

ISSN 2658-5340 (Print)



# СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с 2010 г.

**CONSTRUCTION  
PRODUCTION**

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

**№3  
2023**

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

Журнал включен в Российский индекс  
научного цитирования (РИНЦ)



**Лapidус  
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, и. о. зав. кафедрой «Информационные системы и технологии в строительстве», ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»  
**ГУРЬЕВА В. А.** – д-р техн. наук, доцент, ГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»  
**ЗЕЛЕНЦОВ Л. Б.** – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»  
**ИБРАГИМОВ Р. А.** – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»  
**ИГНАТЬЕВ А. А.** – канд. техн. наук, доцент, ФАУ «РОСДОРНИИ», начальник Управления развития отраслевого образования  
**КАЗАКОВ Д. А.** – канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
**КОНДРАТЬЕВ В. А.** – канд. техн. наук, доцент, Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт им. Мирзо Улугбека, Узбекистан  
**КОРОБКОВ С. В.** – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»  
**КРЮКОВ К. М.** – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»  
**КУЗИНА О. Н.** – канд. техн. наук, доцент, «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
**КУЗЬМИНА Т. К.** – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
**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»  
**СУЛЕЙМАНОВА Л. А.** – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова»  
**ТАМРАЗЯН А. Г.** – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
**ТЕР-МАРТИРОСЯН А. З.** – д-р техн. наук, профессор кафедры «Механика грунтов и геотехника», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
**ФЕДОСОВ С. В.** – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
**ХАВИН Д. В.** – д-р эконом. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»  
**ЦОПА Н. В.** – д-р эконом. наук, профессор, ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Академия строительства и архитектуры  
**ЭКЛЕР Н. А.** – канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова»  
**ЮДИНА А. Ф.** – д-р техн. наук, профессор ГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ИНЖИНИРИНГОВОЙ КОМПАНИИ</b> Лapidус А. А., Пасканый В. И. . . . .	2
<b>ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА</b> Козлова А. Ю. . . . .	8
<b>МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ</b> Олейник П. П., Ибрагимов Р. А., Сафин А. Ф. . . . .	13
<b>ИНДЕКСНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В АФРИКЕ</b> Огидан О. Т., Кардава А. М. . . . .	19
<b>ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ИНЖИНИРИНГОВЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ</b> Лapidус А. А., Назыпова С. В. . . . .	23
<b>АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ УПЛОТНИТЕЛЬНОЙ ЗАСТРОЙКИ</b> Розанцева Н. В. . . . .	28
<b>ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВЫБОРОЧНОГО КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ</b> Коклюгина Л. А., Ибрагимов Р. А., Зигангирова Л. И., Валеев Р. Ш. . . . .	35
<b>ПРИМЕНЕНИЕ GRT-ЧАТА В НАУЧНОМ ИССЛЕДОВАНИИ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ</b> Загорская А. С. . . . .	41
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕЙ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ УНИКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ</b> Лapidус А. А., Шевченко И. С. . . . .	48
<b>ВЛИЯНИЕ УТОЧНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА НАДЕЖНОСТИ КАМЕННОЙ КЛАДКИ НА СТОИМОСТЬ КОМПЛЕКСА РАБОТ</b> Сафарян Г. Б., Есенов М. К. . . . .	56
<b>ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА</b> <i>АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СТРОИТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА</i> Федосов С. В., Петрухин А. Б., Федосеев В. Н., Овчинников А. Н. . . . .	63
<b>ВОЗМОЖНОСТИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ИНЖИНИРИНГА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЗДАНИЯ</b> Фомин Н. И., Исупов Н. С. . . . .	68
<b>АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ СИСТЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ</b> Кузьмина Т. К., Ледовских Л. И., Акимова Е. А., Коблюк Д. А. . . . .	74
<b>ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ КАК ФАКТОР РИСКА ПРОЕКТА</b> Лapidус А. А., Чапидзе О. Д., Ратомская В. С. . . . .	80
<b>ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ НА ПРОФЕССИОНАЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СТРОИТЕЛЯ</b> Муры В. А., Топчий Д. Д., Валитова Ю. Р. . . . .	87

## Совершенствование организационной структуры инженеринговой компании

Improving the Organizational Structure of an Engineering Company

Лapidус Азари́й Абрамович

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

Lapidus Azariy Abramovich

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

Пасканный Владимир Иванович

Соискатель, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26; генеральный директор АО «Научно-исследовательский институт теплоэнергетического приборостроения» (АО «НИИТеплоприбор»), Россия, 129085, Москва, проспект Мира, 95, paskanny@mail.ru

Paskanny Vladimir Ivanovich

Applicant, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavlshosse, 26; General Director of JSC «Research Institute of Thermal Power Instrumentation» (JSC «НИИТеплоприбор»), Russia, 129337, Moscow, prospect Mira, 95, paskanny@mail.ru

### Аннотация.

**Цель.** Совершенствование организационной структуры инженеринговой компании в процессе внедрения экспертного сопровождения.

**Методы.** Рассмотрены основные особенности инженеринга при реализации инвестиционно-строительных проектов. Проанализированы этапы жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта с позиций инженеринга. Показано, что одной из основных особенностей инженерно-консультационных услуг, оказываемых инженеринговой компанией, следует считать их комплексный характер, который определяется их проведением на всех фазах жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта.

**Результаты.** Проведено моделирование организационной

### Abstract.

**Object.** To improve the organizational structure of an engineering company in the process of implementing expert support.

**Methods.** The main features of engineering in the implementation of investment and construction projects are considered. The stages of the life cycle of an investment and construction project are analyzed from the standpoint of engineering. It is shown that one of the main features of engineering consulting services provided by an engineering company should be considered their complex nature, which is determined by their implementation at all phases of the life cycle of an investment and construction project.

**Findings.** Modeling of the organizational structure of an engi-

### Введение

При создании любой технической системы существует проблема одновременного учета как минимум трех основных критериев: срока, стоимости и качества [1; 2]. В полной мере это относится и к строительству, где стремление выполнить запланированные сроки строительства приводит либо к превышению сметной стоимости, либо к потере качества. Организационная сложность, вызванная участием в процессе строительства большого числа проектных, подрядных, субподрядных организаций, множества поставщиков материалов, изделий и комплекту-

структуры инженеринговой компании и обосновано создание управления экспертизы с привлечением двух сотрудников. Приводится матрица разделения функций между участниками инвестиционно-строительного проекта на этапах его жизненного цикла.

**Выводы.** Инженеринг представляет собой неотъемлемую часть инвестиционно-строительного процесса, обеспечивая взаимодействие всех участников проекта на протяжении всего его жизненного цикла, сокращение сроков реализации проекта, повышение его качества и эффективности.

**Ключевые слова:** инженеринг, инвестиционно-строительный проект, жизненный цикл, организационная структура, интегральный показатель, программная поддержка, бизнес-процесс.

neering company was carried out and the creation of an expertise department with the involvement of two employees was justified. The matrix of the division of functions between the participants of the investment and construction project at the stages of its life cycle is given.

**Conclusions.** Engineering is an integral part of the investment and construction process, ensuring the interaction of all project participants throughout its life cycle, reducing the project implementation time, improving its quality and efficiency.

**Keywords:** engineering, investment and construction project, life cycle, organizational structure, integral indicator, software support, business process.

ющих, требует новых подходов к управлению на основе концепции инженеринга. В строительстве инвестиционно-строительный инженеринг реализует современные научные подходы и представляет собой неотъемлемую часть всего строительного процесса, обеспечивает сокращение затрат и времени реализации инвестиционно-строительных проектов [3]. Однако многовариантность схем реализации инвестиционно-строительных проектов, привлечение большого количества различных фирм, зависимость от большого числа различных и, зачастую, неопределенных факторов определяют необходимость даль-

нейшего совершенствования не только организационных структур управления инженеринговых строительных компаний, но и нормативной базы, а также подготовки квалифицированного кадрового состава.

Организационная структура инженеринговой компании в значительной мере определяет эффективность работы всех участников строительства, позволяет экономить средства, существенно повышает вероятность своевременной сдачи объекта строительства [4]. Если последовательность этапов строительства – финансирование, инженерные изыскания, проектирование, строительство, сдача в эксплуатацию – постоянна, то, в зависимости от выбранной организационной структуры инженеринговой компании, реализация этих этапов существенно отличается в силу особенностей организации управления, квалификации и опыта персонала инженеринговой компании, а также имеющихся ресурсов [5; 6].

### Материалы и методы

Реализация инвестиционно-строительного проекта в условиях концепции инженеринга происходит в рамках той или иной организационной структуры инженеринговой компании, которая в значительной степени влияет на сам проект. В литературе [7–10] достаточно подробно описаны исторические аспекты различных типов организационных структур, их достоинства и недостатки. Поэтому в настоящей статье ограничимся лишь перечислением основных типов (рисунок 1): иерархические, функциональные, дивизиональные, матричные, горизонтальные или плоские, сетевые, проектные, смешанные. Для инженеринговой компании, занимающейся реализацией инвестиционно-строительных проектов, характерны проектная, сетевая и смешанная организационные структуры.

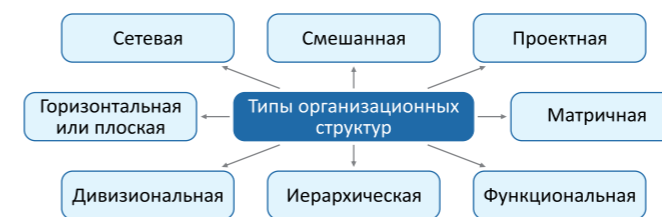


Рис. 1. Типы организационных структур  
Fig. 1. Types of organizational structures

Одной из особенностей инженеринга в сфере строительства является то, что для реализации своих функций инженеринговая компания должна тесно взаимодействовать со всеми участниками инвестиционно-строительного проекта (рисунок 2).

Еще одной особенностью следует считать необходимость высокой степени автоматизации всех процессов, использования в рамках BIM-технологий и различных про-

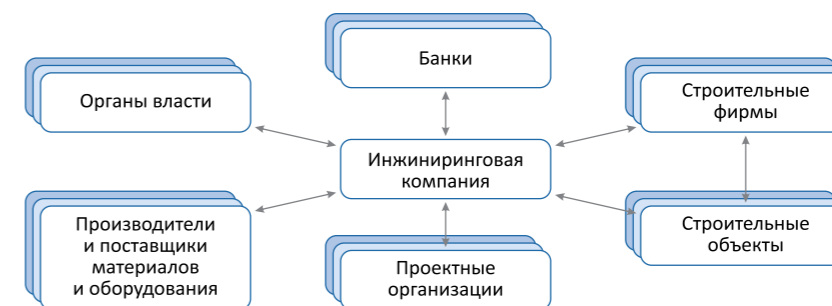


Рис. 2. Взаимодействие инженеринговой компании с участниками инвестиционно-строительного проекта  
Fig. 2. Interaction of an engineering company with participants of an investment and construction project

граммных продуктов, которые необходимо использовать для программной поддержки инженеринговой деятельности на разных этапах жизненного цикла.

Этапы жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта (в соответствии с ГОСТ Р 58179–2018 «Инженеринг в строительстве. Термины и определения») включают: фазу иницирования (предынвестиционный этап и предпроектный этап); фазу проектирования и планирования (предварительное проектирование (финансовые, экономические, технические, социальные, экологические и прочие аспекты), бизнес-планирование и моделирование жизненного цикла); фазу реализации проекта (включая поставку материально-технических ресурсов и оборудования, строительство, пусконаладочные работы и сдачу в эксплуатацию). Одной из основных особенностей инженерно-консультационных услуг, оказываемых инженеринговой компанией, следует считать их комплексный характер, который определяется их проведением на всех фазах жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта [11]: предпроектной, проектной, послепроектной (рисунок 3).

Практика показывает, что строительный инженеринг важен на протяжении всего жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта.

Комплексный (системный) характер оказания инженеринговых услуг обеспечивает реализацию строительных проектов «под ключ», то есть инженеринговая компания выступает как ЕРС/М-подрядчик (Engineering, Procurement, Construction management) [12].

Важным обстоятельством, определяющим особенность строительного инженеринга, приводящим к существенному сокращению времени реализации инвестиционно-строительного проекта и повышению качества работ, следует считать возможность экспертного сопровождения (ЭС). Введение института ЭС определено Федеральным законом № 151-ФЗ от 27.06.2019, который определил изменения и в Градостроительном кодексе РФ (в ч. 3.9–3.11 ст. 49). ЭС – это процесс контроля строительного производства на всех этапах жизненного цикла объекта со стороны специалистов высокой квалификации с целью недопущения ошибок исполнителем, контроля качества и достоверности выполненных работ. ЭС проектной документации и инженерных изысканий предполагает участие специалиста инженеринговой компании в работе с самого начала инвестиционно-строительного проекта, с момента формирования технического задания проектировщиком (возможна помощь в составлении технического задания). Далее эксперт (специалист) осуществляет контроль за составлением программы работ, выполнением полевых работ, лабораторных исследований, составлением отчета.



Рис. 3. Жизненный цикл инвестиционно-строительного проекта  
Fig. 3. The life cycle of an investment and construction project

Результаты повторных экспертиз отражаются в локальных заключениях, а итоговое заключение готовится после внесения всех изменений в проектную документацию, и обобщает все локальные заключения, и вносится в Единый государственный реестр заключений. Итоговое заключение является основанием для выдачи заключения о соответствии объекта проектной документации инспекцией государственного строительного надзора.

Для моделирования бизнес-процессов, формирования и совершенствования организационных структур инжиниринговой компании используются методики, которые включают множество этапов описания (рисунок 4).

На первом шаге описываются цели (бизнес-направления), которые реализует инжиниринговая компания. На втором шаге описываются задачи, работы, функции и бизнес-процессы, которые выполняются в компании для того, чтобы реализовывать цели (применяется вертикальное и горизонтальное описание). На третьем этапе описывается организационная структура компании и на четвертом – распределение ответственности структурных подразделений за работы, функции и бизнес-процессы.

В статье предполагается, что описание всех необходимых бизнес-процессов, включая вопросы ЭС, уже опре-

делено (этапы 1 и 2). Для описания организационной структуры инжиниринговой компании OS предлагается следующая формальная модель:

$$OS = F(A, T, R, C, P), \quad (1)$$

где  $A = (A_1, A_2, \dots, A_k)$  – множество функций инжиниринговой компании;

$T = (T_1, T_2, \dots, T_n)$  – множество задач, решаемых инжиниринговой компанией;

$R = (R_1, R_2, \dots, R_m)$  – множество ресурсов (материальных, финансовых, кадровых и др.);

$C = (C_1, C_2, \dots, C_l)$  – издержки компании;

$P = (P_1, P_2, \dots, P_o)$  – прибыль компании.

