняемыми преимущественно немеханизированными способами, являются устройство улучшенной штукатурки и устройство напольных покрытий из керамической плитки. При этом развитие современных средств малой механизации позволяет выполнять эти работы частично механизированным способом, что в результате может снизить фактические трудозатраты до 30 % на данных видах работ. Отдельно необходимо отметить, что в Испании механизация труда распространена больше, чем в РФ. Для снижения трудоёмкости в РФ необходимо добавлять больше механического труда в работы, связанные с нанесением штукатурных слоёв и подготовкой поверхности в части нанесения клеевых составов перед укладкой напольных покрытий.

#### Заключение

Как ранее было установлено, среднее отклонение затрат труда в России по сравнению с Испанией составляет всего 3 %, что свидетельствовало об определённых факторах, наличие которых может оказывать влияние на разницу в трудоёмкостях.

Проведённое же исследование позволило произвести оценку прироста производительности испанской нормативной трудоёмкости относительно российских показателей за счёт сегрегации данных по степени механизации.

Полученные данные доказывают гипотезу о том, что степень механизации является ключевым фактором, обуславливающим разницу в нормативных показателях производительности двух стран.

on overhaul of apartment buildings / R. S. Fatullaev. – DOI 10.1051/e3sconf/201913503029 // E3S Web of Conferences : Innovative Technologies in Environmental Science and Education. – 2019. – Vol. 135. – Art. 03029.

5. Красновский, Б. М. Организационно-технологический потенциал решений строительного объекта – инструмент повышения эффективности организации строительства / Б. М. Красновский. – DOI 10.54950/26585340\_2020\_2\_140 // Строительное производство. – 2020. – № 2. – С. 140–143.
6. Skibniewski, M. J. Technology development in construction: a continuum from distant past into the future / M. J. Skibniewski, E. K. Zavadskas. – DOI 10.3846/13923730.2012.756060 // Journal of Civil Engineering and Management. – 2013. – Vol. 19, Iss. 1. – Pp. 136–147.
7. Tamošaitienė, J. Complex assessment of structural systems used for high-rise buildings / J. Tamošaitienė, E. Gaudutis. – DOI 10.3846/13923730.2013.772071 // Journal of Civil Engineering and Management. – 2013. – Vol. 19, Iss. 2. – Pp. 305–317.

8. Петросян, Р. С. Формирование организационно-технологического механизма повышения технологичности производства работ при капитальном ремонте зданий / Р. С. Петросян. – DOI 10.22227/2305-5502.2023.1.6 // Строительство: Наука и образование. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 84–97.
9. An integrated assessment of the municipal buildings' use including sustainability criteria / E. K. Zavadskas, Z. Turskis, J. Šliogerienė, T. Vilutienė. – DOI 10.1016/j.scs.2021.102708 // Sustainable Cities and Society. – 2021. – Vol. 67, Iss. 1. – Art. 102708.
10. Анализ трудоёмкости ремонтных работ в разных странах / Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина. – DOI 10.54950/26585340\_2022\_4\_86 // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86–90.
11. Анализ стоимости выполненных работ по капитальному ремонту общего имущества в многоквартирных жи-

#### REFERENCES

1. Proizvoditel'nost' truda v regionakh Rossijskoj Federatsii: sušhnost', faktory i rezervy rosta [Labor productivity in the regions of the Russian Federation: essence, factors and reserves of growth] / N. V. Trofimova, E. R. Mamleeva, M. Yu. Sazykina, G. F. Shaikhutdinova. – DOI 10.17122/2541-8904-2022-2-40-111-121 // Vestnik UGNTU. Nauka, obrazovanie, ehkonomika. Seriya: Ehkonomika [Bulletin of USPTU. Science, education, economics. Series: Economics]. – 2022. – No. 2 (40). – Pp. 111–121.
2. Sravnitel'nyj analiz normativnoj trudoyomkosti rabot po kapital'nomu remontu v Rossii i za rubezhom [Comparative analysis of the standard labor intensity of capital repairs in Russia and abroad] / R. S. Fatullaev, L. I. Ledovskikh, A. E. Borovkova, D. S. Sedov. – DOI 10.54950/26585340\_2023\_4\_169 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2023. – No. 4. – Pp. 169–175.
3. Mishchenko, V. Ya. Zarubezhnyj i rossijskij opyt provedeniya kapital'nogo remonta zhilishhnogo fonda s uchyotom ehnergoehffektivnykh meropriyatij [Foreign and Russian experience in carrying out capital repairs of housing stock taking into account energy efficient measures] V. Ya. Mishchenko, E. P. Gorbaneva, K. S. Sevryukova. – DOI 10.25987/VSTU.2020.57.1.006 // Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arkhitektury [Scientific Journal of Construction and Architecture]. – 2020. – No. 1 (67). – Pp. 62–73.
4. Fatullaev, R. S. Influence degree of constrained conditions on overhaul of apartment buildings / R. S. Fatullaev. – DOI 10.1051/e3sconf/201913503029 // E3S Web of Conferences : Innovative Technologies in Environmental Science and Education. – 2019. – Vol. 135. – Art. 03029.
5. Krasnovsky, B. M. Organizatsionno-tehnologicheskij potencial reshenij stroitel'nogo objekta – instrument povysheniya ehffektivnosti organizatsii stroitel'stva [Organizational and technological potential of solutions for a construction project – a tool for increasing the efficiency of construction organization] / B. M. Krasnovsky. – DOI 10.54950/26585340\_2020\_2\_140 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – No. 2. – Pp. 140–143.
6. Skibniewski, M. J. Technology development in construction: a continuum from distant past into the future / M. J. Skibniewski, E. K. Zavadskas. – DOI 10.3846/13923730.2012.756060 // Journal of Civil Engineering and Management. – 2013. – Vol. 19, Iss. 1. – Pp. 136–147.
7. Tamošaitienė, J. Complex assessment of structural systems used for high-rise buildings / J. Tamošaitienė, E. Gaudutis. – DOI 10.3846/13923730.2013.772071 // Journal of Civil Engineering and Management. – 2013. – Vol. 19, Iss. 2. – Pp. 305–317.
8. Petrosyan, R. S. Formirovanie organizatsionno-tehnologicheskogo mekhanizma povysheniya tekhnologichnosti proizvodstva rabot pri kapital'nom remonte zdaniy [Formation of an organizational and technological mechanism for increasing the manufacturability of work during major repairs of buildings] / R. S. Petrosyan. – DOI 10.22227/2305-5502.2023.1.6 // Stroitel'stvo: Nauka i obrazovanie [Construction: Science and Education]. – 2023. – Vol. 13, No. 1. – Pp. 84–97.
9. An integrated assessment of the municipal buildings' use including sustainability criteria / E. K. Zavadskas, Z. Turskis, J. Šliogerienė, T. Vilutienė. – DOI 10.1016/j.scs.2021.102708 // Sustainable Cities and Society. – 2021. – Vol. 67, Iss. 1. – Art. 102708.
10. Analiz trudoyomkosti remontnykh rabot v raznykh stranakh [Analysis of the labor intensity of repair work in different countries] / R. S. Fatullaev, T. H. Bidov, A. O. Khubayev, T. K. Kuzmina. – DOI 10.54950/26585340\_2022\_4\_86 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2022. – No. 4. – Pp. 86–90.
11. Analiz stoimosti vypolnennykh rabot po kapital'nomu remontu obshhego imushhestva v mnogokvartirnykh zhilykh domakh v sub'ektakh Rossijskoj Federatsii [Analysis of the cost of work performed on major repairs of common property in multi-apartment residential buildings in the constituent entities of the Russian Federation] / A. A. Lapidus, R. S. Fatullaev, T. H. Bidov, D. M. Nikolenko. – DOI 10.54950/26585340202323 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2023. – No. 2. – Pp. 3–7.
12. Analiz osnovnykh problem planirovaniya programm kapital'nogo remonta [Analysis of the main problems of planning capital repair programs] / A. Y. Kagazezhev, R. S. Fatullaev, A. O. Khubav, Ya. V. Shestikova // Perspektivy Nauki [Perspectives of Science]. – 2022. – № 12 (159). – Pp. 81–86. – URL: https://moofrnk.com/perspektivy-nauki/arhiv/vyipuski-za-2022-god/.
13. Fatullaev, R. S. Potrebitel'skoe kachestvo mnogokvartirnogo zhilogo doma kak parametr, vliyayushhij na sostav organizatsionno-tehnologicheskikh reshenij pri provedenii kapital'nogo remonta [Consumer quality of an apartment building as a parameter influencing the composition of organizational and technological solutions when carrying out