При этом существует множество подходов к оценке эффективности организационной структуры [13]. Наиболее общим является подход к определению интегрального показателя [14]:

$$EC = 1 - \frac{MP * EE}{SR * RF}, \quad (2)$$

где  $MP$  – доля управленческого персонала от общего числа сотрудников компании;  $EE$  – расходы на одного сотрудника управления;  $SR$  – фондовооруженность компании

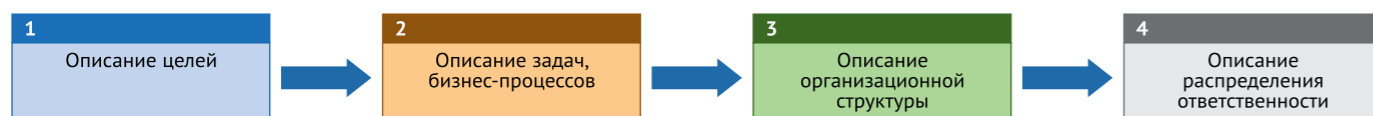


Рис. 4. Этапы описания и моделирования организационной структуры  
Fig. 4. Stages of description and modeling of the organizational structure

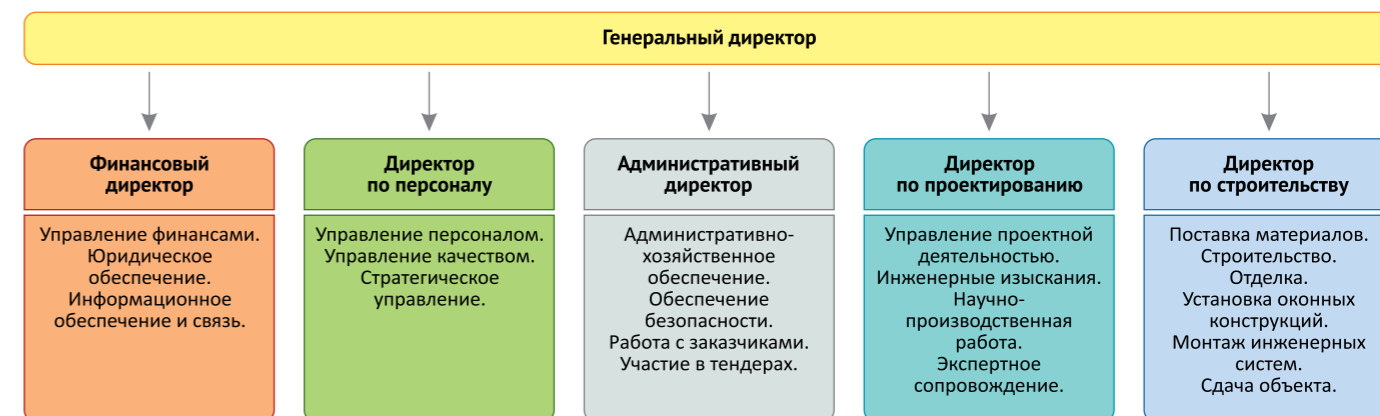


Рис. 5. Верхний уровень управления инжиниринговой компанией  
Fig. 5. Upper management level of an engineering company

(стоимость основных и оборотных средств в расчете на одного сотрудника);  $RF$  – фондоотдача компании (доход на единицу стоимости основных и оборотных средств).

В том случае если известны частные показатели эффективности, интегральный показатель эффективности организационной структуры может быть определен как:

$$ES = f(CE, SC, GM, CM), \quad (3)$$

где  $CE$  – показатель эффективности состава системы;  $SC$  – показатель эффективности структуры связей системы;  $GM$  – показатель эффективности механизма целеполагания;  $CM$  – показатель эффективности механизма управления.

Каждый из вышеперечисленных показателей  $CE, SC, GM, CM$  определяется на основании соответствующих частных показателей, суммируемых с весами, определенными квалифицированными экспертами.

**Результаты**

Организационная структура управления инжиниринговой компании формируется исходя из стратегических целей, стоящих перед ней в ходе реализации инвестиционно-строительных проектов, которые должны соответствовать принципу SMART (Specific – конкретные, Measurable – измеримые, Attainable – достижимые, Realistic – реалистичные, Timebased – основанные на времени) [15]. Все стратегические цели согласно методологии Balanced Score Card (система сбалансированных показателей) могут быть сгруппированы в четыре класса: финансы, клиенты и рынок, внутренние бизнес-процессы, обучение и развитие. Организационная структура предприятия должна обеспечивать максимально рациональную организацию работ и сопровождения бизнес-процессов организации.

Организационная схема реализации инвестиционно-строительного проекта с привлечением инжиниринговой компании предполагает реализацию множества бизнес-процессов, включающих соответствующие бизнес-функции. Так, например, бизнес-процесс планирования содержит следующие функции:

- планирование работ по капитальному ремонту зданий и сооружений;
- планирование капитальных ремонтов зданий и сооружений;
- планирование потребности в сторонних услугах;
- составление календарного плана-графика работ и другие.

В соответствии со стратегическими целями и матрицей разделения функций между участниками инвести-

онно-строительного проекта на этапах жизненного цикла общая организационная структура верхнего уровня управления инжиниринговой компанией имеет вид, представленный на рисунке 5.

Включение функций ЭС в контур организационного управления инжиниринговой компанией требует внесения изменений в организационную структуру.

В соответствии с приведенной формализацией в статье предлагается методика формирования организационной структуры на основе имитационной модели бизнес-процессов. Полагается, что бизнес-процесс содержит произвольное количество бизнес-функций, которые сопровождаются независимыми группами исполнителей (рисунок 6).

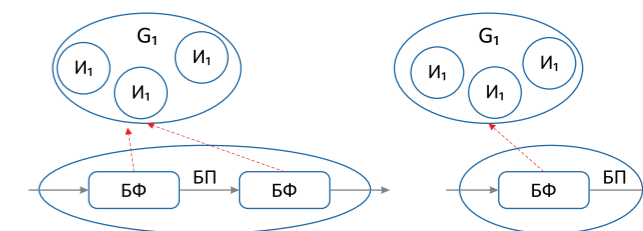


Рис. 6. GPSS-модель сопровождения бизнес-процесса независимыми группами исполнителей  
Fig. 6. GPSS model of business process support by independent groups of performers

Для моделирования организационной структуры предлагается использовать аппарат сетей массового обслуживания (СеМО). Схема СеМО будет представлять собой линейную последовательность многоканальных узлов. Для формирования такой модели с возможностью задания произвольного количества групп исполнителей и произвольного количества бизнес-функций было предложено объединение операторов в параметризуемые блоки.

Для программной реализации модели был выбран язык моделирования GPSS. Программа на языке GPSS состоит из блоков: STORAGE, GENERATE, TERMINATE и START, а также внутренних блоков, которые моделируют одну бизнес-функцию.

При этом операторы STORAGE можно объединить в один макрос  $\langle OC \rangle$ , который описывает организационную структуру перечислением количественного состава всех имеющихся групп:  $OC[N_1], [N_2], \dots, [N_l]$ . Предполагается, что  $\langle OC \rangle$  состоит из  $i$  независимых групп, у каждой из которых будет  $N_i$  исполнителей (сотрудников). Остальные операторы также объединяются в один макрос  $\langle BF \rangle$ , который в качестве параметров имеет:

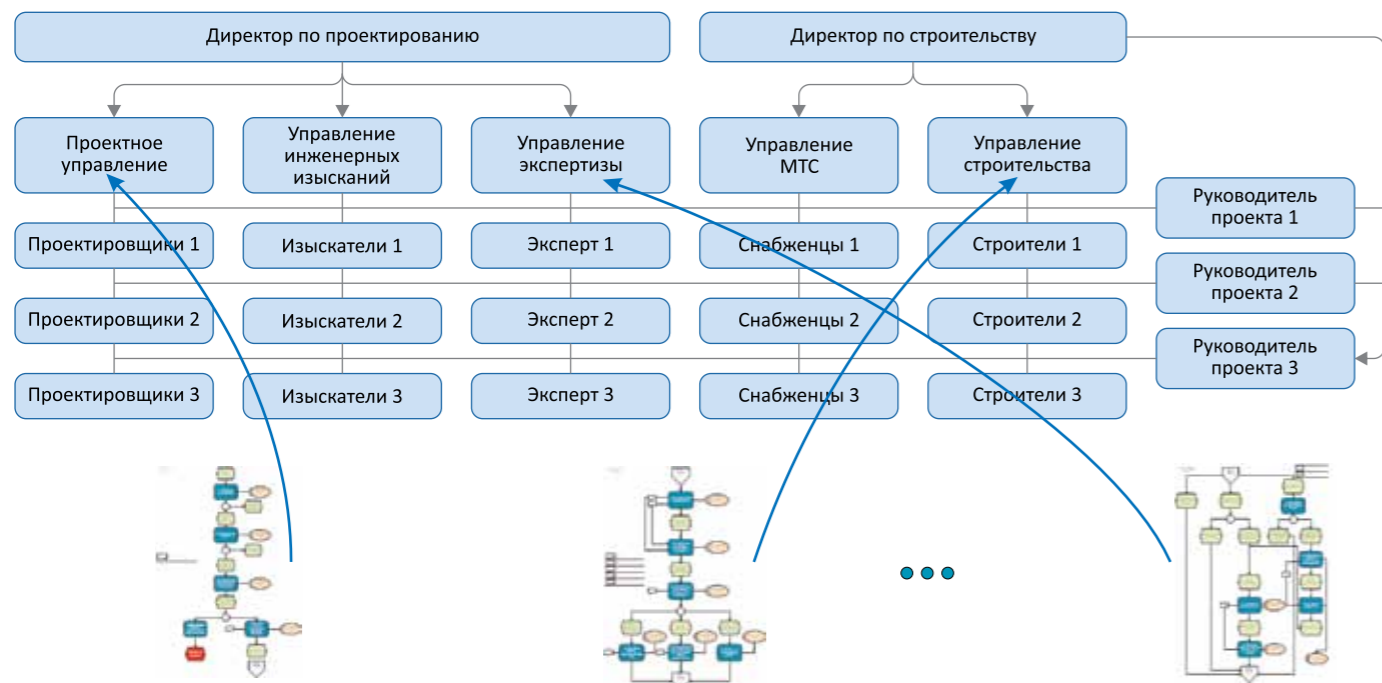


Рис. 7. Фрагмент организационной структуры с учетом выполнения функций экспертного сопровождения  
Fig. 7. A fragment of the organizational structure, considering the performance of expert support functions

$G$  – идентификатор группы,  
 $S$  – количество необходимых исполнителей из состава выбранной группы,

$T$  – параметры случайного времени реализации данной BF данным составом данной группы.

Моделирование выполнялось для различных вариантов организации взаимодействия исполнителей от одного до четырех человек для выполнения задач ЭС. В общем случае стоимость  $P(G)$  графа организации  $G = \langle V, E \rangle$  (где  $V$  – множество управляющих узлов графа организации (то есть вершин, имеющих подчиненных), а  $E$  – множество дуг, определяющих взаимную подчиненность узлов) равна сумме стоимостей его узлов. Таким образом, задача определения организационной структуры управления формулируется как задача поиска оптимального графа организации на множестве исполнителей  $N$  с заданным функционалом стоимости узла.

В результате моделирования для реализации задач ЭС предложено создать управление экспертизы с привлечением двух сотрудников (рисунок 7). Это приводит к увеличению расходов на управленческий персонал, но существенно снижает расходы на повторное прохождение экспертизы, так как каждая повторная экспертиза оплачивается в размере 30 % от первоначальной экспертизы.

При переходе к инжиниринговому управлению и внедрению ЭС происходит изменение распределения функ-

ций между участниками инвестиционно-строительного проекта (таблица 1).

Столбцы в таблице определяют:

- 1 – идентификация проекта;
- 2 – обоснование инвестиций;
- 3 – инвестиционное решение;
- 4 – разработка концепции (технико-экономическое обоснование);
- 5 – инженерные изыскания с экспертным сопровождением (отчет и экспертное заключение);
- 6 – проектирование (комплект проектной документации);
- 7 – экспертиза и утверждение проектной документации (экспертное заключение);
- 8 – закупка и поставка необходимых материалов и оборудования;
- 9 – организация, планирование и технический контроль за работами подготовительного этапа и основными строительными-монтажными работами;
- 10 – ввод инвестиционно-строительного объекта в эксплуатацию.

Кроме того, на определенном этапе можно совместить формирование проектной документации с составлением рабочей документации, которую, в свою очередь, можно выдать на строительную площадку для выполнения строительных работ. При этом существует риск возник-

	Предпроектная фаза					Проектная фаза		Послепроектная фаза		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Заказчик	1									10
Технический заказчик		2	3							
Инжиниринговая компания				4	5	6		8	9	10
Экспертная организация					5		7			
Проектная организация						6				
Строительно-монтажная организация									9	10
Инспекция Государственного строительного надзора							7			

Табл. 1. Матрица разделения функций между участниками инвестиционно-строительного проекта на этапах его жизненного цикла  
Tab. 1. Matrix of division of functions between participants of an investment and construction project at the stages of its life cycle

новения ошибок, но он минимизируется участием специалиста в процессе ЭС. Экспертизе подлежит вся проектная документация. На ее основе составляется рабочая документация, которая, по сути, детализирует проектные и технологические решения. Ей и руководствуются в процессе производства строительных работ.

**Заключение**

Инжиниринг представляет собой неотъемлемую часть инвестиционно-строительного процесса, обеспечивая взаимодействие всех участников проекта на протяжении всего его жизненного цикла, сокращение сроков реализации проекта, повышение его качества и эффективности. Специфика строительной отрасли определяет комплексный характер строительного инжиниринга. Концепция

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Зозуля, В. А. Словарь-справочник строительного эксперта / В. А. Зозуля. – Санкт-Петербург : Зодчий, 2016. – 567 с.
2. Абрамс, Р. Бизнес-план на 100 %. Стратегия и тактика эффективного бизнеса / Р. Абрамс. – Москва : Альпина Паблишер, 2019. – 496 с.
3. Олейник, П. П. Организация, планирование, управление и экономика строительства. Терминологический словарь / П. П. Олейник. – Москва : Изд-во АСВ, 2016. – 320 с.
4. Баринов, В. А. Организационное проектирование / В. А. Баринов. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 384 с.
5. Ермолаев, Е. Е. Инжиниринг инвестиционно-строительных проектов промышленного назначения / Е. Е. Ермолаев. – Москва : Стройинформиздат, 2014. – 264 с.
6. Stashevskaya, N. A. Organizational and economic feasibility of construction projects through the perfection of construction scheduling / N. A. Stashevskaya, M. Kharun, D. D. Koroteev, M. L. Kunitsyna, A. N. Zharov // International Journal of Advanced and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 4 (10). – P. 20–25. – URL: <https://doi.org/10.21833/ijaas.2017.010.004/>.
7. Michelfelder, D. P. The Routledge Handbook of the Philosophy of Engineering / D. P. Michelfelder, N. Doorn. – DOI <https://doi.org/10.4324/9781315276502>. – New York : Routledge Handbooks Online, 2020. – 792 с.
8. Остервальдер, А. Построение бизнес-моделей. Настольная книга стратега и новатора / А. Остервальдер, И. Пинье; пер. с англ. М. Кульневой. – Москва : Альпина Паблишер, 2019. – 288 с.
9. Топчий, Д. В. Повышение эффективности организационных структур при реперофилировании промышленных объектов / Д. В. Топчий, В. О. Бетин, В. С. Ратомская // Вестник Евразийской науки. – 2019. – Т. 11, № 4. – С. 1–12. – URL: <https://esj.today/PDF/07SAVN419.pdf>.
10. Шинкарева, Г. Н. Модель инжиниринговой схемы организации строительства в перспективе жизненного цикла объектов / Г. Н. Шинкарева // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13, вып. 9

**REFERENCES**

1. Zozulya, V. A. Slovar'-spravochnik stroitel'nogo ehksperta [Dictionary-reference book of a construction expert] / V. A. Zozulya. – Sankt-Peterburg : Zodchij, 2016. – 567 p.
2. Abrams, R. Biznes-plan na 100 %. Strategiya i taktika ehffektivnogo biznesa [100 % business plan. Strategy and tactics of effective business] / R. Abrams. – Moscow : Al'pina Publisher, 2019. – 496 p.
3. Oleynik, P. P. Organizatsiya, planirovanie, upravlenie i ehkonomika stroitel'stva. Terminologicheskij slovar' [Organization, planning, management and economics of construction. Terminological dictionary] / P. P. Oleynik. – Moscow : ASV, 2016. – 320 p.
4. Barinov, V. A. Organizatsionnoe proektirovanie [Organizational design. Organizational design] / V. A. Barinov. – Moscow : IN-

инжиниринга предполагает создание единого информационного пространства и применения различных программных средств, обеспечивающих реализацию BIM-технологии [16; 17].

ЭС является неотъемлемой частью инжиниринга и предполагает контроль строительного производства на всех этапах жизненного цикла объекта со стороны специалистов высокой квалификации с целью недопущения ошибок исполнителем, контроля качества и достоверности выполненных работ. Применение концепции инжиниринга в строительстве за счет комплексного подхода позволяет сократить сроки выполнения работ, снизить издержки, а следовательно, повысить эффективность инвестиций.

(120). – С. 1090–1105. – URL: <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2018.9.1090-1105>.

11. Benachio, G. L. F. Circular economy in the construction industry: a systematic literature review / G. L. F. Benachio, M. C. Freitas, S. F. Tavares. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121046> // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 260. – P. 121046.
12. The role of digital technologies in operationalizing the circular economy transition: a systematic literature review / E. Cagno, A. Neri, M. Negri, C. A. Bassani, T. Lampertico. – DOI <https://doi.org/10.3390/app11083328> // Applied Sciences. – 2021. – Vol. 11 (8). – P. 3328.
13. Лазарева, Н. В. Математическое описание информационного взаимодействия в инвестиционно-строительной деятельности / Н. В. Лазарева, Я. В. Жаров // Вестник МГСУ. – 2014. – № 5. – С. 170–175.
14. Сборщиков, С. Б. Теоретические основы формирования новых организационных схем реализации инвестиционно-строительных проектов в энергетическом секторе на основе интеграции принципов инжиниринга и логистики / С. Б. Сборщиков // Вестник МГСУ. – 2009. – № 1. – С. 146–150.
15. Challenges and solutions in condition-based maintenance implementation – A multiple case study / E. Ingemarsdotter, M. L. Kambanou, E. Jamsin, T. Sakao, R. Balkenende. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126420> // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 296, P. 126420.
16. Awan, U. Industry 4.0 and the circular economy: a literature review and recommendations for future research / U. Awan, R. Sroufe, M. Shahbaz. – DOI <https://doi.org/10.1002/bse.2731> // Business Strategy and the Environment. – 2021. – Vol. 30 (4). – P. 2038–2060.
17. Charef, R. Uses of building information modelling for overcoming barriers to a circular economy / R. Charef, S. Emmitt. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124854> // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 285. – P. 124854.

FRA-M, 2019. – 384 p.

5. Ermolaev, E. E. Inzhiniring investitsionno-stroitel'nykh proektov promyshlennogo naznacheniya [Engineering of industrial investment and construction projects] / E. E. Ermolaev. – Moscow : Strojinformizdat, 2014. – 264 p.
6. Stashevskaya, N. A. Organizational and economic feasibility of construction projects through the perfection of construction scheduling / N. A. Stashevskaya, M. Kharun, D. D. Koroteev, M. L. Kunitsyna, A. N. Zharov // International Journal of Advanced and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 4 (10). – P. 20–25. – URL: <https://doi.org/10.21833/ijaas.2017.010.004/>.
7. Michelfelder, D. P. The Routledge Handbook of the Philosophy of Engineering / D. P. Michelfelder, N. Doorn. – DOI <https://doi.org/10.4324/9781315276502>. – New York : Routledge Handbooks Online, 2020. – 792 p.

8. Osterval'der, A. Postroenie biznes-modelej. Nastol'naya kniga stratega i novatora [Building business models. The Strategist and Innovator's Handbook] / A. Osterval'der, I. Pin'e; per. s angl. M. Kul'nevoj. – Moscow : Al'pina Publisher. – 2019. – 288 p.
9. Topchij, D. V. Povyshenie ehffektivnosti organizatsionnykh struktur pri pereprofilirovanii promyshlennykh ob'ektov [Improving the efficiency of organizational structures in the conversion of industrial facilities] / D. V. Topchij, V. O. Betin, V. S. Ratomskaia // Vestnik Evrazijskoj nauki [Bulletin of Eurasian Science]. – 2019. – Vol. 11, № 4. – P. 1–12. – URL: <https://esj.today/PDF/07SAVN419.pdf>.
10. Shinkareva, G. N. Model' inzhiniringovoj skhemy organizatsii stroitel'stva v perspektive zhiznennogo tsikla ob'ektov [The model of the engineering scheme of the organization of construction in the perspective of the life cycle of objects] / G. N. Shinkareva // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2018. – Vol. 13, iss. 9 (120). – P. 1090–1105. – URL: <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2018.9.1090-1105>.
11. Benachio, G. L. F. Circular economy in the construction industry: a systematic literature review / G. L. F. Benachio, M. C. Freitas, S. F. Tavares. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121046> // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 260. – P. 121046.
12. The role of digital technologies in operationalizing the circular economy transition: a systematic literature review / E. Cagno, A. Neri, M. Negri, C. A. Bassani, T. Lampertico. – DOI <https://doi.org/10.3390/app11083328> // Applied Sciences. – 2021. – Vol. 11 (8). – P. 3328.
13. Lazareva, N. V. Matematicheskoe opisaniye informatsionnogo vzaimodejstviya v investitsionno-stroitel'noj deyatel'nosti [Mathematical description of information interaction in investment and construction activities] / N. V. Lazareva, Ya. V. Zharov // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2014. – № 5. – P. 170–175.
14. Sborshchikov, S. B. Teoreticheskie osnovy formirovaniya novykh organizatsionnykh skhem realizatsii investitsionno-stroitel'nykh proektov v energeticheskom sektore na osnove integratsii printsipov inzhiniringa i logistiki [Theoretical foundations for the formation of new organizational schemes for the implementation of investment and construction projects in the energy sector based on the integration of engineering and logistics principles] / S. B. Sborshchikov // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2009. – № 1. – P. 146–150.
15. Challenges and solutions in condition-based maintenance implementation – A multiple case study / E. Ingemarsdotter, M. L. Kambanou, E. Jamsin, T. Sakao, R. Balkenende. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126420> // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 296, P. 126420.
16. Awan, U. Industry 4.0 and the circular economy: a literature review and recommendations for future research / U. Awan, R. Sroufe, M. Shahbaz. – DOI <https://doi.org/10.1002/bse.2731> // Business Strategy and the Environment. – 2021. – Vol. 30 (4). – P. 2038–2060.
17. Charef, R. Uses of building information modelling for overcoming barriers to a circular economy / R. Charef, S. Emmitt. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124854> // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 285. – P. 124854.

УДК 69

DOI: 10.54950/26585340\_2023\_3\_8

## Формирование организационных структур в проектировании промышленного строительства

Formation of Organizational Structures in the Design of Industrial Construction

Козлова Анастасия Юрьевна

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

Kozlova Anastasia Yurievna

Senior Lecturer 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, KozlovaAY@mgsu.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрен вопрос формирования организационных структур в проектировании промышленных объектов. Промышленное строительство является важнейшей частью экономики страны и имеет свои характерные особенности, связанные в том числе с этапами развития проектного дела в России. Развитие проектирования в постсоветское время отличается от предыдущего этапа, при котором оно определялось директивами. Проектные организации имели ведомственное подчинение, были централизованы и имели ограничения в своем свободном развитии. На сегодняшний день наблюдается противоположенная ситуация: по данным НОПРИЗ, в России зарегистрировано более 150 тысяч организаций, осуществляющих проектные работы. Каждая проектная

**Abstract.** This article discusses the issue of the formation of organizational structures in the design of industrial facilities. Industrial construction is the most important part of the country's economy and has its own characteristic features associated, among other things, with the stages of development of the project business in Russia. The development of design in the post-Soviet period differs from the previous stage, in which it was determined

организация имеет свои особенности управления и свою организационную структуру, сформированную под влиянием множества факторов.

От того, насколько правильно была выбрана организационная структура, а в соответствии с ней распределены и реализованы проектные работы, зависит, в конечном счете, эффективность всего строительно-инвестиционного проекта. Формирование структуры должно иметь под собой научное обоснование и строиться на основе анализа, систематизации и разделения труда с учетом отраслевых особенностей, объемов, трудоемкости и стоимости работ.

**Ключевые слова:** строительство, промышленное строительство, проектирование, управление, организационная структура.

by directives. Project organizations had departmental subordination, were centralized and had restrictions in their free development. To date, the opposite situation is observed, according to the NOPRIZ, more than 150 thousand organizations carrying out project work are registered in Russia. Each project organization has its own management features and its own organizational structure, formed under the influence of many factors.

Ultimately, the effectiveness of the entire construction and investment project depends on how well the organizational structure was chosen, and in accordance with it the design work was distributed and implemented. The formation of the structure should have a scientific basis and be based on the analysis, sys-

### Введение

История развития промышленного строительства неразрывно связана с историей нашей страны. Промышленные предприятия были и остаются локомотивом развития отраслей, предоставляя новые рабочие места и являясь местом развития технологий. Для понимания существующей на сегодняшний день системы организации строительного производства, а также положения проектных и строительных организаций необходимо учитывать путь их развития.

В период Советского союза вводились в действие тысячи крупных промышленных объектов: гидроэлектростанции, тракторные и автомобильные заводы и др. Такой объем ввода объектов позволил производить пятую часть всей промышленной продукции мира и занять лидирующее место на международной арене. В послевоенное время промышленное строительство развернулось в еще большем масштабе, были построены тепловые и гидроэлектрические станции, первая в мире атомная станция. Большое развитие получила химическая, нефтяная, газовая, угольная промышленность, машиностроение [1]. Такие результаты были бы невозможны без системной работы участников строительства, а именно исследовательских, проектных и инженерных организаций, а также отраслевых министерств и ведомств.

Принятый курс на индустриализацию страны поставил определенные рамки для строительной отрасли, а именно – были ликвидированы мелкие организации, реализующие отдельные виды работ, и взят курс на ведомственную систему подчинения. Слаженная и четко регламентированная система существовала до момента распада СССР, а после перехода от плановой экономики к рыночной потеряла свою централизацию и распалась на множество отдельных элементов, каждый из которых создал собственную систему управления. Как результат – отсутствие способных к масштабному строительству крупных организаций, нехватка квалифицированных кадров, снижение темпов строительства. При этом запрос на возведение и реконструкцию промышленных объектов оставался высоким, что спровоцировало создание отдельных проектных и строительных подразделений как внутри самих отраслей промышленности, так и за их пределами.

tematization and division of labor, taking into account industry characteristics, volumes, labor intensity and cost of work.

**Keywords:** construction, industrial construction, design, management, organizational structure.

Начиная с 2000-х годов промышленное строительство в России стало приобретать современный облик, объединяя в себе кадровый потенциал старого и нового поколений, классических научно-практических школ и современных технологий. Проектирование и строительство промышленных зданий и сооружений остается актуальной задачей и на сегодняшний день. При этом остается ряд направлений, требующих дальнейшего анализа и совершенствования, изучения закономерностей и формирования единого подхода к организации производственных процессов.

Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года ставит следующие задачи в области промышленного строительства:

- использование кластерного подхода (индустриальные парки, площадки, особые экономические зоны);
- обновление транспортных коммуникаций и инженерных систем, их интенсивное восстановление и воспроизводство на базе реализации высокоэффективных научно-технических программ и проектов не только на федеральном, но и региональном уровнях;
- снижение материалоемкости, энергоемкости и себестоимости строительства, в том числе за счет модернизации строительной индустрии в направлении энергосбережения, ресурсосбережения и повышения качества [2].

Поставленные задачи накладывают определенные требования к уровню строительных и проектных организаций, в том числе в части организационных структур, призванных управлять и координировать действия организации. Таким образом, произошедшая перестройка системы управления проектированием, изменение качественного и количественного состава организаций-участников, способов их взаимодействия, механизмов распределения объемов работ и финансирования строительно-инвестиционных проектов дает предпосылки для создания единого подхода к формированию организационной структуры проектной организации.

### Материалы и методы

Реализация любого инвестиционно-строительного проекта требует проработки всех его аспектов на каждом из этапов жизненного цикла объекта. Одними из основных и важных этапов являются предпроектная стадия и

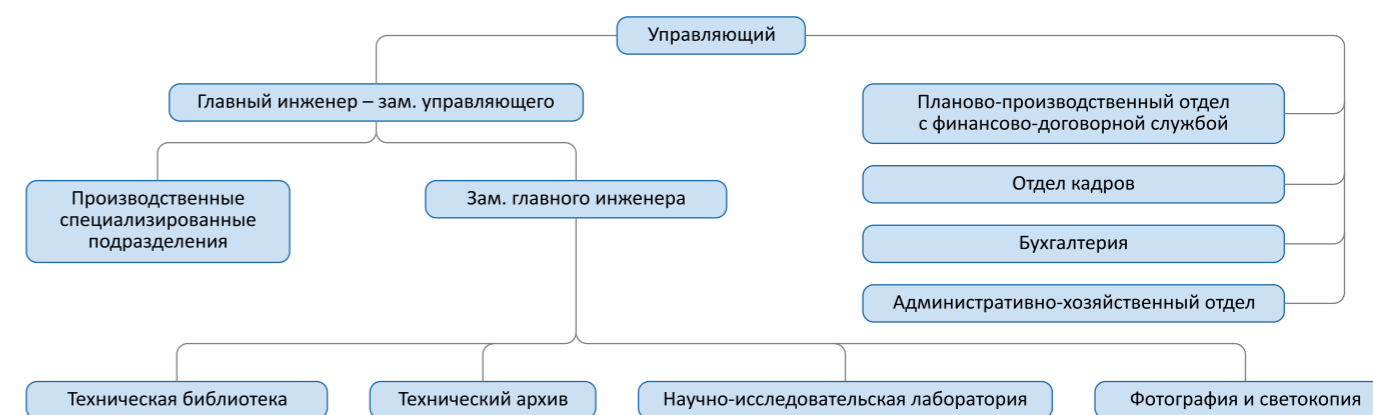


Рис. 1. Организационная структура проектного института (проектной конторы), 1939 г.  
Fig. 1. Organizational structure of the design Institute (design office), 1939

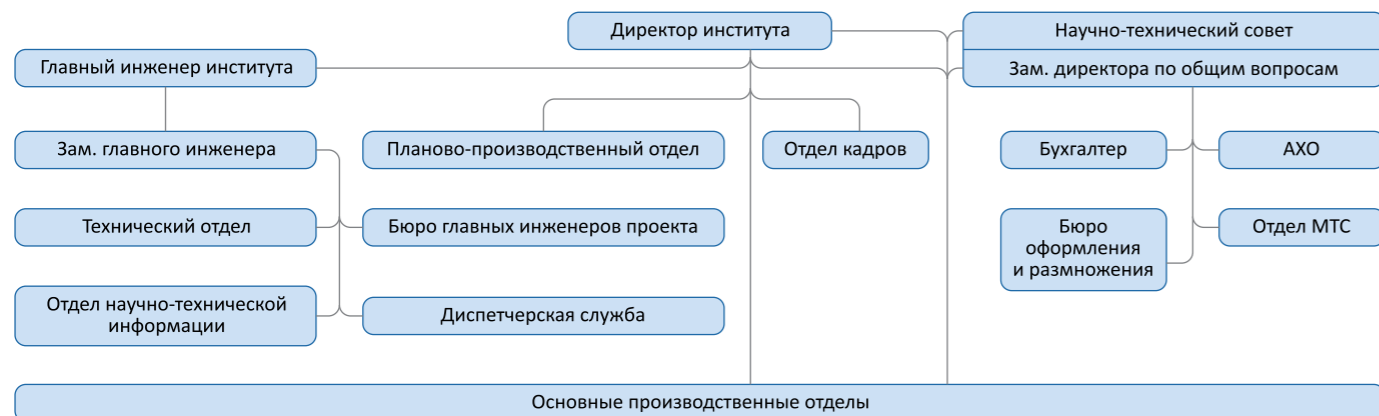


Рис. 2. Организационная структура проектного института, 1980 г.  
Fig. 2. Organizational structure of the design Institute, 1980



Рис. 3. Организационная структура проектного института, современный вид  
Fig. 3. Organizational structure of the design institute, modern appearance

проектная стадия – именно на этих этапах происходят формирование будущего промышленного объекта и выбор технологических и организационных решений [3]. Одну из ключевых позиций на данных стадиях занимает проектная организация, реализующая большой спектр задач, организационная структура которой должна отражать не только имеющиеся связи и порядок взаимодействий между подразделениями и отделами, но и также отвечать запросам организации. Увеличение числа уровней

иерархии управления, большое количество участников проектирования и согласований решений на разных этапах разработки проекта, технологически и организационно сложные заказы, сжатые сроки проектирования – для решения стоящих перед организацией задач она должна иметь устойчивую и стабильную внутреннюю систему, способную выдержать критические моменты и изменения внешней среды [4].