used for high-rise buildings / J. Tamošaitienė, E. Gaudutis. – DOI 10.3846/13923730.2013.772071 // Journal of Civil Engineering and Management. – 2013. – Vol. 19, Iss. 2. – Pp. 305–317.

8. Petrosyan, R. S. Formirovanie organizatsionno-tehnologicheskogo mekhanizma povysheniya tekhnologichnosti proizvodstva rabot pri kapital'nom remonte zdaniy [Formation of an organizational and technological mechanism for increasing the manufacturability of work during major repairs of buildings] / R. S. Petrosyan. – DOI 10.22227/2305-5502.2023.1.6 // Stroitel'stvo: Nauka i obrazovanie [Construction: Science and Education]. – 2023. – Vol. 13, No. 1. – Pp. 84–97.
9. An integrated assessment of the municipal buildings' use including sustainability criteria / E. K. Zavadskas, Z. Turskis, J. Šliogerienė, T. Vilutienė. – DOI 10.1016/j.scs.2021.102708 // Sustainable Cities and Society. – 2021. – Vol. 67, Iss. 1. – Art. 102708.
10. Analiz trudoyomkosti remontnykh rabot v raznykh stranakh [Analysis of the labor intensity of repair work in different countries] / R. S. Fatullaev, T. H. Bidov, A. O. Khubayev, T. K. Kuzmina. – DOI 10.54950/26585340\_2022\_4\_86 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2022. – No. 4. – Pp. 86–90.
11. Analiz stoimosti vypolnennykh rabot po kapital'nomu remontu obshhego imushhestva v mnogokvartirnykh жи-

used for high-rise buildings / J. Tamošaitienė, E. Gaudutis. – DOI 10.3846/13923730.2013.772071 // Journal of Civil Engineering and Management. – 2013. – Vol. 19, Iss. 2. – Pp. 305–317.

8. Petrosyan, R. S. Formirovanie organizatsionno-tehnologicheskogo mekhanizma povysheniya tekhnologichnosti proizvodstva rabot pri kapital'nom remonte zdaniy [Formation of an organizational and technological mechanism for increasing the manufacturability of work during major repairs of buildings] / R. S. Petrosyan. – DOI 10.22227/2305-5502.2023.1.6 // Stroitel'stvo: Nauka i obrazovanie [Construction: Science and Education]. – 2023. – Vol. 13, No. 1. – Pp. 84–97.
9. An integrated assessment of the municipal buildings' use including sustainability criteria / E. K. Zavadskas, Z. Turskis, J. Šliogerienė, T. Vilutienė. – DOI 10.1016/j.scs.2021.102708 // Sustainable Cities and Society. – 2021. – Vol. 67, Iss. 1. – Art. 102708.
10. Analiz trudoyomkosti remontnykh rabot v raznykh stranakh [Analysis of the labor intensity of repair work in different countries] / R. S. Fatullaev, T. H. Bidov, A. O. Khubayev, T. K. Kuzmina. – DOI 10.54950/26585340\_2022\_4\_86 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2022. – No. 4. – Pp. 86–90.
11. Analiz stoimosti vypolnennykh rabot po kapital'nomu remontu obshhego imushhestva v mnogokvartirnykh zhilykh domakh v sub'ektakh Rossijskoj Federatsii [Analysis of the cost of work performed on major repairs of common property in multi-apartment residential buildings in the constituent entities of the Russian Federation] / A. A. Lapidus, R. S. Fatullaev, T. H. Bidov, D. M. Nikolenko. – DOI 10.54950/26585340202323 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2023. – No. 2. – Pp. 3–7.
12. Analiz osnovnykh problem planirovaniya programm kapital'nogo remonta [Analysis of the main problems of planning capital repair programs] / A. Y. Kagazezhev, R. S. Fatullaev, A. O. Khubav, Ya. V. Shestikova // Perspektivy Nauki [Perspectives of Science]. – 2022. – № 12 (159). – Pp. 81–86. – URL: https://moofrnk.com/perspektivy-nauki/arhiv/vyipuski-za-2022-god/.
13. Fatullaev, R. S. Potrebitel'skoe kachestvo mnogokvartirnogo zhilogo doma kak parametr, vliyayushhij na sostav organizatsionno-tehnologicheskikh reshenij pri provedenii kapital'nogo remonta [Consumer quality of an apartment building as a parameter influencing the composition of organizational and technological solutions when carrying out

УДК 691.12

DOI: 10.54950/26585340\_2024\_2\_100

## Энергосберегающая технология производства конструкционно-теплоизоляционного арболита на основе биомассы для развивающихся стран (на примере Республики Чад)

Energy-Saving Technology for the Production of Structural and Thermal Insulating Wood Concrete Based on Biomass for Developing Countries (on the Example of the Republic of Chad)