Вид	Основные черты
Кустарно-универсальный вид	Применяется в случае нехватки квалифицированных кадров в отдельных городах, где по отдельности привлекаются отдельные специалисты
Учрежденческая система	Строится на объединении в рамках одной организации подразделений (отделов), реализующих части проекта: архитектурную, конструктивную части, сметные работы и пр.
Групповая система	Разделение работы специалистов по специализации отдельных видов строительных объектов. Проектирование объекта конкретного вида реализуется полноценно в соответствующем специализированном структурном подразделении
Бригадная система	Проектирование осуществляется единым коллективом, в число которых входят сотрудники всех специальностей
Комплексная структура	Проектирование частей или всего проекта осуществляется одним отделом. Встречается в небольших проектных организациях численностью до 500 человек
Специализированная структура	Создается в средних и крупных проектных организациях численностью от 500 человек, в которых проектирование отдельных частей осуществляется специализированными отделами

Табл. 1. Виды организации проектных работ  
Tab. 1. Types of organization of project work

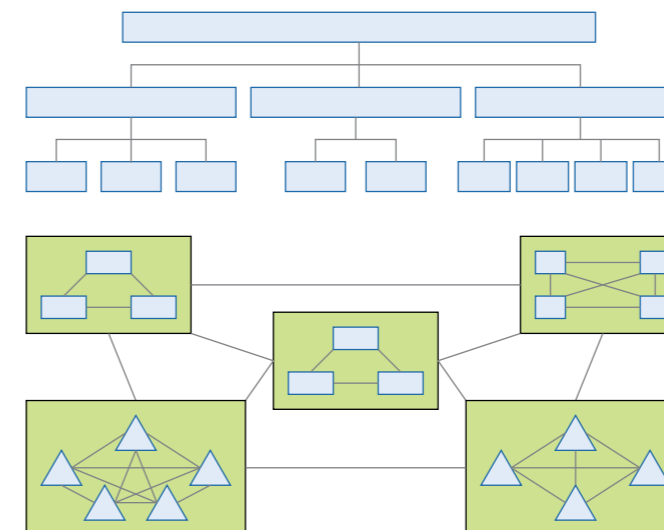


Рис. 4. Схема бюрократизированной (слева) и адаптивной (справа) организационной структуры  
Fig. 4. Diagram of a bureaucratized (left) and adaptive (right) organizational structure

Ретроспективный анализ развития организационных структур проектных организаций показывает, как менялась структура в зависимости от принятых форм управления проектированием в стране. В годы первой пятилетки (1928–1932 гг.) на базе небольших проектных организаций были созданы крупные проектные институты и тресты, не оставившие места для частных организаций. Пример организационных структур проектных институтов в разные годы представлен на рисунках 1, 2 и 3.

В последующие годы организационная структура претерпевала изменения, что также было продиктовано изменением государственной политики, наблюдалось появление научно-технического совета, бюро главных инженеров проекта, отдельных производственных отделов. Вспомогательные структурные единицы, такие как отдел кадров, бухгалтерия, административно-хозяйственная часть, выполняли свои функции независимо от форм организации проектирования.

Распространенные на то время виды организации проектных работ, такие как кустарно-универсальная, учрежденческая, групповая и бригадная, постепенно заменялись на комплексную и специализированную структуру.

В настоящее время существует множество организационных структур – от простых линейных с минимальным количеством связей до сетевых и виртуальных, имеющих большую гибкость и сложную систему подчинения. В проектировании промышленного строительства можно встретить все существующие формы (рисунок 4), одни из них более иерархические (бюрократизированные), другие – более органические (адаптивные) [5].

Первая группа факторов	Вторая группа факторов	Третья группа факторов
<ul style="list-style-type: none"> <li>цели организации;</li> <li>осуществляемая деятельность;</li> <li>используемые технологии;</li> <li>продолжительность функционирования организации;</li> <li>опыт реализации проектов;</li> <li>территориальная принадлежность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>отраслевые особенности проектирования промышленных объектов;</li> <li>сроки и условия выполнения проектов;</li> <li>уровень нестандартности проектных решений;</li> <li>особенности технологического процесса и функционального назначения проектируемых объектов;</li> <li>технологии внедряемого производства</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>количественный состав организации;</li> <li>штатные единицы специалистов различных профилей;</li> <li>уровень квалификации сотрудников</li> </ul>

Табл. 2. Факторы, влияющие на выбор организационной структуры  
Tab. 2. Factors influencing the choice of organizational structure

Перед руководителем организации стоит задача формирования такой структуры, посредством которой будут достигнуты цели организации, что требует применения научно-обоснованного подхода: на какие параметры стоит опираться, какие факторы являются наиболее важными, как оценить эффективность сформированных структур и рассчитать соотношение затраченных ресурсов и полученного экономического эффекта. Так как каждая структура имеет свои черты, способы управления, преимущества и недостатки, то для выбора той или иной организационной структуры могут быть использованы различные методы: метод аналогий, метод экспертных оценок, метод структуризации целей, метод анализа иерархий и др.

**Результаты**

В проведенном ранее исследовании [6] при формировании организационных структур проектного отдела ООО «ГСИ-Гипрокаучук» были использованы метод экспертной оценки и метод анализа иерархий (МАИ). При привлечении экспертного сообщества была проведена оценка факторов, влияющих на выбор организационных структур, и, исходя из результатов, определен формат взаимодействия участников проектирования [7]. Предложенный вариант выбора структур [8] и результаты внедрения позволили выявить ряд неучтенных ранее факторов, а именно: зависимость количественного и качественного состава исполнителей от уровня сложности реализуемых проектов, учет особенностей проектирования промышленных объектов и используемых технологических операций на производстве. Исходя из полученных ранее результатов, автором предложено рассмотреть группы факторов (таблица 2), которые необходимо учитывать при выборе организационной структуры проектной организации в промышленном строительстве.

В свое очередь, численность проектной команды как единицы организационной структуры зависит от ряда показателей: технического задания, трудоемкости выполнения проектных работ, сроков и бюджета проектирования, задействованности членов проектной команды в реализации других проектов и пр. Таким образом, алгоритм формирования организационной структуры проектной организации может быть представлен в следующем виде (рисунок 5).

Предложенный алгоритм основывается на принципах формирования организационной структуры и включает в себя группы факторов с учетом запроса отрасли, миссии организации, отраслевых и технологических особенностей проектируемых объектов.

**Обсуждение**

Таким образом, исходя из полученных результатов, встает вопрос о дальнейшей разработке методики фор-



Рис. 5. Алгоритм формирования организационной структуры проектной организации  
Fig. 5. The algorithm for choosing the organizational structure of the project organization

мирования организационных структур в проектировании промышленного строительства. Данная методика будет включать в себя систему оценки существующей организационной структуры проектной организации, соотношение результатов оценки со стоящими перед организацией задачами, способы повышения эффективности организационной структуры. Результатом данной методики станет модель, позволяющая проектной организации сформировать организационную структуру, отвечающую всем необходимым параметрам. Для решения данных задач предстоит провести оценку зависимостей показателей проектной организации и факторов, влияющих на них, выявить закономерности и построить математическую модель.

### Заключение

Проведенное исследование позволило выявить ключевые точки развития управления проектными организациями. Централизация действий проектных и строительных организаций, высокий темп промышленного строительства в советский период и последующая перестройка всей строительной отрасли напрямую повлияли на существующие формы организационных структур. При этом за каждым изменением в организационной структуре должно стоять научно-практическое обоснование, связанное как с теоретическими исследованиями, так и с внедрениями в реальный сектор экономики. Предложенный подход к формированию организационных структур в проектировании строительства позволит учитывать влияющие факторы и служит основой для дальнейших исследований.

организационных задач – основа прогресса в строительстве / А. А. Морозенко // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 9. – С. 57–60.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архитектура промышленных и гражданских зданий : учебник для вузов. Т. 5. Промышленные здания / Л. Ф. Шубин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1986. – 335 с.
2. Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва, 2015. – 42 с. – Текст непосредственный.
3. Лapidus, А. А. Факторы и источники риска в жилищном строительстве. / А. А. Лapidus, О. Д. Чапидзе // Строительное производство. – 2020. – № 3. – С. 2–9.
4. Омаров, М. М. Основные проблемы управленческого процесса в строительных компаниях / М. М. Омаров // Фундаментальные исследования. – 2005. – № 9. – С. 103–104.
5. Морозенко, А. А. Информационный подход к решению ор-

### REFERENCES

1. Arkhitektura promyshlennykh i grazhdanskikh zdaniy : uchebnyk dlya vuzov. T. 5. Promyshlennyye zdaniya [Architecture of industrial and civil buildings : textbook for universities. Vol. 5 Industrial buildings] / L. F. Shubin. – 3rd ed., reprint. and additional. – Moscow : Stroyizdat, 1986. – 335 p.
2. Strategiya innovatsionnogo razvitiya stroitel'noy otrasli Rossijskoj Federatsii do 2030 goda [Strategy of innovative development of the construction industry of the Russian Federation until 2030] / Ministerstvo stroitel'stva i zhilishhno-kommunal'nogo khozyajstva Rossijskoj Federatsii [Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation]. – Moscow, 2015. – 42 p. – The text is direct.
3. Lapidus, A. A. Faktory i istochniki riska v zhilishhnom stroitel'stve [Factors and sources of risk in housing construction] / A. A. Lapidus, O. D. Chapidze // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 3. – P. 2–9.
4. Omarov, M. M. Osnovnyye problemy upravlencheskogo prot-

sessya v stroitel'nykh kompaniyakh [The main problems of the management process in construction companies] / M. M. Omarov // Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental research]. – 2005. – № 9. – P. 103–104.

5. Morozenko, A. A. Informatsionnyy podkhod k resheniyu organizatsionnykh zadach – osnova progressa v stroitel'stve [Informational approach to solving organizational tasks – the basis of progress in construction] / A. A. Morozenko // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2016. – № 9. – P. 57–60.
6. Slavina, A. Y. Sozdanie virtual'nykh podrazdelenij proektnykh organizatsij [Creation of virtual divisions of project organizations] / A. Y. Slavina // Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and business: ways of development]. – 2019. – № 2 (92). – P. 135–137.
7. Slavina, A. Concerning the project company division work optimization using the virtual work methods / A. Slavina. – DOI <https://doi.org/10.1088/1757-899X/365/6/062019> // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 365, Iss. 6. – № 062019.

IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 365, Iss. 6. – № 062019.

8. Saabeel, W. A model of virtual organization: A process and

structure perspective /W. Saabeel, T. M. Verduijn, L. Hagdorn, K. Kumar // Electronic Journal of Organizational Virtualness. – 2002. – Vol. 4, № 4.

УДК 624.05

DOI: 10.54950/26585340\_2023\_3\_13

## Методы определения продолжительности строительства гражданских зданий

Methods for Determining the Duration of Construction of Civil Buildings

Олейник Павел Павлович

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

Oleynik Pavel Pavlovich

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

Ибрагимов Руслан Абдирашитович

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология строительного производства», ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» (КГАСУ), Россия, 420043, Казань, улица Зеленая, 1, rusmag007@yandex.ru

Ibragimov Ruslan Abdirashitovich

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technology of Building Production, Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE), Russia, 420043, Kazan, Zelenaya ulitsa, 1, rusmag007@yandex.ru

Сафин Адель Фанисович

Студент магистратуры, гр. 1СМ08, кафедра «Технология строительного производства», ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» (КГАСУ), Россия, 420043, Казань, улица Зеленая, 1, pobedadel99@mail.ru

Safin Adel Fanisovich

Master student of 1SM08, Department of Technology of Building Production, Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE), Russia, 420043, Kazan, Zelenaya ulitsa, 1, pobedadel99@mail.ru

**Аннотация.** В большинстве городов Российской Федерации наблюдается прогрессивная тенденция сокращения продолжительности строительства каждой последующей серии жилых зданий. В то же время определение продолжительности строительства только в соответствии с действующими нормативными документами не всегда приводит к достоверному результату. Необходимо отметить, что на сегодня накоплен значительный опыт в области разработки методов определения прогнозируемой продолжительности строительства гражданских зданий. Одни методы основаны на принципе математической обработки исходных статистических данных, другие – на принципе обработки данных экспертного опроса, третьи – на применении технологий информационного моделирования. В настоящей статье выполнен обзор существующих отечественных и зарубежных методов определения продолжительности строительства гражданских зданий. Целью исследования является выбор

**Abstract.** In most cities of the Russian Federation, there is a progressive trend of reducing the duration of construction of each subsequent series of residential buildings. At the same time, determining the duration of construction only in accordance with the current regulatory documents does not always lead to a reliable result. It should be noted that today considerable experience has been accumulated in the field of developing methods for determining the predicted duration of the construction of civil buildings. Some methods are based on the principle of mathematical processing of initial statistical data, others are based on the principle of processing expert survey data, and others are based on the use of information modeling technologies. This arti-

cle provides an overview of existing domestic and foreign methods for determining the duration of construction of civil buildings. The purpose of the study is to choose a method that allows you to get the most accurate result in determining the duration of the construction of civil buildings. The advantages and disadvantages of each method are determined. It has been established that the duration of construction should be determined depending on many factors: the characteristics of the building itself, organizational and technological factors, and the natural and climatic conditions of the construction site. To determine the relationship between many factors, the application of the method of multiple correlation-regression analysis of the initial statistical data

**Ключевые слова:** продолжительность строительства, методы, факторы, регрессия, корреляционно-регрессионный анализ.

cle provides an overview of existing domestic and foreign methods for determining the duration of construction of civil buildings. The purpose of the study is to choose a method that allows you to get the most accurate result in determining the duration of the construction of civil buildings. The advantages and disadvantages of each method are determined. It has been established that the duration of construction should be determined depending on many factors: the characteristics of the building itself, organizational and technological factors, and the natural and climatic conditions of the construction site. To determine the relationship between many factors, the application of the method of multiple correlation-regression analysis of the initial statistical data



is considered. Recommendations are given on the development of a method for determining the duration of construction, which makes it possible to obtain the most reliable result.

### Введение

В соответствии с Распоряжением Правительства Российской Федерации № 3268-р от 31.10.2022 «Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ на период до 2030 г. с прогнозом до 2035 г.» одной из приоритетных задач является оптимизация процедуры, сокращение сроков инвестиционно-строительного цикла строительства объектов капитального строительства на 30 процентов (относительно 2019 года) без снижения безопасности и качества строительства.

Продолжительность строительства объекта является одним из важнейших параметров строительного процесса. Продолжительность строительства зависит от многих факторов: климатических условий территории строительства, финансирования строительной деятельности, материально-технического обеспечения строительного монтажной организации, рациональной организации строительного-монтажных работ и др. Правильно определенная продолжительность строительства дает возможность техническому заказчику получить дополнительную прибыль от своевременной реализации проекта и сдачи объекта в эксплуатацию, а также позволяет сократить затраты подрядной организации, осуществляющей строительные-монтажные работы.