### Лapidус Азарий Абрамович

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

Lapidus Azariy Abramovich

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

### Федосов Сергей Викторович

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, FedosovSV@mgsu.ru

Fedosov Sergei Viktorovich

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

### Булгаков Борис Игоревич

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Строительное материаловедение», Институт промышленного и гражданского строительства (ИПГС), ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, BulgakovBI@mgsu.ru

Bulgakov Boris Igorevich

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Building Materials Science, Institute of Industrial and Civil Engineering (IPGS), National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, BulgakovBI@mgsu.ru

### Петрухин Александр Борисович

Доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Организация производства и городского хозяйства», ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (ИВГПУ), Россия, 153000, Иваново, Шереметевский проспект, 21, a.petruhin@mail.ru

Petrukhin Alexander Borisovich

Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Organization of Production and Urban Economy, Ivanovo State Polytechnic University (IVSPU), Russia, 153000, Ivanovo, Sheremetevsky prospekt, 21, a.petruhin@mail.ru

### Кеневей Эммануел

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

Kenewei Emmanuel

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

**Аннотация.** На сегодняшний день вопрос о возможности строительства малоэтажных домов с наименьшими ресурсами является актуальным для многих стран, в том числе для Республики Чад. Одним из вариантов решения проблемы ресурсов и энергосбережения в строительной отрасли Республики Чад является развитие производства и применение местных стро-

ительных материалов, изготовленных на основе отходов биомассы. Для этого исходные сырьевые ресурсы в производстве строительных материалов должны быть доступными и недорогими, например, отходы биомассы хлопчатника. Использование данных материалов позволяет производить лёгкие, экологически чистые строительные изделия. Таким образом, одновремен-

но решаются проблемы утилизации вторичного сырья и снижения безопасности окружающей среды. При этом необходима разработка оптимальных и адаптивных технологий с учётом климатических особенностей места производства изделий.

В данном исследовании целью являлась разработка технологической схемы производства конструкционно-теплоизоляционного арболита на основе локальной биомассы с учётом природно-климатических условий Республики Чад. Поставленная цель достигалась посредством решения следующих задач: анализ местных условий при производстве арболита; разработка схемы технологического процесса производства, а также анализ экономического обоснования при его производстве в локальных местных условиях. Метод, использованный авторами в данной работе, является аксиоматичным, а материал, изложенный в работе, отражает особенности этапов производства арболита.

В результате работы достигнуто следующее: себестоимость

**Abstract.** Increasing labor productivity is a key task, the solution of which underlies the formation of construction business processes. Heads of construction companies and the construction complex of each state, striving to optimize costs, pay special attention to the mechanization of processes and the reduction of manual labor. All research related to labor productivity is an urgent task for companies and the state as a whole

To analyze the efficiency indicators of labor productivity during major repairs, data on the standard labor intensity of Russia and Spain were analyzed in terms of the share of mechanized and manual labor during major repairs per working hour. This paper examines labor costs for the main types of mechanized (partially mechanized) and non-mechanized work (manual labor) performed as part of major repairs in Russia and Spain. Also, this work provides a comparative analysis of actual and standard indicators of productivity of mechanized and manual labor in Russia and Spain. Based on the results of this analysis, it was established: the

### Введение

Развитие современного общества неотъемлемо связано с прогрессом в сфере строительного производства и его инфраструктуры [1]. На современном этапе развития строительного комплекса приоритетным направлением становится проектирование и строительство экологически чистых, эффективных и энергосберегающих зданий и сооружений производственного и непромышленного назначения. Научно-технологический прогресс общества постоянно обновляется и диктует новые принципы и требования для его совершенствования. Актуальными требованиями строительного производства остаются: системность, безопасность, гибкость, ресурсосбережение, качество, эффективность.

Системность – это совокупность производственных процессов для достижения высокого качества строительного объекта в целом и в частности элементов строительных продуктов, состоящих из элементов, взаимосвязанных друг с другом с помощью технологических, организационных и экономических связей. Безопасность определяется принципами охраны труда, которые необходимо соблюдать в соответствии с организационно-технологическими решениями, принимаемыми при производстве и использовании строительного объекта, в условиях воздействия окружающей и социальной среды. Гибкость представляет собой возможность адаптации производственного процесса строительства объекта (или изготовления строительного объекта) к любым условиям (организационным, технологическим, техническим, ресурсным и природно-климатическим) при достижении

строительства снижается; арболитовые блоки позволяют снизить трудозатраты на производство фундаментов; использование местных климатических условий позволяет снизить затраты энергии на стадиях предварительной сушки измельченных и сформованных блоков. Отсюда следует и ещё один положительный аспект: жилища на основе арболита способны обеспечивать комфортный микроклимат внутри помещения. Данная технология проста и легко реализуема даже в странах с низким уровнем социально-экономического развития. Таким образом, производство арболита расширяет уровень индустриализации и предоставляет возможность для массового строительства малоэтажных зданий социального типа с меньшими экономическими затратами.

**Keywords:** энергоэффективность, энергосбережение, арболит, технологический процесс, технологические операции, отходы биомассы.

results considered suggested the possibility of identifying stable relationships as a result of grouping technological processes according to various parameters, which in turn will reveal the presence and levels of influence of the expected factors on changes in productivity for different countries.

A high correlation between labor productivity in Spain and Russia has been established. It is shown that productivity is higher in Spain than in Russia, both in general and for certain types of work. If for such types of work as dismantling roof coverings, dismantling concrete foundations in Russia and Spain, the difference between labor costs is within the margin of error, then for such types of work as installing screeds in Spain, labor costs are 40 % more than in Russia.

**Keywords:** labor productivity, labor costs, labor mechanization, technological processes, borrowing of construction norms, normative labor intensity, major repairs.

эффективного результата с сохранением рекомендованных показателей.

Ресурсосбережение – принцип оптимизации и экономии природных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла строительного объекта. Качество представляет собой эффективный результат соответствия всех параметров строительных процессов государственным нормативным документам (ГОСТам, стандартам, регламентам) на основе системы постоянного контроля. Эффективность – соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами для возведения строительного объекта [1].

Сфера строительства является одним из важнейших сегментов деятельности человека, которая составляет 10 % мирового ВВП, 40 % мирового загрязнения окружающей среды и 40 % мирового потребления энергии [2]. Для снижения негативного влияния факторов, влияющих на загрязнение окружающей среды в результате строительного производства, по мнению авторов, представляется возможным и целесообразным заменить традиционные сырьевые ресурсы производства строительных материалов на энергосберегающие, а также разработать схему технологического процесса с меньшим потреблением энергосредств. При этом предлагается рассматривать объект строительства на всех основных этапах его жизненного цикла: от производства материалов, из которых он состоит, до его демонтажа и утилизации.

Производство материалов на основе биомассы было определено Министерством экологии Франции [2] как одно из экологически чистых направлений с высоким



потенциалом экономического развития в будущем. Это связано с его ролью в сокращении потребления сырья ископаемого происхождения, ограничении выбросов парниковых газов и создании новых экономических каналов. Таким образом, использование материалов на биологической основе является неотъемлемой частью подхода к устойчивому развитию регионов. Как правило, строительные материалы на основе органических заполнителей содержат в себе химические добавки в различных пропорциях. При этом иногда осуществляется их транспортировка до мест строительства на достаточно большие расстояния. Для того, чтобы производство строительных материалов активно участвовало в развитии экономики регионов, оно должно базироваться на достаточно простых технологических процессах производства с максимальным учётом местных условий [3].

В соответствии с изложенным, целью данного исследования является разработка логистической технологической цепочки производства арболита на основе биомассы с учётом природно-климатических условий региона произрастания. Предметом исследования является технологический процесс изготовления арболита на основе вторичных ресурсов сельского хозяйства Республики Чад и отходов энергетической промышленности. Цель достигается посредством решения следующих задач: анализ местных условий для производства арболита; разработка схемы технологического процесса производства арболита с моделированием физико-химических явлений, протекающих в массе обрабатываемого сырья; разработка на этой основе инженерной методики расчёта параметров технологических линий процессов производства; а также анализ экономического обоснования промышленной реализации технологии.

#### Материалы и методы

Арболит представляет собой строительный материал, состоящий из органических заполнителей (80–90 %), цемента, химических добавок и воды [4]. Он является крупнопористым и «дышащим» материалом, обеспечивающим комфортный воздухообмен внутри помещения, хорошим тепло- и звукоизоляционным материалом, устойчивым к механическим воздействиям [5]. Характеризуется высокими прочностными показателями на растяжение, повышенной трещиностойкостью, достаточной сопротивляемостью ударным нагрузкам, что позволяет ему сохранять качественные и количественные параметры при транспортировании от места производства к месту строительства. Опыт использования жилых помещений из арболитовых блоков на полярных станциях показал их высокую эффективность.

Применение биомассы в качестве основного сырья для производства материалов позволяет уменьшать массу производимых конструкций, повышать долговечность, а также улучшать производственные условия труда персонала. Для этого сырьё, используемое для производства арболитов, должно удовлетворять требованиям действующих нормативно-технических документов. В качестве вяжущего необходимо применять портландцемент по ГОСТ 10178 класса не менее М400. Органические заполнители, в качестве которых выступают стебли и листья хлопчатника, должны соответствовать требованиям ГОСТ 19222.

Для улучшения прочностных свойств изделий применяются химические добавки в соответствии с требованиями ГОСТ 19222 [6–7]. Наиболее часто применяемыми химическими добавками являются хлористый кальций, жидкое стекло, сульфат алюминия и хлорид алюминия. Помимо того, что химические добавки улучшают прочностные свойства арболитовых изделий, они также увеличивают адгезионную прочность изделия, повышают прочность, биостойкость, огнестойкость, морозостойкость конечной строительной продукции. Исходя из этого, постулируется, что стебли хлопчатника обладают свойством поляризации, т. е. молекулярные цепи целлюлозы, несущие отрицательный заряд, могут прочно соединяться с противоположными по свойствам веществами, такими, например, как хлористый кальций и хлорид алюминия [8].

Исследования проводились с использованием общепринятых физико-механических и физико-химических методов оценки качественных показателей арболита, принятых в отечественной и зарубежной практике. Метод, использованный авторами в данной работе, является аксиоматичным, а материал, изложенный в работе, отражает особенности этапов производства арболита.

#### Анализ местных условий для производства арболита

Республика Чад – это большая страна площадью 1 284 000 км<sup>2</sup>, она является пятой по размеру страной в Африке. Республика Чад является благоприятной землёй для выращивания хлопчатника (более 12 120 тонн семян хлопчатника в год) со средней температурой 28,9 °С (на южной части страны) [9]. Хлопок является основной коммерческой культурой в Республике Чад и обеспечивает жизнь почти трём миллионам жителей. Площадь выращивания хлопка составляет около 100 000 км<sup>2</sup>.

При этом стебли хлопчатника сжигаются фермерами при расчистке полей. По оценкам Международного консультативного комитета по хлопку, на хлопковых полях можно собрать от 2 до 3 тонн стеблей на гектар. Многие исследования стеблей хлопчатника показали, что по химическому составу они сравнимы с большинством лиственных пород и также содержат целлюлозу (69 %), лигнин (27 %) и золу (7 %) [10], что позволяет использовать стебли хлопчатника в качестве альтернативного сырья для производства арболита, решая таким путём проблему безопасности окружающей среды.

#### Разработка схемы технологического процесса производства арболита

Последовательность технологических операций в процессе изготовления строительной продукции непрерывно связана с видом сырья, климатическими воздействиями окружающей среды, организацией технологического процесса и видом оборудования [11–12]. Источники и доступность основных сырьевых компонентов для производства строительного материала детерминируют технико-экономические показатели исследуемого изделия. Ниже представлена оптимальная, по мнению авторов, технологическая схема производства арболита на основе локальной биомассы с учётом природно-климатических условий Республики Чад (рисунок 1). Далее представлена уточнённая авторами схема последовательности действий и операций с учётом климатических воздействий, кото-

рые позволяют получить арболит с улучшенными прочностными характеристиками (рисунок 2).

Таким образом, в рамках сформулированной цели и поставленных задач исследования представляется целесообразным выделить следующие основные этапы производства арболита с учётом природно-климатических условий Республики Чад:

1. Хранение сырья (стеблей хлопчатника): на крытых площадках или на открытых площадках без защиты от климатических воздействий в зависимости от сезона года.
2. Сушка сырья (стеблей хлопчатника): естественная сушка или без сушки в зависимости от влажности сырья.
3. Измельчение стеблей хлопчатника: размеры частиц не должны превышать по длине 40 мм, по ширине 10 мм, а по толщине 5 мм, вне зависимости от вида рубительных машин.
4. Вымачивание измельчённых стеблей хлопчатника позволяет снизить содержание минерализатора в формовочной массе без ухудшения конечной прочности арболита.
5. Последующая сушка сырья (стеблей хлопчатника): естественная сушка до постоянной массы.
6. Смешивание компонентов в смесителе: смесь считается качественной, если все компоненты заполнителя полностью покрыты цементным тестом и цементное молоко не стекает при формировании изделий.