В Российской Федерации продолжительность строительства рекомендуется определять согласно СНиП 1.04.03-85\*, МДС 12-43.2008, однако не всегда продолжительность строительства, определенная согласно данным нормативным документам, соответствует фактической. С учетом вышесказанного необходимо провести анализ существующих методов определения продолжительности строительства и выбрать наиболее оптимальный метод для дальнейшего применения в практической деятельности.

### Материалы и методы

В настоящее время в России можно выделить следующие основные методы определения продолжительности строительства гражданских зданий:

1. Нормативный метод;
2. Сравнительный метод;
3. Директивный метод;
4. Расчетный метод;
5. Плановый метод;
6. Экспертный метод [1].

Рассмотрим более подробно каждый из вышеуказанных методов.

**Нормативный метод** предполагает определение продолжительности строительства объектов согласно таблицам СНиП 1.04.03-85\*, МДС 12-43.2008. Нормативный метод выделяет следующие основные этапы возведения гражданских зданий: подготовительный период, основной период, включая возведение подземной и надземной частей, отделка.

Общая продолжительность строительства жилого здания равна сумме продолжительностей всех указанных периодов:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4, \quad (1)$$

где  $T$  – норма продолжительности строительства, мес.;

**Keywords:** duration of construction, methods, factors, regression, correlation-regression analysis.

$T_1, T_2, T_3, T_4$  – норма продолжительности соответствующего подготовительного периода, подземной части, надземной части, отделки, мес.

Следует отметить, что продолжительность возведения объектов, мощность (площадь) которых отличается от приведенных в нормах и находится между ними, устанавливается методами интерполяции, а за пределами максимальных и минимальных значений норм – методами экстраполяции.

Нормативный метод имеет следующий ряд недостатков:

1. Метод не учитывает возможность совмещения работ на различных этапах строительства, то есть в основе метода заложен последовательный метод возведения объекта;
2. Метод не учитывает стремление технического заказчика минимизировать совокупные расходы на строительные-монтажные работы;
3. Метод не учитывает применение договорных цен.

**Сравнительный метод** предполагает для определения продолжительности строительства использовать исходные данные по объектам-аналогам, имеющим сходные объемно-планировочные и конструктивные решения, близкие объемы, площади, мощности и т. п. Объекты-аналоги подбираются из категории «типовая проектная документация», применяемая повторно.

В соответствии с приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 2 марта 2022 г. № 135/пр утверждены критерии, на основании которых устанавливается аналогичность проектируемого объекта капитального строительства и объекта капитального строительства (далее – критерии аналогичности): назначение проектируемого объекта, мощность проектируемого объекта, площадь и (или) протяженность проектируемого объекта, природные условия территории, на которой планируется осуществлять строительство.

Таким образом, применение сравнительного метода для определения продолжительности строительства возможно только для объектов, проектирование которых осуществляется согласно «типовой проектной документации», то есть метод довольно ограничен в использовании.

**Директивный метод** предполагает принимать продолжительность строительства директивно. Технический заказчик сам задает необходимую продолжительность строительства, принятую на основании одного из следующих методов: нормативного, сравнительного, экспертного, или исключительно директивный срок (например, строительство больниц в условиях пандемии, госзаказ на производство и др.). Необходимо отметить, что данный метод применяют, как правило, когда вводятся особые условия (применение большего числа ресурсов, машино-механизмов, особые методы производства и организации строительного-монтажных работ), сжатые сроки строительства объекта.

Директивный метод имеет следующие недостатки:

1. Отсутствует возможность утвердить продолжительность строительства объекта, так как зачастую в

строительной практике требуется подтверждение принятой продолжительности строительства расчетом.

2. Особые условия производства работ могут привести к значительному увеличению фактических затрат, снижению эффективности инвестиционного проекта.

**Расчетный метод** применяется для определения продолжительности строительства объектов, не имеющих прямых норм в СНиП 1.04.03-85\*, МДС 12-43.2008. Для подсчета расчетным методом сметную стоимость строительного-монтажных работ приводят к ценам 1984 г.

Расчетный метод определения продолжительности строительства объектов  $T_n$  основан на функциональной зависимости ее от стоимости строительного-монтажных работ. Например, для крупнопанельных жилых зданий зависимость выражается в виде функции:

$$T_n = A_1 C^{A_2}, \quad (2)$$

где  $C$  – объем строительного-монтажных работ, млн руб., в ценах, действующих с 1984 г.;  $A_1, A_2$  – параметры регрессионной кривой, определяемые методом наименьших квадратов.

Данный метод имеет следующие недостатки:

1. На этапе проектирования объекта возможно отсутствие реальных данных о стоимости строительного-монтажных работ ввиду неопределенности в генподрядной организации, которая будет производить строительные-монтажные работы.
2. Метод имеет значительный недостаток и ограниченное применение, что доказано в статье [2].
3. Метод не распространяется на уникальные объекты.

**Плановый метод** предполагает для определения продолжительности строительства разрабатывать календарный план производства строительного-монтажных работ. Данный метод имеет большие перспективы в применении, однако на этапе планирования работ довольно трудно определиться с полным перечнем видов работ, с количественным составом бригад, машино-механизмов, возможно отклонение сроков производства работ из-за различных неблагоприятных факторов, что приведет к недоверенному результату определения продолжительности строительства объекта.

**Экспертный метод** предполагает определение продолжительности строительства на основе результатов решения экспертной комиссии, состоящей из числа опытных экспертов. Эксперты в своей работе руководствуются личным опытом, заданием и характеристикой объекта, практикой строительства аналогичных объектов. Предложения (оценки), поступившие от экспертов, усредняются среднеарифметическим методом.

Очевидно, что данный метод имеет определенные недостатки. Во-первых, результат определения продолжительности строительства будет зависеть от числа экспертов, принявших участие; во-вторых, у каждого эксперта свой уровень компетенций, влияющий на конечный результат; в-третьих, эксперт должен хорошо ориентироваться в возможностях претендентов на выполнение определенного вида работы.

В статье [3] авторы – на основании исходных данных о сроках строительства жилых домов из монолитного железобетона, панельных, кирпичных и в результате их стати-

стической обработки – получили формулу для определения продолжительности строительства:

$$T = 3 + (a_1 + a_2 N) \sqrt{A}, \quad (3)$$

где  $a_1 = 0,0382$  – для панельных,  $0,0684$  – для монолитных и  $0,0776$  – для кирпичных зданий;  $a_2 = 0,0013$  – для панельных и кирпичных,  $0,0019$  – для монолитных зданий;  $N$  – количество этажей;  $A$  – общая площадь здания, м<sup>2</sup>.

Среднее квадратическое отклонение от фактических показателей при использовании формулы (3) составляет 5–7 %, что является достаточной точностью для предварительных результатов.

Данная методика имеет следующие недостатки:

1. Методика не учитывает воздействие неблагоприятных природных факторов (производство работ в зимнее время, особые грунтовые условия площадки строительства);
2. Формула (3) для расчета содержит всего 3 параметра самого здания: материал несущих конструкций, общая площадь, этажность, а следовательно, не может дать высоких результатов, т. к. не учитываются такие важные характеристики, как тип фундамента, высота здания, тип фасада здания, количество надземных и подземных этажей.
3. Метод не учитывает возможности технического заказчика финансировать строительные-монтажные работы.
4. Кроме того, не указано, каким методом проводилась обработка исходных данных.

В работах [4–7] авторы предлагают представить нормы продолжительности строительства жилых зданий для каждого типового варианта в виде общей продолжительности и продолжительностей переделов: подготовительного периода, возведения подземной части, возведения надземной части, наружных инженерных сетей и благоустройства территории. В основе данного подхода лежит поточный метод, предполагающий совмещение основных переделов.

Общую продолжительность строительства жилого здания предлагается определять по следующей формуле:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + (1 - \alpha) T_4 + (1 - \beta) T_5, \quad (4)$$

где  $T$  – общая продолжительность строительства жилого здания, дн.;  $T_1$  – продолжительность подготовительного периода, дн.;  $T_2, T_3, T_4, T_5$  – продолжительность возведения (устройства) соответственно подземной, надземной частей зданий, наружных инженерных сетей, благоустройства, дн.;  $\alpha$  – коэффициент совмещения во времени работ по прокладке наружных инженерных сетей с возведением надземной части здания;  $\beta$  – коэффициент совмещения во времени работ по благоустройству территории с возведением надземной части здания.

Данная методика имеет следующие недостатки:

1. Не учитывается воздействие неблагоприятных факторов внешней среды на продолжительность строительства: природно-климатические факторы, организационно-технологические факторы [8–10].
2. Отсутствие конкретного значения коэффициента совмещения работ, для каждого региона данный коэффициент будет иметь свое индивидуальное значение.

3. Метод не учитывает возможности технического заказчика финансировать строительные-монтажные работы.

В статье [11] авторы предлагают методику календарного моделирования строительства зданий и сооружений на основе эволюционного поиска с возможностью учета организационных ожиданий, представляемых в виде случайных величин.

Продолжительность строительства предлагается определять в виде интервала ( $P_{min}$ ;  $P_{max}$ ). Нижняя граница  $P_{min}$  соответствует кратчайшей продолжительности работ (с минимальной вероятностью срывов поставок ресурсов) и определяется путем решения задачи минимизации:

$$P_{min}(\{t\}) \rightarrow \min, \quad (5)$$

где  $P$  – продолжительность строительства;  $\{t\}$  – расчетные сроки производства работ, определенные с учетом случайных величин длительностей организационных ожиданий.

Верхняя граница  $P_{max}$  вычисляется путем максимизации функции цели:

$$P_{max}(\{t\}) \rightarrow \max. \quad (6)$$

Случайные величины организационных ожиданий вводятся для событий работ критического пути (нескольких критических путей) и подкритических путей календарной модели, которые могут стать критическими.

Таким образом, данный метод предполагает формирование двух графиков  $P_{min}$ ,  $P_{max}$ .

Данный метод имеет следующие недостатки:

1. На этапе проектирования объекта довольно трудно определиться с полным перечнем строительно-монтажных работ, неизвестна генподрядная организация, которая будет осуществлять строительство, при этом становятся неизвестными величины ожиданий.
2. Величины ожиданий формируются на основе фактических наблюдений за строительством объектов, то есть для принятия конкретных величин ожиданий необходима статистическая обработка.
3. Метод не учитывает возможности технического заказчика финансировать строительные-монтажные работы.

В статье [12] два ученых Гонконгского политехнического университета (Китай) проводят исследование по выявлению наиболее значимых факторов, влияющих на продолжительность строительства государственного жилья в Гонконге. Ученые, изучив международную литературу, проводя опросы, анкетирование участников строительной отрасли, в общей сложности выявили 84 фактора, оказывающие влияние на продолжительность строительства. Все опрошенные однозначно согласились с составом работ по строительству многоквартирного жилого дома в Гонконге: забивка свай, устройство ростверка, надземная часть, электромонтажные работы и отделка. Подготовительные работы были исключены из продолжительности строительного процесса.

В этом исследовании метод ранговой корреляции Спирмена и множественный линейный регрессионный анализ были двумя важными инструментами, используемыми для анализа данных проекта и таким образом формулирования модели прогнозирования продолжительности строительства. Из-за множества независимых

переменных (84 номера) было чрезвычайно трудно искать наилучшие комбинации высокозначимых переменных из числа независимых переменных. Применялся «метод пошагового отбора» с уровнем значимости 5 % для выбора статистически значимых переменных для включения в модель.

Переменные данных добавлялись и удалялись по одной, а регрессионная модель запускалась повторно, при этом на каждом шаге отмечались изменения коэффициента детерминации ( $R^2$ ). Только те переменные с уровнем значимости ( $p$ -значение) менее 5 % были сохранены для включения в окончательные уравнения регрессионной модели.

В результате были получены следующие уравнения:

1. Уравнение регрессии для продолжительности строительства надземной части:

$$T = 4,0511 + 0,1316H + F + L, \quad (7)$$

где  $H$  – высота здания, м;  $F$  – коэффициент, учитывающий фасад здания, принимается 0 для зданий с фасадами, 1,6216 для зданий без фасадов;  $L$  – коэффициент, учитывающий степень доступности рабочей силы, принимается  $-0,8319$  для легкодоступных, 0 для несколько затруднительного.

2. Уравнение регрессии для планируемой общей продолжительности строительства:

$$\log_e T = 2,6031 + 0,0834 \log_e S + F + 0,0024H + P + C, \quad (8)$$

где  $S$  – оценочная общая стоимость строительства, доллар;  $H$  – высота здания, м;  $F$  – коэффициент, учитывающий фасад здания, принимается 0 для зданий с фасадами, 0,0497 для зданий без фасадов;  $P$  – коэффициент, учитывающий характер участка, принимается 0,2352 для уровня, 0,2221 для застроенного, 0 для наклонного;  $C$  – коэффициент, учитывающий тип схемы жилья, принимается  $-0,0453$  на покупку; 0 на аренду.

Таким образом, ученые, используя методы ранговой корреляции Спирмена и множественного линейного регрессионного анализа, получили уравнение для определения продолжительности строительства высотных жилых домов типа «Гармония» в Гонконге. Сходимость результатов фактической и планируемой продолжительности строительства оказалась достаточно высокой, погрешность составила не более 5 %.

Данный метод имеет следующие недостатки:

1. Не учитывает воздействие неблагоприятных факторов внешней среды на продолжительность строительства: природно-климатические факторы, организационно-технологические факторы.
2. В формулах (7, 8) есть лишь 1 показатель, характеризующий объемно-планировочные решения здания (высота), что вызывает большие опасения.

В статье [13] ученые университета Инха (Корея) и университета науки и технологии города Абу-Даби (ОАЭ) на основе анализа исходных данных проводят исследование и получают выражение для определения продолжительности строительства офисных зданий в Корее.

Ученые начали свое исследование с рассмотрения и анализа отечественных и зарубежных моделей определения продолжительности строительства. Затем ученые определили 19 факторов, влияющие на продолжительность строительства, из которых в дальнейшем в качестве определяющих приняли 7.

Выражение для определения продолжительности строительства офисных зданий было получено методом множественного линейного регрессионного анализа:

$$T = 897,272 + 0,004S + 0,003P + 9,896N_1 + 40,646N_2 - 437,319K_1 - 578,234K_2 - 110,37W, \quad (9)$$

где  $S$  – суммарная площадь этажей, м<sup>2</sup>;  $P$  – площадь застройки, м<sup>2</sup>;  $N_1$  – количество надземных этажей;  $N_2$  – количество подземных этажей;  $K_1$  – коэффициент, учитывающий материал каркаса здания, принимается 1 для сталежелезобетонного каркаса, 0 для всех остальных;  $K_2$  – коэффициент, учитывающий материал каркаса здания, принимается 1 для железобетонного каркаса, 0 для всех остальных;  $W$  – коэффициент, учитывающий сезон начала строительства здания, принимается 1, если строительство начато в зимний период, 0 для всех остальных периодов.

Средняя частота ошибок данной модели составила 5,28 %, средняя точность прогноза 94,72 %.