7. Мерная загрузка смеси: в зависимости от технологического процесса и вида оборудования.
8. Вибропрессование смеси для уплотнения блока: при давлении 0,2 МПа, прессование смеси осуществляется до достижения номинальной толщины изделия, которая фиксируется съёмной крышкой.
9. Технологическая выдержка арболитовых блоков: достижение распалубочной прочности обеспечивается за 24 часа, затем изделия хранятся на складе 5...7 суток для набора марочной прочности.
10. Хранение арболитовых блоков: на крытых площадках или на открытых площадках без защиты от климатических воздействий в зависимости от сезона года.

#### Анализ энергозатрат и экологического влияния производства арболита на окружающую среду

Предлагаемый авторами вариант использования органических заполнителей при изготовлении строительных материалов позволяет получить материал с высокими пористыми свойствами целлюлозы, сохраняющей тепло и пропускающей пар, а также являющейся достаточно гигроскопичной. Стены из арболитовых блоков способны адсорбировать часть влаги без потери своих теплоизоляционных свойств. Эта способность целлюлозы позволяет ограничивать приточно-вытяжной воздухообмен с поглощением и эмиссией влаги в суточном ритме. Основным преимуществом такого решения является то, что стены

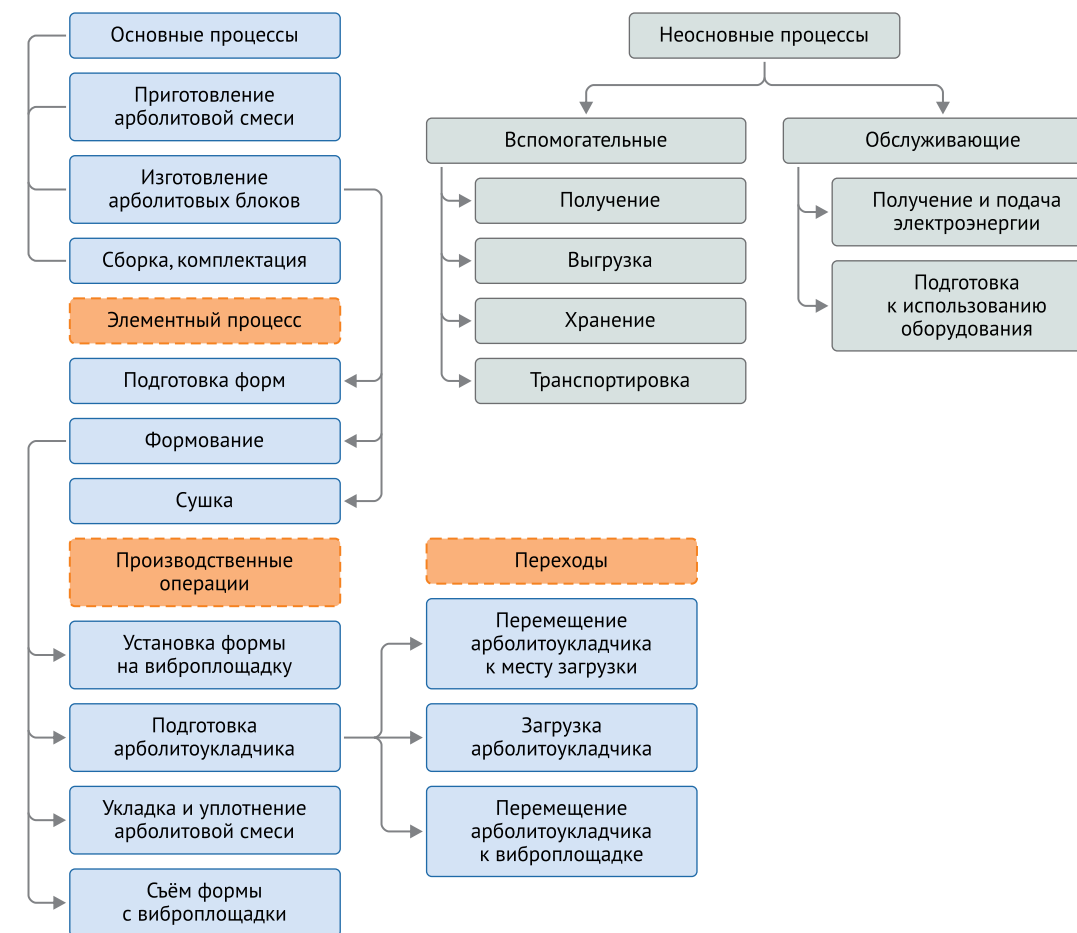


Рис. 1. Технологическая схема производства арболита на основе локальной (стеблей хлопчатника) биомассы с учётом природно-климатических условий [13]

Fig. 1. Technological scheme of arbolite production on the basis of local (cotton stalks) biomass taking into account natural and climatic conditions

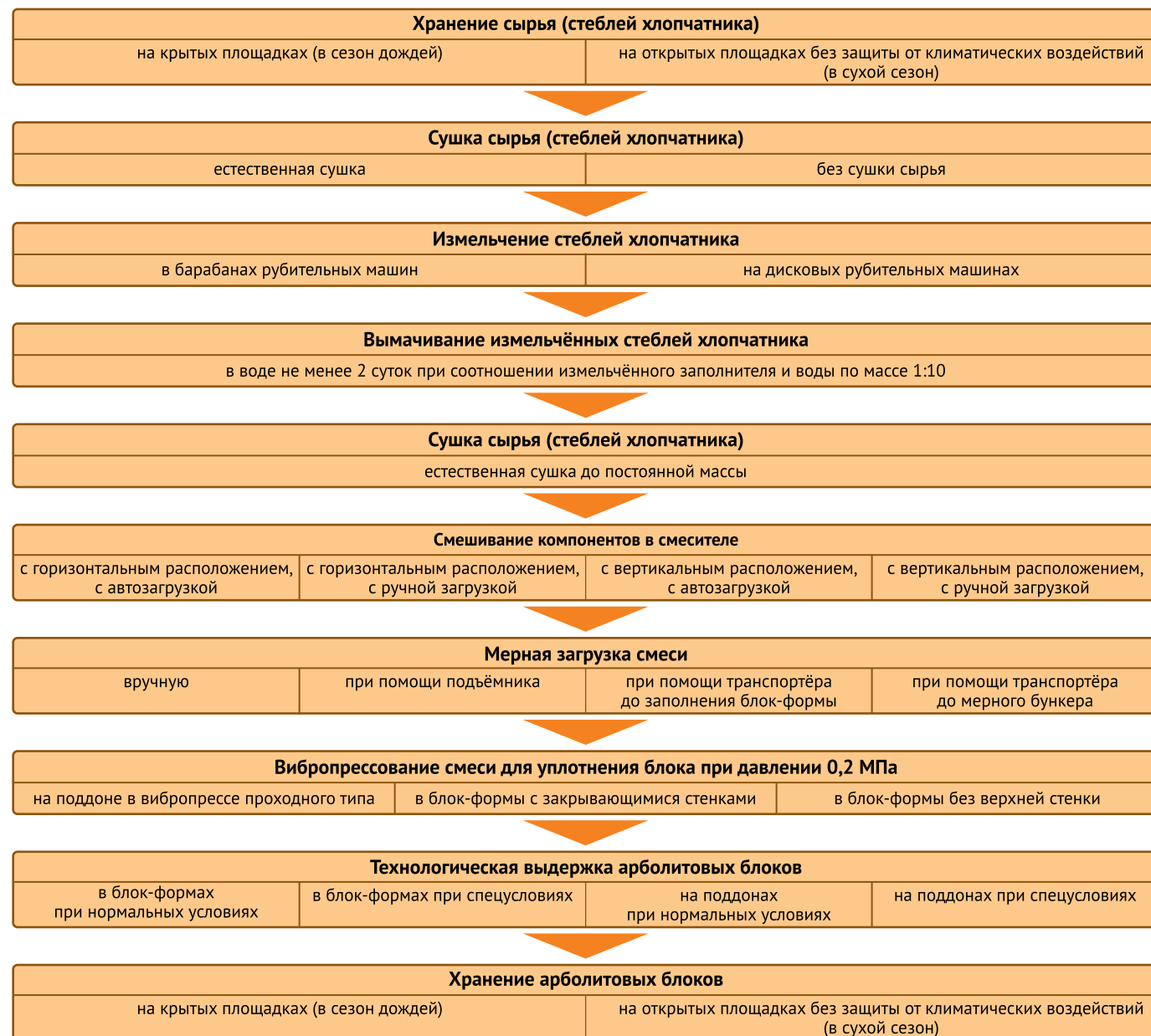


Рис. 2. Этапы производства арболита на основе локальной биомассы с учётом природно-климатических условий  
Fig. 2. Stages of arbolite production on the basis of local biomass taking into account natural and climatic conditions

с целлюлозной изоляцией решают проблему улучшения микроклимата внутри помещения.

Чем больше органических заполнителей в составе материала, тем больше у этого материала экологически чистый показатель. Строительные материалы, состоящие из большого количества биологических сырьевых компонентов, по сути являются энергосберегающими материалами. То есть при изготовлении и во время эксплуатации они требуют меньше энергозатрат, результатом чего является снижение себестоимости производственного процесса на всех этапах жизненного цикла объекта строительства, включая стадию изготовления конструктивных элементов зданий.

Указанное в полной мере согласуется с Федеральным законом от 23.11.2009 № 261-ФЗ (в редакции 13.06.2023) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [15].

По итогам проведённого авторами анализа представлены результаты первичных энергозатрат для наиболее часто используемых строительных материалов (табли-

ца 1) и экологическая оценка влияния строительных материалов на окружающую среду (таблица 2), что составляет экспериментальную часть проведённого исследования.

Приведённые цифры позволяют следующим образом оценить уровень негативного влияния для каждого экофактора: 3 балла – наибольшее негативное влияние; 2 балла – среднее по уровню негативное влияние; 1 балл – наименьшее негативное влияние. В соответствии с уровнем негативного влияния для каждого экофактора возможно определить шкалу суммарной нагрузки на окружающую среду и человека для анализируемых материалов: от 1 до 6 – низкие нагрузки; от 7 до 12 – средние нагрузки; от 13 до 18 – высокие нагрузки [15].

Согласно показателям, которые представлены в таблицах 1 и 2, материалы из растительного сырья обладают хорошей экологической оценкой. Таким образом, материал на основе измельчённых стеблей хлопчатника является экологическим материалом, и его применение в качестве энергоэффективного материала позволит экономить теплоэнергию в период эксплуатации зданий и сооружений.

Вид материала	Первичные энергозатраты на добычу и получение материала, кВт·ч/м <sup>3</sup>
Алюминий	7250
Полистирол	18 900
Минеральная вата	10 000
Цемент	1700
Древесноволокнистые плиты	800
Кирпич керамический	500
Газобетон	450
Известково-песчаный раствор	350
Древесные строительные материалы	180
Природные, растительного происхождения (из тростника, соломы, льна и др.)	9

Табл. 1. Пример первичных энергозатрат для наиболее часто используемых строительных материалов и их экологическое сопоставление

Tab. 1. Example of primary energy costs for the most commonly used building materials and their environmental comparison

### Результаты

В результате проведённого авторами анализа можно сформулировать следующий уточнённый перечень преимуществ и недостатков пористых материалов на основе биомассы (арболит) применительно к природно-климатическим условиям Республики Чад.

### Преимущества:

- простота и безопасность технологического процесса;
- себестоимость строительства значительно ниже;
- лёгкий вес арболита позволяет сделать упрощённый фундамент;
- высокий уровень энергоэффективности;
- экономичность использования;
- отсутствие ограничений во внутренней и внешней отделке;
- быстрота выполнения работ по строительству зданий из арболитовых изделий;
- отсутствие усадки;
- стойкость к возгоранию.

### Недостатки:

- обладает более низкой шумоизоляцией;

Вид строительного материала	Негативные эффекты от строительного материала по этапам его жизненного цикла						Экологическая оценка, сумма баллов
	Повреждение экосистем	Дефицит	Выбросы	Энергия	Здоровье	Отходы	
Древесные материалы	1	1	1	1	1	1	6
Природный камень	3	2	1	2	1	1	10
Керамические материалы	2	1	1	3	1	1	9
Материалы из стеклянных и других минеральных расплавов	3	1	2	3	1	1	11
Металлические материалы	3	2	3	3	2	1	14
На основе минеральных вяжущих	3	1	2	3	2	2	13
На основе синтетических полимеров	3	3	3	3	3	3	18
С использованием отходов	2	1	2	2	2	2	11

Табл. 2. Экологическая оценка строительных материалов  
Tab. 2. Environmental assessment of building materials

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изотов, В. С. Основы технологии строительных процессов : учебное пособие / В. С. Изотов, Л. С. Сабитов, Р. Х. Мухаметрахимов. – Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет. – 2013. – С 4–5.
2. Les matériaux de structures du «développement durable» pour l'habitat / P. Acker, O. Bavarel, L. Brochard, G. Habert,

- низкая прочность арболита, рекомендуют его в качестве теплоизоляционно-конструкционного материала только для строительства малоэтажных зданий;
- значительно высокий коэффициент водопоглощения.