Данный метод имеет следующие недостатки:

1. Не учитывает воздействие неблагоприятных организационно-технологических факторов на продолжительность строительства, однако учитывает воздействие природного фактора (зимние условия строительства).
2. Отсутствует конкретное понимание того, на каком принципе организации строительства основан данный метод (последовательный или поточный).
3. Применение сочетания метода статистических испытаний и множественного регрессионного анализа позволяет получить искомый прогноз продолжительности строительства, но погрешности такого прогноза будут крайне неопределенными [14].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шафранова, А. А. Варианты определения продолжительности на основе влияния внешних факторов / А. А. Шафранова, Л. А. Коклюгина, А. В. Коклюгин // Известия КГАСУ. – 2013. – № 4 (26). – С. 262–267.
2. Харисов, А. Р. Исследование существующих методов определения продолжительности строительства промышленных объектов / А. Р. Харисов, Л. А. Коклюгина, А. В. Коклюгин // Известия КГАСУ. – 2012. – № 1 (19). – С. 134–139.
3. Жилина, Н. Д. Моделирование продолжительности строительства жилых зданий / Н. Д. Жилина, А. С. Павлов, Г. А. Шевцов // Жилищное строительство. – 2018. – № 12. – С. 53–55.
4. Григорьев, В. А. Методы исследования параметров возведения жилых зданий / В. А. Григорьев, П. П. Олейник // Вестник МГСУ. Экономика, управление и организация строительства. – 2015. – № 2. – С. 168–174.
5. Олейник, П. П. Современные методы моделирования норм продолжительности строительства жилых зданий / П. П. Олейник, В. А. Григорьев // Технология и организация строительного производства. – 2014. – № 2. – С. 42–44.
6. Григорьев, В. А. Оценка фактической продолжительности строительства жилых зданий / В. А. Григорьев // Актуальные вопросы технических наук в современных условиях: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 14 января 2015 г. – 2015. – Т. 2. – С. 165–168.
7. Григорьев, В. А. Сравнительный анализ параметров строительства жилых зданий / В. А. Григорьев // Строительство, дизайн, архитектура: проектные решения XXI века: сборник материалов Международного научного е-симпозиума, Мо-

#### Результаты

Таким образом, обзор существующих отечественных и зарубежных методов определения продолжительности строительства гражданских зданий показывает, что ни один из методов не отражает реальных сроков сдачи объектов. Каждый из вышеуказанных методов имеет свои определенные достоинства и недостатки. Одним из перспективных направлений в определении продолжительности строительства гражданских зданий является разработка метода, основанного на принципе поточной организации строительства, с учетом объемно-планировочных, конструктивных характеристик объекта строительства, финансовых возможностей технического заказчика, а также влияния факторов внешней среды (природно-климатических, организационно-технологических). Кроме того, для обработки исходных данных рекомендовано применять методы математической обработки, а именно метод множественного линейного регрессионного анализа, позволяющего получить довольно высокую точность результатов.

#### Заключение

Одним из перспективных направлений развития методов определения продолжительности строительства является применение технологий информационного моделирования, позволяющих сократить сроки строительства и повысить качество выполняемых работ, что доказано в работах [15–20].

Обобщая вышесказанное, отметим, что для достижения высоких результатов в определении продолжительности строительства необходимы совершенствование существующих методов определения продолжительности или разработка новых методик, позволяющих рассчитать реальный срок сдачи объекта с учетом влияния различных факторов.

- ска 27–28 декабря 2014 г.; под ред. проф. И. К. Данилова. – Киров: МЦНИП, 2015. – С. 63–68.
8. Банникова, А. В. Факторы, влияющие на сроки выполнения строительного-монтажных работ / А. В. Банникова // Аллея Науки. – 2020. – № 3 (42). – С. 281–283.
9. Голотина, Ю. И. Факторы, влияющие на сроки строительства / Ю. И. Голотина, А. А. Рыжкова, М. С. Арутюнян // Научные труды КубГТУ. – 2018. – № 9. – С. 65–73.
10. Жавнеров, П. Б. Повышение организационно-технологической надежности строительства за счет структурных мероприятий / П. Б. Жавнеров, А. В. Гинзбург // Вестник МГСУ. – 2013. – № 3. – С. 196–200.
11. Курченко, Н. С. Методика определения продолжительности строительства на основе эволюционного моделирования с учетом случайных организационных ожиданий / Н. С. Курченко, А. В. Алексейцев, С. С. Галкин // Вестник МГСУ. – 2016. – № 10. – С. 120–130.
12. Chan, A. P. C. A Benchmark Model for Construction Duration in Public Housing Developments / A. P. C. Chan, D. W. M. Chan // The International Journal of Construction Management. – 2014. – Vol. 3, iss. 1. – P. 1–14.
13. Development of an approximate construction duration prediction model during the project planning phase for general office buildings / D.-J. Yeom, H.-M. Seo, Y.-J. Kim, C.-S. Cho, Y. Kim // Journal of Civil Engineering and Management. – 2018. – Vol. 24, № 3. – P. 238–253.
14. Болотин, С. А. Анализ современных методов прогноза продолжительности строительства / С. А. Болотин, А. Х. Дадар, А. Р. Мальсагов // Недвижимость: экономика, управление. – 2018. – № 4. – С. 79–84.
15. Долаева, З. Н. Сокращение сроков в строительстве / З. Н. До-

- лаева, А. Ю. Махов // Молодой ученый. – 2017. – № 5 (139). – С. 37–40.
16. Опарина, Л. А. Применение технологий информационного моделирования для управления сроками строительства / Л. А. Опарина // Умные композиты в строительстве. – 2021. – Т. 2, № 2. – С. 48–55.
17. Zhang, L. Management of Construction Schedules Based on Building Information Modeling Technology / L. Zhang, X. Zhang, T. Ma // Emerging Technologies for Information Systems, Computing, and Management. – 2013. – Vol. 236. – P. 81–88.

## REFERENCES

- Shafanova, A. A. Variantsy opredeleniya prodolzhitel'nosti na osnove vliyaniya vneshnikh faktorov [Options for determining duration based on the influence of external factors] / A. A. Shafanova, L. A. Koklyugina, A. V. Koklyugin // Izvestiya KGASU [News of the Kazan State University of Architecture and Engineering]. – 2013. – № 4 (26). – P. 262–267.
- Kharisov, A. R. Issledovaniye sushchestvuyushchikh metodov opredeleniya prodolzhitel'nosti stroitel'stva promyshlennykh ob'yektov [Investigation of existing methods for determining the duration of construction of industrial facilities] / A. R. Kharisov, L. A. Koklyugina, A. V. Koklyugin // Izvestiya KGASU [News of the Kazan State University of Architecture and Engineering]. – 2012. – № 1 (19). – P. 134–139.
- Zhilina, N. D. Modelirovaniye prodolzhitel'nosti stroitel'stva zhilykh zdaniy [Modeling the duration of construction of residential buildings] / N. D. Zhilina, A. S. Pavlov, G. A. Shekhovtsov // Zhilishchnoye stroitel'stvo [Housing construction]. – 2018. – № 12. – P. 53–55.
- Grigoriev, V. A. Metody issledovaniya parametrov vozvedeniya zhilykh zdaniy [Methods of investigation of parameters of the construction of residential buildings] / V. A. Grigoriev, P. P. Oleinik // Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. – 2015. – № 2. – P. 168–174.
- Oleinik, P. P. Sovremennyye metody modelirovaniya norm prodolzhitel'nosti stroitel'stva zhilykh zdaniy [Modern methods of modeling norms of duration of construction of residential buildings] / P. P. Oleinik, V. A. Grigoriev // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – 2014. – № 2. – P. 42–44.
- Grigoriev, V. A. Otsenka fakticheskoy prodolzhitel'nosti stroitel'stva zhilykh zdaniy. [Assessment of the actual duration of construction of residential buildings] / V. A. Grigoriev // Aktual'nyye voprosy tekhnicheskikh nauk v sovremennykh usloviyakh : sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Topical issues of technical sciences in modern conditions : collection of materials of the International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, January 14, 2015]. – 2015. – Vol. 2. – P. 165–168.
- Grigoriev, V. A. Sravnitel'nyy analiz parametrov stroitel'stva zhilykh zdaniy [Comparative analysis of parameters of construction of residential buildings] / V. A. Grigoriev // Stroitel'stvo, dizayn, arkhitektura: proyektnyye resheniya XXI veka : sbornik materialov Mezhdunarodnogo nauchnogo e-simpoziuma Moskva 27–28 dekabrya 2014 g. ; pod red. prof. I. K. Danilova [Construction, design, architecture: design solutions of the XXI century : collection of materials of the International scientific e-symposium, Moscow, December 27–28, 2014; edited by Prof. I. K. Danilov]. – Kirov : ICNIP, 2015. – P. 63–68.
- Bannikova, A. V. Faktory, vliyayushchiye na sroki vypolneniya stroitel'no-montazhnykh rabot [Factors affecting the timing of construction and installation works] / A. V. Bannikova // Alleya Nauki [Avenue of Science]. – 2020. – № 3 (42). – P. 281–283.

- Bolotin, S. A. Metodologiya formirovaniya kompleksnoy zastroyki territorii s ispol'zovaniem BIM-programm i Project Management / S. A. Bolotin, A. X. Dadar // Nedvizhимость: экономика, управление. – 2020. – № 1. – С. 57–62.
- Bolotin, S. A. Metodika vizualizatsii kalendar'nogo planirovaniya v programme Autodesk Revit 2018 / S. A. Bolotin, X. V. Biche-Ool, A.-K. X. Dadar // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. – 2019. – № 6 (77). – С. 179–185.
- Li, X. Case Study on BIM and Value Engineering Integration for Construction Cost Control / X. Li, C. Wang, A. Alashwal // Advances in Civil Engineering. – 2021. – Vol. 8. – P. 1–13.
- Golovina, Y. I. Faktory, vliyayushchiye na sroki stroitel'stva [Factors influencing the construction time] / Y. I. Golovina, A. A. Ryzhkova, M. S. Harutunyan // Nauchnyye trudy KubGTU [Scientific works of KubSTU]. – 2018. – № 9. – P. 65–73.
- Zhavnerov, P. B. Povysheniye organizatsionno-tekhnologicheskoy nadezhnosti stroitel'stva za schet strukturnykh meropriyatii [Improving the organizational and technological reliability of construction due to structural measures] / P. B. Zhavnerov, A. V. Ginzburg // Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. – 2013. – № 3. – P. 196–200.
- Kurchenko, N. S. Metodika opredeleniya prodolzhitel'nosti stroitel'stva na osnove evolyutsionnogo modelirovaniya s uchetom sluchaynykh organizatsionnykh ozhidaniy [Methodology for determining the duration of construction based on evolutionary modeling taking into account random organizational expectations] / N. S. Kurchenko, A. V. Aleksetsev, S. S. Galkin // Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. – 2016. – № 10. – P. 120–130.
- Chan, A. P. C. A Benchmark Model for Construction Duration in Public Housing Developments / A. P. C. Chan, D. W. M. Chan // The International Journal of Construction Management. – 2014. – Vol. 3, iss. 1. – P. 1–14.
- Development of an approximate construction duration prediction model during the project planning phase for general office buildings / D.-J. Yeom, H.-M. Seo, Y.-J. Kim, C.-S. Cho, Y. Kim // Journal of Civil Engineering and Management. – 2018. – Vol. 24, № 3. – P. 238–253.
- Bolotin, S. A. Analiz sovremennykh metodov prognoza prodolzhitel'nosti stroitel'stva [Analysis of modern methods of forecasting the duration of construction] / S. A. Bolotin, A. H. Dadar, A. R. Malsagov // Nedvizhимость : ekonomika, upravleniye [Real estate: economics, management]. – 2018. – № 4. – P. 79–84.
- Dolayeva, Z. N. Sokrashcheniye srokov v stroitel'stve [Shortening of terms in construction] / Z. N. Dolayeva, A. Y. Makhov // Molodoy uchenyy [Young scientist]. – 2017. – № 5 (139). – P. 37–40.
- Oparina, L. A. Primeneniye tekhnologiy informatsionnogo modelirovaniya dlya upravleniya srokami stroitel'stva [Application of information modeling technologies for managing construction deadlines] / L. A. Oparina // Umnyye kompozity v stroitel'stve [Smart composites in construction]. 2021. – Vol. 2, № 2. – P. 48–55.
- Zhang, L. Management of Construction Schedules Based on Building Information Modeling Technology / L. Zhang, X. Zhang, T. Ma // Emerging Technologies for Information Systems, Computing, and Management. – 2013. – Vol. 236. – P. 81–88.
- Bolotin, S. A. Metodologiya formirovaniya kompleksnoy zastroyki territorii s ispol'zovaniyem BIM-programm i Project Management [Methodology of formation of complex development of the territory using BIM programs and Project Management] / S. A. Bolotin, A. H. Dadar // Nedvizhимость : ekonomika, upravleniye [Real estate: economics, management]. – 2020. –

№ 1. – P. 79–84.

19. Bolotin, S. A. Metodika vizualizatsii kalendar'nogo planirovaniya v programme Autodesk Revit 2018 [Methodology of visualization of calendar planning in the Autodesk Revit 2018 program] / S. A. Bolotin, H. V. Biche-Ool, A.-K. H. Dadar // Vest-

УДК 69.05

## Индексная система для формирования комплексного показателя качества высотных зданий в Африке

Index System for the Formation of Complex Quality Indicators of High-Rise Buildings in Africa

DOI: 10.54950/26585340\_2023\_3\_19

Огидан Оламипе Тимоти

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

Ogidan Olamipe Timothy

Postgraduate student, Lecturer 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, ogidano@gmail.com

Кардава Александр Мерабиевич

Индивидуальный предприниматель, alkardava@gmail.ru

Karadava Alexander Merabievich

Individual entrepreneur, alkardava@gmail.ru

**Аннотация.** Строительство высотных зданий является актуальным вопросом в Африке. В последнее десятилетие наблюдается увеличение числа таких строительных проектов. Однако успех этих проектов в развивающихся странах во многом зависит от систем управления. Данное исследование направлено на создание индексной системы для понимания и присвоения весов организационных, технических и управленческих факторов, влияющих на успех. В анализе используется многоуровневая факторная модель эксперимента для анализа факторов на четырех уровнях. Первый уровень – комплексный показатель качества, затем – группы участников строительства, затем факторы и, наконец, параметры. Параметрам присваиваются мини-

**Abstract.** High-rise building construction has been a topical issue in Africa. The past decade has seen an increase in the number of such building projects. However, the success of these projects in developing countries highly depends on the management systems. The study aims to create and index system for understanding and weighing organizational, technical and management factors that affect the success. The analysis uses the multi-level factor experiment model to analyze the factors into four levels of the complex quality indicator, then into groups of the participants in construction, followed by factors and finally

### Введение

Переход оценки развития от количества построенных зданий к качеству построенных объектов способствовал динамике развития высотного строительства в Нигерии, являющегося опорой строительства зданий и строительной экономики. Успех строительной отрасли в африканском государстве может быть связан с использованием систем управления инвестиционно-строительными проектами. С увеличением числа зданий выше 100 м в Нигерии достижение целей, заданных проектами, усложняется по различным причинам, что приводит к огромным потерям финансовых, материальных и трудовых ресурсов.

Статистика построенных на Африканском континенте высотных зданий выше 100 м за последнее десятилетие показана на рисунке 1. Руководители проектов и другие руководящие участники строительства высотных зданий

- nik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers]. – 2019. – № 6 (77). – P. 179–185.
20. Li, X. Case Study on BIM and Value Engineering Integration for Construction Cost Control / X. Li, C. Wang, A. Alashwal // Advances in Civil Engineering. – 2021. – Vol. 8. – P. 1–13.

мальные и максимальные значения для определения границ индекса. Результаты исследования показывают группы с наибольшей вероятностью успеха, а также группы с наибольшими факторами риска. Руководители проектов, заказчики и генподрядные компании для принятия рациональных решений в течение жизненного цикла строительного-инвестиционного проекта в Африке могут использовать индексную систему.

**Ключевые слова:** организационно-технические решения, индексная система, инвестиционно-строительный проект, интегральный потенциал, управление проектами, многоуровневая факторная модель эксперимента.

parameters. The parameters are assigned minimum and maximum values to determine the index boundaries. The results of the research show the groups with highest probability of success, as well as, groups with highest risk factors. Project managers, clients and general contracting companies to take rational decisions during the life cycle of a construction investment project in Africa can use the index system.