### Заключение и обсуждение

По результатам проведённого исследования можно сформулировать следующие выводы.

1. Отходы биомассы, а в данном случае составные части стеблей хлопчатника, обладают поляризацией (поверхности молекулярных цепей целлюлозы, где мицеллюлозы и лигнина несут отрицательный заряд), они могут хорошо соединяться с такими полярными веществами, как хлористый кальций и хлорид алюминия ( $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ). Это позволяет в домах из арболита применительно к природно-климатическим условиям Республики Чад обеспечивать хороший микроклимат внутри помещений.
2. На сегодняшний день строительные материалы на основе биомассы становятся всё более востребованными, их экономичность и экологически чистые отходы находят всё больше потребителей по всему миру, что может способствовать расширению экспортного потенциала Республики Чад.
3. Научная новизна проведённого исследования заключается в предложенной схеме технологического процесса производства арболита применительно к природно-климатическим условиям Республики Чад. Данная технология проста в применении, производство арболита на основе биомассы развивает и расширяет уровень индустриализации и предоставляет возможность для массового строительства малоэтажных зданий с оптимальным соотношением цены и качества, что в настоящее время является актуальным для большинства африканских государств, в том числе для Республики Чад.
4. Разработана логистическая цепочка реализации производственного процесса по схеме «отходы биомассы хлопчатника – арболитовые блоки» с применением математических методов оптимизации на каждой стадии технологических переделов.

M. Rivallain, R. Le Roy, A. Ehlacher // La chimie et l'habitat. – 2011. – Janvier. – P.175–192.

3. Les matériaux biosourcés dans le bâtiment : [электронный ресурс] // Fédération Française du Bâtiment. – URL: [https://www.paysgrandbrianconnais.fr/fileadmin/user\\_upload/CTES/Materiaux\\_biosources/Guide-materiaux-biosources\\_FFB.pdf](https://www.paysgrandbrianconnais.fr/fileadmin/user_upload/CTES/Materiaux_biosources/Guide-materiaux-biosources_FFB.pdf).
4. Федосов, С. В. В поиске инновационных строительных мате-



- риалов для массового строительства малоэтажных зданий в Республике Чад / С. В. Федосов, Э. Кеневаи, А. А. Лапидус. – DOI <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2023-813-5-72-78> // Строительные материалы. – 2023. – № 5. – С. 72–78.
5. Федоровский, А. Г. Квалиметрическая оценка арболита / А. Г. Федоровский, О. А. Рублева // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2015. – № 43. – С. 193–196.
  6. Чижова, М. А. Технология композиционных материалов и изделий. Часть 1. Технология композиционных материалов из древесных частиц и минеральных вяжущих / М. А. Чижова, А. П. Чижов, А. И. Криворотова. – Красноярск : Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнёва, 2012. – 59 с.
  7. Бозылев, В. В. Анализ изготовления блоков из модифицированного арболита в условиях опытного производства / В. В. Бозылев, А. Н. Ягубкин // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2015. – № 16. – С. 66–68.
  8. Копейкин Н. В. Строительство малоэтажных зданий из поризованного бетона / Н. В. Копейкин // Строительные материалы, конструкции и технологии XXI века. – 2019. – С. 97–105.
  9. Соколов, П. Э. Энергосберегающие технологии и экологические аспекты производства и применения строительных материалов : учебное пособие / П. Э. Соколов, Т. К. Акчурин. – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2018. – 60 с.
  10. Mfewou, A. Variabilité climatique au Tchad: perception et stratégie d'adaptation paysanne à Kélo (Tchad) / A. Mfewou, T. J. Nfor, P. Nadjji // VertigO. – 2022. – Vol. 22, No. 1. – Pp. 1–17.
  11. Hougni, A. Etude de faisabilité sur le transfert de technologies et de savoir-faire pour le développement des coproduits du coton au Tchad / A. Hougni, M. Naitormbaide // Organisation mondiale du commerce; Sous-comité du coton. – 2021. – Pp. 6–30. – URL: <https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/SS/directdoc.aspx?filename=r:/WT/CFMC/W86.pdf&Open=True>.
  12. Акбирова, А. А. Проблемы производства строительного технического экспертиз зданий, при строительстве которых были применены новые материалы и технологии / А. А. Акбирова // Аллея науки. – 2017. – Т. 3, № 9. – С. 354–357.
  13. Системы автоматизации проектирования в строительстве : учебное пособие / А. В. Гинзбург, О. М. Баранова, Н. С. Блохина [и др.]. – Москва : МИСИ–МГСУ, 2014. – 664 с.
  14. Баженов, Ю. М. Технология бетона : учебник / Ю. М. Баженов. – Москва : Издательство АСВ, 2011. – 528 с.
  15. Костикова, М. П. Энергосберегающие методы малоэтажного строительства / М. П. Костикова // Аллея науки. – 2022. – № 4 (67).
  16. Рублева, О. А. Разработка технологического процесса производства арболитовых блоков с использованием инструментов многовариантного проектирования / О. А. Рублева, А. Г. Федоровский // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Материалы. Конструкции. Технологии». – 2017. – № 1. – С. 69–79.
  17. Применение инновационных технологий производства на предприятиях деревообрабатывающей промышленности России / Л. П. Гончаренко, Т. А. Воронова, С. А. Сыбачин, Е. Р. Шарко // Теоретическая и прикладная экономика. – 2018. – № 3. – С. 70–87.
  18. Rubleva, O. A. Razrabotka tekhnologicheskogo protsessa proizvodstva arbolitovykh blokov s ispol'zovaniem instrumentov mnogovariantnogo proektirovaniya [Development of a technological process for the production of arbolite blocks using multivariate design tools] / O. A. Rubleva, A. G. Fedorovsky // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya «Materialy. Konstruktsii. Tekhnologii» [Bulletin of the Volga State Technological University. The series «Materials. Constructions. Technologies»]. – 2017. – No. 1. – Pp. 69–79.
  19. Primenenie innovatsionnykh tekhnologiy proizvodstva na predpriyatiyakh derevoobrabatyvayushhej promyshlennosti Rossii [Application of innovative production technologies at enterprises of the woodworking industry of Russia] / L. P. Goncharenko, T. A. Voronova, S. A. Sybacin, E. R. Sharko // Teoreticheskaya i prikladnaya ekonomika [Theoretical and applied economics]. – 2018. – No. 3. – Pp. 70–87.
  20. Kostikova, M. P. Ehnergoberegayushhie metody maloetazhnogo stroitel'stva [Energy-saving methods of low-rise construction] / M. P. Kostikova // Alleya nauki [Alley of Science]. – 2022. – № 4 (67).
  21. Rubleva, O. A. Razrabotka tekhnologicheskogo protsessa proizvodstva arbolitovykh blokov s ispol'zovaniem instrumentov mnogovariantnogo proektirovaniya [Development of a technological process for the production of arbolite blocks using multivariate design tools] / O. A. Rubleva, A. G. Fedorovsky // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya «Materialy. Konstruktsii. Tekhnologii». – 2017. – № 1. – С. 69–79.
  22. Kostikova, M. P. Ehnergoberegayushhie metody maloetazhnogo stroitel'stva [Energy-saving methods of low-rise construction] / M. P. Kostikova // Alleya nauki [Alley of Science]. – 2022. – № 4 (67).
  23. Rubleva, O. A. Razrabotka tekhnologicheskogo protsessa proizvodstva arbolitovykh blokov s ispol'zovaniem instrumentov mnogovariantnogo proektirovaniya [Development of a technological process for the production of arbolite blocks using multivariate design tools] / O. A. Rubleva, A. G. Fedorovsky // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya «Materialy. Konstruktsii. Tekhnologii». – 2017. – № 1. – С. 69–79.

## REFERENCES

1. Izotov, V. S. Osnovy tekhnologii stroitel'nykh protsessov : uchebnoe posobie [Fundamentals of construction process technology: a textbook] / V. S. Izotov, L. S. Sabitov, R. H. Mukhametrakhimov. – Kazan : Osnovy tekhnologii stroitel'nykh protsessov : uchebnoe posobie. – 2013. – Pp. 4–5.
2. Les matériaux de structures du «développement durable» pour l'habitat / P. Acker, O. Baverel, L. Brochard, G. Habert, M. Rivallain, R. Le Roy, A. Ehrlacher // La chimie et l'habitat. – 2011. – Janvier. – P. 175–192.
3. Les matériaux biosourcés dans le bâtiment : [electronic resource] // Fédération Française du Batiment. – URL: [https://www.paysgrandbrianconnais.fr/fileadmin/user\\_upload/CTES/Materiaux\\_biosources/Guide-materiaux-biosources\\_FFB.pdf](https://www.paysgrandbrianconnais.fr/fileadmin/user_upload/CTES/Materiaux_biosources/Guide-materiaux-biosources_FFB.pdf).
4. Fedosov, S. V. V poiske innovatsionnykh stoitel'nykh materialov dliya massovogo stroitel'stva maloetajnykh zdaniy v Respublike Tchad [In search of innovative building materials for the mass construction of low-rise buildings in the Republic of Chad] / S. V. Fedosov, E. Kenevai, A. A. Lapidus. – DOI <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2023-813-5-72-78> // Stroitel'nye materialy [Building materials]. – 2023. – No. 5. – Pp. 72–78.
5. Fedorovskiy, A. G. Kvalimetrihetskaya otsenka arbolita [Qualimetric assessment of arbolite] / A. G. Fedorovsky, O. A. Rubleva // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa [Actual problems of the forest complex]. – 2015. – No. 43. – Pp. 193–196.
6. Chizhova, M. A. Tekhnologiya kompozitsionnykh materialov iz drevesnykh chastits i mineral'nykh vyazhushhikh [Technology of composite materials and products Part 1 Technology of composite materials made of wood particles and mineral binders] / M. A. Chizhova, A. P. Chizhov, A. I. Krivorotova. – Krasnoyarsk : Sibirskiy gosudarstvennyy universitet nauki i tekhnologii imeni akademika M. F. Reshetnyova [Siberian State University of Science and Technology named after Academician M. F. Reshetnev], 2012. – Pp. 23–35.
7. Bozylev, V. V. Analiz izgotovleniya blokov iz modifitsirovannogo arbolita v usloviyakh opytnogo proizvodstva [Analysis of the manufacture of blocks from modified arbolite in pilot production conditions] / V. V. Bozylev, A. N. Yagubkin // Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki [Bulletin of Polotsk State University. Series F. Construction. Applied sciences]. – 2015. – No. 16. – Pp. 66–68.
8. Kopeikin, N. V. Stroitel'stvo maloetazhnykh zdaniy iz porizovannogo betona [Construction of low-rise buildings made of porous concrete] / N. V. Kopeikin // Stroitel'nye materialy, konstruktsii i tekhnologii XXI veka [Building materials, structures and technologies of the XXI century]. – 2019. – Pp. 97–105.
9. Sokolov, P. E. Ehnergoberegayushhie tekhnologii i ehkologicheskie aspekty proizvodstva i primeneniya stroitel'nykh materialov : uchebnoe posobie [Energy-saving technologies and environmental aspects of the production and application of building materials : a textbook] / P. E. Sokolov, T. K. Akchurin. – Volgograd : Volgogradskiy gosudarstvennyy tekhnicheskij universitet [Volgograd State Technical University], 2018. – 60 p.
10. Mfewou, A. Variabilité climatique au Tchad: perception et stratégie d'adaptation paysanne à Kélo (Tchad) / A. Mfewou, T. J. Nfor, P. Nadjji // VertigO. – 2022. – Vol. 22, No. 1. – Pp. 1–17.
11. Hougni, A. Etude de faisabilité sur le transfert de technologies et de savoir-faire pour le développement des coproduits du coton au Tchad / A. Hougni, M. Naitormbaide // Organisation mondiale du commerce; Sous-comité du coton. – 2021. – Pp. 6–30. – URL: <https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/SS/directdoc.aspx?filename=r:/WT/CFMC/W86.pdf&Open=True>.
12. Akбирова, А. А. Problemy proizvodstva stroitel'no-tekhnicheskikh ehkspertiz zdaniy, pri stroitel'stve kotorykh byli prime-



## 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» издаётся с 2010 года  
под следующими наименованиями:**

**с 2010 года** – «Техническое регулирование. Строительство. Проектирование. Изыскания»

**с 2012 года** – «Технология и организация строительного производства»

**с 2019 года** – «Строительное производство»

**Издатель: ООО «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 2 (50) 2024  
Дата публикации: 19 июля 2024 года

Отпечатано в типографии ООО «PROMZONA»  
105066, Москва, ул. Ольховская, д. 14, стр. 4  
Тираж 550 экз. Свободная цена

Корректор: Широкова М. А.  
Дизайн и вёрстка: Соколов А. Е.



Телефон: +7 (495) 162 61 02  
e-mail: info@build-pro.press  
сайт журнала: www.build-pro.press

127018, РФ, Москва, Суцёвский Вал,  
д. 16, стр. 5, этаж 4, кабинет 405  
сайт издательства: www.mosnec.com

© Редакция научно-технического журнала «Строительное производство», 2024