**Keywords:** organizational and technical decisions, index system, construction investment project, integral potential, project management, multi-level factor experiment model.

применяют системы управления проектами с целью снижения таких рисков, как значительный перерасход финансовых и даже временных ресурсов и проблемы организационной структуры, возникающие в традиционной системе управления [1]. При изучении передовых систем и методов управления строительными проектами и обзоре локальных условий производства строительных продукции выявлено, что разработка организационно-технического индекса считается неизбежной тенденцией.

Стратегия внедрения управления проектами в развивающихся странах должна соответствовать культуре и характеристикам конкретного общества и конфигурации его экономической, политической и административной системы [2]. Технология анализа принятых организационно-технических решений при управлении для успешного строительного проекта использовалась в развитых

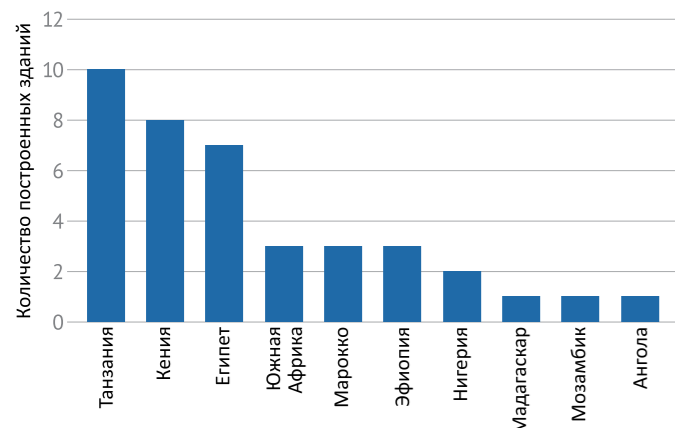


Рис. 1. Построенные здания выше 100 м в Африке с 2013 по 2023 гг.

Fig. 1. Completed construction of buildings taller than 100 m in Africa from 2013 to 2023

странах для предотвращения и снижения рисков, в чем был достигнут значительный успех. Эти методы разработаны на основе программы производства высотных зданий и управления их строительством, а также комплексной и систематической идентификации организационно-технических факторов риска [3]. Первым шагом анализа риска для них является качественная или количественная оценка факторов риска. Следующим шагом является принятие научных мер по управлению рисками, которые могут снизить или устранить риски на основе результатов первой оценки.

Метод анализа, основанный на интегральном потенциале, представляет собой метод принятия решений для определения приоритетов альтернатив, когда необходимо учитывать несколько критериев. Инвестиционно-строительный проект рассматривается с точки зрения системотехники с использованием сложившейся терминологии системотехники строительства, представляющего собой совокупность групп процессов, объединенных единым организационным подходом, тех-

нологической последовательностью, функциональным назначением, а также иными организационными, технологическими и управленческими факторами [4]. Метод анализа, основанный на интегральном потенциале, широко применяется во всем мире в различных областях, в том числе в строительстве [5–7].

Организационно-технические факторы, оказывающие влияние на достижение требуемых конечных показателей строительного производства зданий высотой более 100 м, определялись на основе особенностей африканских государств. Следующим шагом является присвоение веса различным факторам, оказывающим влияние на достижение требуемых конечных показателей, с помощью анкеты [8]. Наконец, в соответствии с методом анализа, основанным на интегральном потенциале, была построена индексная система организационно-технических факторов.

**Материалы и методы**

Существует множество факторов влияния, некоторые из них трудно поддаются количественной оценке, в связи с чем в процессе анализа первые факторы, влияющие на строительное производство, можно разделить на работы, связанные с заказчиком; работы, связанные с консультантом; работы, связанные с генеральной подрядной организацией; работы, связанные с материальными и трудовыми ресурсами; работы, связанные с проектированием; и внешние факторы. Структура оценки представлена на рисунке 2.

В перечень влияющих факторов, связанных с заказчиком, входят качество проектной документации, качество заключения договора, качество управления и качество тендерного процесса. В перечень влияющих факторов, связанных с консультантом (техническим заказчиком), входят опыт ведения работы, качество планирования и качество управления. В перечень влияющих факторов, связанных с генеральной подрядной организацией, входят качество генподрядной организации, квалификация бригад ИТР, производительность работ. В перечень влия-

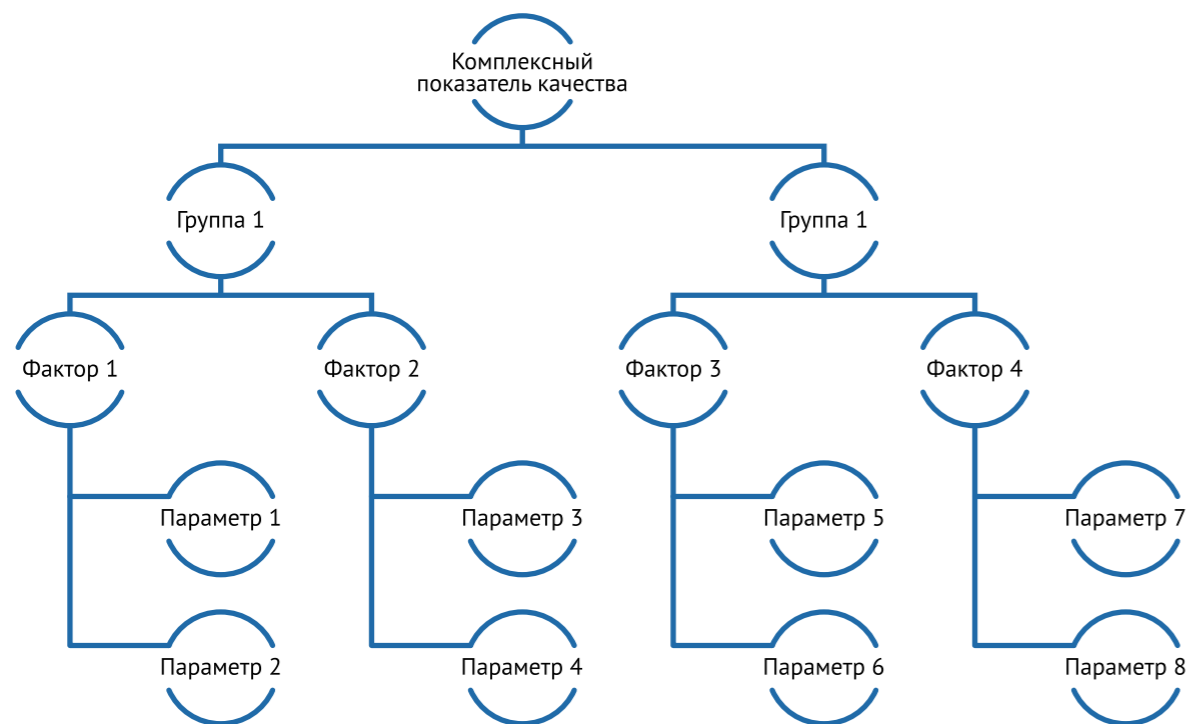


Рис. 2. Структура методики моделирования факторных систем [4]  
Fig. 2. Structure of the factor system modelling method

Параметр		1	2	3
G1F1P1	Изменение объема строительства	-1	0	1
G1F1P2	Применение технологий информационного моделирования	1	0	-1
G1F1P3	Наличие научно-технического сопровождения	1	0	-1
G1F2P1	Позднее соглашение	-1	0	1
G1F2P2	Продолжительное заключение	-1	0	1
G1F2P3	Уклонение от ответственности	1	0	-1
G1F3P1	Изменение управленцев	-1	0	1
G1F3P2	Наличие научно-технического сопровождения	1	0	-1
G1F4P1	Тендер по самой низкой цене	-1	0	1
G2F1P1	Опыт проведения работы по НТС более 10 лет	1	0	-1
G2F1P2	Наличие научно-технического сопровождения	1	0	-1
G2F2P1	Детальное и индивидуальное производство раздела ПОС	1	0	-1
G2F2P2	Своевременный контроль качества проектной документации	1	0	-1
G2F2P3	Своевременный контроль качества рабочей документации	1	0	-1
G2F2P4	Своевременный контроль качества работы подрядных организаций	1	0	-1
G2F3P1	Опыт управления в высотном строительстве более 10 лет	1	0	-1
G2F3P2	Наличие службы научно-технического сопровождения	1	0	-1
G3F1P1	Наличие в штате инженера по охране труда и технике безопасности	1	0	-1
G3F1P2	Наличие внутренней службы контроля качества	1	0	-1
G3F1P3	Высокая степень управления строительной площадкой, в т. ч. устойчивая утилизация отходов	1	0	-1
G3F1P4	Наличие службы научно-технического сопровождения	1	0	-1
G3F2P1	Стаж работы не менее 5 лет в области деятельности	1	0	-1
G3F2P2	Повышение квалификации специалистов в течение 3 лет	1	0	-1
G3F2P3	Высшее образование в области деятельности	1	0	-1
G3F3P1	Производительность ≥ 0,9	1	0	-1
G3F3P2	Соотношение ремонтно-восстановительных работ	1	0	-1
G3F3P3	Высокое качество выполняемых и выполненных работ	1	0	-1
G3F3P4	Завершение работ в срок или раньше срока	1	0	-1
G4F1P1	Соответствие утвержденной проектной документации	1	0	-1
G4F1P2	Наличие значительных дефектов и брака	-1	0	1
G4F1P3	Возможность обслуживания оборудования	1	0	-1
G4F2P1	Значительное производство материалов и оборудования локализовано	1	0	-1
G4F2P2	Технологии координационного планирования маршрутов и графиков поставок	1	0	-1
G4F2P3	Наличие перебоев снабжения (электричество, вода и др.)	-1	0	1
G4F3P1	Нехватка трудовых ресурсов	-1	0	1
G4F3P2	Рост оплаты труда	-1	0	1
G4F3P3	Забастовки	-1	0	1
G4F3P4	Квалифицированные рабочие	1	0	-1
G4F4P1	Наличие современной высокопроизводительной техники для подъема и передвижения грузов	1	0	-1
G4F4P2	Наличие современных высокопроизводительных средств малой механизации	1	0	-1
G5F1P1	Изменение в проектной документации	-1	0	1
G5F1P2	Качественное составление сметной стоимости	1	0	-1
G5F1P3	Применение технологий информационного моделирования	1	0	-1
G5F1P4	Уникальность здания	-1	0	1
G5F1P5	Наличие научно-технического сопровождения	1	0	-1
G5F2P1	Соответствие требованиям и утвержденной программе работ	1	0	-1
G5F2P2	Наличие научно-технического сопровождения	1	0	-1
G6F1P1	Строительство в зоне действия высоких температур	-1	0	1
G6F1P2	Строительство в зоне высокого уровня грунтовых вод	-1	0	1
G6F1P3	Строительство в период высокого количества осадков	-1	0	1
G6F2P1	Инфляция в период строительства	-1	0	1
G6F3P1	Нестабильность	-1	0	1
G6F3P2	Бюрократия	-1	0	1

Примечание. Для статистических целей «1» – присутствует, «0» – частично присутствует, «-1» – отсутствует. Сумма показателей первого столбца равна 17, второго столбца – 0 и третьего столбца равна -17.

Табл. 1. Множество показателей успешных инвестиционно-строительных проектов  
Tab. 1. The parameter set of successful construction investment project

ющих факторов, связанных с материальными и трудовыми ресурсами, входят качество поставляемых материалов, изделий и оборудования, инфраструктура, качество трудовых ресурсов и уровень автоматизации и механизации производства. В перечень влияющих факторов, связанных с проектированием, входят качество проектной документации и качество инженерно-геодезических изысканий. В перечень влияющих внешних факторов входят природно-климатические факторы, экономические факторы, политические факторы.

Поскольку анализируемые данные являются систематическими и иерархическими, требуется возможность точного распределения факторов каждого элемента [9–11]. Итак, прежде всего нам необходимо определить факторы успеха инвестиционно-строительных проектов. Под комплексным показателем качества продукции понимается количественная характеристика нескольких свойств, составляющих ее качество. Учет организационно-технических факторов, способных оказывать влияние на количественные показатели, при формировании модели управленческих решений способствует успеху инвестиционно-строительного проекта.

Факторы успеха инвестиционно-строительных проектов относятся к рабочему состоянию заказчика, консультанта, генподрядчика, проектирования, материальных и трудовых ресурсов и внешних условий. В частности, рабочее состояние заказчика включает качество проектной документации (изменялись проектные решения после окончания проекта в связи с низким качеством или нет, применены технологии информационного моделирования или нет, наличие научно-технического сопровождения), качество заключения договора (период соглашения договора

позднее или нет, продолжительность самого процесса заключения, наказывается уклонение от ответственности или нет), качество управления и качество тендерного процесса.

#### Результаты

Результат расчета сумм показателей параметров показывает, что высока вероятность успешно управлять инвестиционно-строительным проектом в условиях африканских государств, когда присутствуют все факторы успеха, такие как наличие научно-технического сопровождения или применение технологий информационного моделирования, а также когда отсутствуют факторы риска. С точки зрения второго уровня показателей, работы, связанные с консультантом (техническим заказчиком), генеральной подрядной организацией, материальными и трудовыми ресурсами и проектированием, имеют больше факторов успеха, чем факторы риска инвестиционно-строительного проекта. Аналогично – внешние факторы и работы, связанные с заказчиком, имеют больше факторов риска, чем факторы успеха инвестиционно-строительного проекта.

#### Вывод

1. В данной статье проводится исследование организационно-технических решений со стороны участников инвестиционно-строительного проекта. Выводы таковы: в условиях африканских государств, где основные факторы непосредственно влияют на успешное управление проектами, согласно результатам анализа можно предположить, что предложенная модель применима.

2. Принятие метода анализа, основанного на интегральном потенциале для анализа факторов влияния, подходит для построения индексной системы организационно-технических факторов.

ная инженерная академия, Российская инженерная академия ; под ред. А. А. Гусакова. – Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004.

7. Saaty, T. L. Group decision making and the AHP / T. L. Saaty. – New York : Springer-Verlag, 1989.
8. Construction of index system for external risk factors of disease on large-scale farm based on the analytic hierarchy process / Y.-T. Zang, Y.-P. Tan, Y.-N. Hu, C.-H. Lu // Procedia Engineering. – 2012. – Vol. 37, № 12. – P. 274–280.
9. A Traffic Accident Causation Analysis Method Based on AHP-Apriori / J. Xi., Z. Zhao, W. Li, Q. Wang // Procedia Engineering. – 2016. d – № 137. – P. 680–687.
10. E. Heo, J. Selecting hydrogen production methods using fuzzy analytic hierarchy process with opportunities, costs, and risks / E. Heo, J. Kim, S. Cho // International Journal of Hydrogen Energy – 2012. – Vol. 37, № 23. – P. 17655–17662.
11. Бидов, Т. Х. Систематизация факторов, влияющих на эффективность реализации строительного проекта генподрядной организацией в направлении FIT-OUT / Т. Х. Бидов, А. Д. Котельникова // Известия тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 1. – С. 270–274.

veloping Countries / W. Yanwen // Physics Procedia – 2012. – № 25. – P. 1547–1552.

3. Orlov, K. O. Kompleksnyj pokazatel' rezul'tativnosti projektov massovoj malohtazhnoj zastrojki pri ispol'zovanii razlichnykh sovremennykh tekhnologij modul'nogo domostroeniya [A comprehensive indicator of the effectiveness of mass low-rise development projects when using various modern technologies of modular housing construction] / K. O. Orlov // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – 2013. – № 1. – P. 40–42.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лapidus, А. А. Комплексный показатель качества организационно-технологических решений при возведении конструктивных элементов железобетонных зданий / А. А. Лapidus, В. А. Мурия // Строительное производство. – 2020. – № 2. – С. 3–9.
2. Yanwen, W. The Study on Complex Project Management in Developing Countries / W. Yanwen // Physics Procedia – 2012. – № 25. – P. 1547–1552.
3. Орлов, К. О. Комплексный показатель результативности проектов массовой малоэтажной застройки при использовании различных современных технологий модульного домостроения / К. О. Орлов // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 1. – С. 40–42.
4. Лapidus, А. А. Потенциал эффективности организационно-технологических решений строительного объекта / А. А. Лapidus // Вестник МГСУ. – 2014. – № 1. – С. 175–180.
5. Лapidus, А. А. Исследование факторов, влияющих на показатель потенциала строительной площадки / А. А. Лapidus, Л. П. Демидов // Вестник МГСУ. – 2014. – № 4. – С. 160–166.
6. Гусаков, А. А. Системотехника строительства / Московский государственный строительный университет, Международ-

#### REFERENCES

1. Lapidus, A. A. Kompleksnyj pokazatel' kachestva organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij pri vozvedenii konstruktivnykh elementov zhelezobetonnykh zdaniy [A comprehensive indicator of the quality of organizational and technological solutions in the construction of structural elements of reinforced concrete buildings] / A. A. Lapidus, V. A. Murya // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – 2020. – № 2. – P. 3–9.
2. Yanwen, W. The Study on Complex Project Management in De-

4. Lapidus, A. A. Potentsial ehffektivnosti organizatsionno-tekhnologicheskikh resheniy stroitel'nogo ob'ekta [Efficiency Potential of Management and Technical Solutions for a Construction Object] / A. A. Lapidus // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2014. – № 1. – P. 175–180.
5. Lapidus, A. A. Issledovanie faktorov, vliyayushchikh na pokazatel' potentsiala stroitel'noy ploshchadki [Investigation of the Factors Influencing the Potential Indicator of a Construction Site] / A. A. Lapidus, L. P. Demidov // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2014. – № 4. – P. 160–166.
6. Gusakov, A. A. Sistemotekhnika stroitel'stva [System Engineering of construction] / Moskovskij gosudarstvennyj stroitel'nyj universitet, Mezhdunarodnaya inzhenernaya akademiya, Rossijskaya inzhenernaya akademiya ; pod red. A. A. Gusakova [Moscow State University of Civil Engineering, International Engineering Academy, Russian Engineering Academy ; edited by A. A. Gusakov]. – Moscow : Izdatel'stvo Assotsiatsii stroitel'nykh vuzov [Publishing House of the Association of Construction Universities], 2004.
7. Saaty, T. L. Group decision making and the AHP / T. L. Saaty. –

УДК 1418

## Факторы, влияющие на устойчивость инжиниринговых организаций

Factors Affecting the Sustainability of Engineering Organizations

### Лapidus Azariy Abramovich

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

Lapidus Azariy Abramovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of 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, lapidus58@mail.ru

### Назыпова Светлана Викторовна

Аспирант, преподаватель кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, s9411192@gmail.com

Nazypova Svetlana Viktorovna

Graduate student, Lecturer 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, s9411192@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассмотрены понятия «инжиниринговая организация», «устойчивость» и «надежность». Описаны особенности инжиниринговых организаций, а также вопросы обеспечения их устойчивости в условиях высокой волатильности рынка, нестабильности и изменчивости внешних и внутренних факторов. Для дальнейшей работы по исследованию предложено реализовать ряд последовательных этапов, таких как: выявление, классификация и мониторинг факторов текущей устойчивости организации; оценка воздействия факторов, степени срочности ответной реакции; ранжирование факторов и отбор наиболее значимых; постановка стратегических задач и мероприятий, увязанных с содержанием данных факторов для обеспечения текущей устойчивости организации; постановка стратегических задач и мероприятий, увязанных с содержанием данных факторов для обеспечения текущей устойчивости организации. С целью достижения поставленных целей исследования автором были идентифицированы критически значимые для обеспечения устойчивого функционирования инжиниринговой организации факторы. Выделенные факторы, в свою очередь, в зависимости от причинно-следственной свя-

- New York : Springer-Verlag, 1989.
8. Construction of index system for external risk factors of disease on large-scale farm based on the analytic hierarchy process / Y.-T. Zang, Y.-P. Tan, Y.-N. Hu, C.-H. Lu // Procedia Engineering. – 2012. – Vol. 37, № 12. – P. 274–280.
9. A Traffic Accident Causation Analysis Method Based on AHP-Apriori / J. Xi., Z. Zhao, W. Li, Q. Wang // Procedia Engineering. – 2016. – № 137. – P. 680–687.
10. E. Heo, J. Selecting hydrogen production methods using fuzzy analytic hierarchy process with opportunities, costs, and risks / E. Heo, J. Kim, S. Cho // International Journal of Hydrogen Energy – 2012. – Vol. 37, № 23. – P. 17655–17662.
11. Бидов, Т. Х. Систематизация факторов, влияющих на эффективность реализации строительного проекта генподрядной организацией в направлении FIT-OUT [Systematization of factors affecting the efficiency of the implementation of a construction project by a general contractor in the direction of FIT-OUT] / Т. Х. Бидов, А. Д. Котельникова // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki [Izvestiya Tula State University]. – 2023. – № 1. – P. 270–274.

DOI: 10.54950/26585340\_2023\_3\_23

**Abstract.** The article discusses the concepts of «engineering organization», «sustainability» and «reliability». The features of engineering organizations are described, as well as issues of ensuring their stability in conditions of high market volatility, instability and variability of external and internal factors. For further work on the study, it is proposed to implement a number of sequential stages, such as: identification, classification and monitoring of factors of the current stability of the organization; assessment of the impact of factors, the degree of urgency of the response; ranking of factors and selection of the most significant; setting strategic objectives and activities related to the content of these factors to ensure the current sustainability of the organization; Setting strategic objectives and activities related to the content of these factors to ensure the current sustainability of the organization. In order to achieve the goals of the study, the author identified factors that are critically important for ensuring the sustainable functioning of an engineering organization.

### Введение

При возрастающей потребности организаций, в том числе инжиниринговых, в обеспечении их устойчивости в условиях высокой волатильности рынка, нестабильности и изменчивости внешних и внутренних факторов автор считает необходимым определить факторы, влияющие на устойчивость инжиниринговых организаций. При этом **конечной целью исследования являются определение комплексного показателя устойчивости инжиниринговых организаций и разработка программного продукта для оперативного принятия решений при управлении инжиниринговыми организациями.**

Устойчивость предприятия связана со способностью производственной системы сохранять свои основные функциональные параметры, развиваться и изменяться в соответствии с изменениями внешней среды и восстанавливать установившиеся параметры при существенных изменениях внешних и внутренних факторов. При этом всегда существует некоторый критический для системы порог изменения данных факторов, когда происходит потеря устойчивости.

В современных условиях деятельность организаций всегда сопровождается вероятностью проявления незапланированных обстоятельств. Это говорит о неопределенности окружающей среды организации. Возрастающая неопределенность и невозможность точного прогнозирования будущего состояния окружающей среды не позволяет организации учесть все обстоятельства при формировании своей стратегии. При этом новые обстоятельства могут как открывать для организации новые перспективы, так и оказывать негативное влияние, поставив под вопрос возможность дальнейшей нормальной деятельности.

В условиях сложности в принятии решений, необходимости в точной оценке различных альтернатив, предсказательного функционала, мультипотокового входа – переход к передовым цифровым технологиям в виде цифровой поддержки принятия решений является одной из приоритетных задач для обеспечения текущей устойчивости инжиниринговых организаций.

Исходя из этого, комплекс программных средств организации должен обеспечивать возможность реализации следующих функций:

- выявление системных причин отклонений, диагностика системы для определения проблем;

The selected factors, in turn, depending on the causal relationship, are divided into groups of interdependent factors of the first and second level.

To solve the tasks set in this study, it is necessary to conduct analytical and experimental studies. Based on their results, it is necessary to form quantitative indicators of the sustainability factors of engineering organizations; characteristics of the correlation dependence of the identified factors for the sustainability of engineering organizations; calculate a weighted assessment of the impact of factors; assess the probability of the consequences of each factor; estimate the time of the consequences; to assess the required speed of the organization's response to each factor of current sustainability; to form a matrix of factors based on the analysis.

**Keywords:** sustainability of an engineering organization, engineering organization, sustainability factors, system reliability, assessment of the impact of factors, production factors.

- расчет необходимых изменений системы (изменений параметров системы) для устранения отклонения от заданной траектории движения (расчет необходимого или рекомендуемого управляющего воздействия);
- расчет (прогноз) последствий решений руководителя на этапе проработки решения;
- расчет процессов функционирования системы, траектории движения к целевому состоянию;
- учет всех видов ресурсов, включая материальные, информационные, социальные, интеллектуальные, пространственные, временные [1].

В данной статье автор ставит перед собой следующие задачи:

1. Определить понятие устойчивости организации;
2. Определить факторы, влияющие на устойчивость инжиниринговых организаций;
3. Определить перечень аналитических и экспериментальных исследований, необходимых для ранжирования и отбора наиболее значимых факторов.

### Материалы и методы

Согласно Национальному стандарту Российской Федерации «Инжиниринг в строительстве», утвержденному и введенному в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 июля 2018 г. № 416-ст, «целями инжиниринга в строительстве являются разработка, изменение (в целях улучшения) и контроль реализации организационно-технических (МД-3.02-2000 «Технологические правила проектирования объектов строительства»), управленческих и финансово-экономических моделей систем (объектов) и процессов в соответствии с поставленными целями на протяжении жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта.

При этом назначением инжиниринга в строительстве являются:

- разработка проектной документации объекта или процесса;
- разработка конструкторской документации объекта или процесса;
- разработка организационно-технической (технологической) документации объекта или процесса;
- разработка рекомендаций, проведение консультаций и аудита проектной, конструкторской или организационно-технической (технологической) документации объекта или процесса;

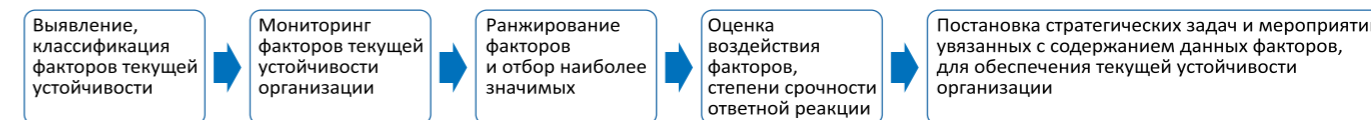


Рис. 1. Этапы исследования  
Fig. 1. Research stages

- выполнение функций технического заказчика;
- ведение авторского надзора за ходом строительства;
- выбор и заказ основного оборудования;
- руководство пусконаладочными работами;
- обучение эксплуатационного персонала». [Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 июля 2018 г. № 416-ст / ГОСТ Р 58179-2018.]

Следует отметить, что в исследованиях некоторых авторов отмечаются слабые стороны инжиниринга в России, а именно низкий уровень управления рисками [2].

При этом ряд исследователей делает акцент на практическом значении объектов инжиниринга, определяя его как приложение науки в практических предметных областях [3–7].

Под устойчивостью компании, как правило, понимается ее способность в течение определенного времени сохранять показатели деятельности в допустимых пределах даже в случае, если внешние условия не позволяют текущей деятельности быть экономически эффективной. Особое значение в данном контексте имеет целенаправленность деятельности организации, которая может быть выражена целой иерархической системой целей. При этом цель устойчивого развития включает производственные, экономические, финансовые и социальные подцели. Производственные подцели ориентированы на эффективное использование всех ресурсов, выбор технологии с минимальными затратами и максимизацией дохода.

Под устойчивостью понимается не стабильность как отсутствие глубоких изменений, а эффективность и надежность работы компании как системное явление.

Под надежностью системы понимается «свойство системы достигать заданного результата в процессе функционирования в течение заданного времени», «свойство системы, позволяющее ей устойчиво выполнять свои функции при проявлении сбоев, отказов и ошибок в определенных ее частях» [8].

Надежность является одной из существенных сторон качества функционирования системы, ее безопасности и работоспособности.

Под безотказностью понимают способность системы сохранять устойчивое рабочее состояние (не иметь отказов) в течение рассматриваемого промежутка времени.

Нормальная работоспособность системы определяется допустимыми значениями характеризующих систему параметров [9].

Устойчивость, как комплексная характеристика, имеет несколько форм проявления, которые можно представить в виде классификации по определенным независимым и существенным признакам.

1. По измерительным признакам: количественная, качественная формы.
2. По уровню проявления: предприятие в целом, структурное подразделение, рабочее место.

3. По сфере проявления: финансовая, маркетинговая, производственно-технологическая, организационно-управленческая, социальная сферы.

4. По сроку проявления: краткосрочная, среднесрочная, долгосрочная [10].

Идеального устойчивого состояния организации достичь невозможно, это понятие является относительным, а не абсолютным с точки зрения соотношения понятий абсолютность и относительность истины. К идеально устойчивому состоянию можно лишь приближаться, потому что постоянно пересматриваются стратегические приоритеты организации. К тому же под влиянием различных внутренних и внешних факторов динамично изменяется характер и эффективность использования ресурсов предприятием, что выражается в разной динамике отдельных показателей, измеряющих результат деятельности.

Устойчивость как важное свойство предприятия является не только относительной, но и динамической категорией, которая требует постоянного мониторинга. Относительно мониторинга устойчивости целесообразно учитывать, что поддержание всех ресурсов предприятия в нормальном состоянии, которое обеспечивает устойчивое развитие, становится возможным в условиях адекватного реагирования на изменения деловой среды.

Для обеспечения текущей устойчивости предлагается реализовать ряд последовательных этапов (рисунок 1):

- 1) Выявление, классификация факторов текущей устойчивости организации;
- 2) Мониторинг факторов текущей устойчивости организации;
- 3) Ранжирование факторов и отбор наиболее значимых;
- 4) Оценка воздействия факторов, степени срочности ответной реакции;
- 5) Постановка стратегических задач и мероприятий, увязанных с содержанием данных факторов, для обеспечения текущей устойчивости организации [11].

При этом под стратегической задачей понимается предстоящее событие либо внутри организации, либо за ее пределами, которое может существенным образом повлиять на ее способность достигать свои цели.

Первый этап заключается в идентификации критически значимых для обеспечения устойчивого функционирования инжиниринговой организации факторов. При анализе факторов текущей устойчивости для инжиниринговой компании, деятельность которой сопряжена с работой в различных направлениях, необходимо найти такие факторы, которые будут оказывать влияние на устойчивость работы как каждого направления деятельности, так и организации в целом.

Целью выявления факторов текущей устойчивости является системная идентификация различных кризисных и потенциально кризисных ситуаций, способных оказывать влияние на устойчивость организации с дальнейшей

оценкой воздействия факторов и степени срочности ответной реакции [12].

В данной статье рассмотрим производственно-технологические факторы внутренней среды, которые, по мнению автора, являются такими факторами.

Автор выделил несколько факторов, которые, по его мнению, оказывают существенное влияние на устойчивость инжиниринговой организации:

1. Качественный состав кадров по уровню их квалификации, в т. ч. степень специализации и разделения труда;
2. Обеспеченность предприятия персоналом по категориям и основным профессиям (количественный состав) (достаточность персонала соответствующих категорий позволяет выполнять договорные обязательства в срок с соответствующим уровнем качества);
3. Объем выработки на человека (количественный показатель, который характеризует кадровый потенциал компании);
4. Объем брака в общем объеме произведенных услуг (работ, продукции);
5. Обеспеченность оборудованием;
6. Обеспеченность программным обеспечением;
7. Физический и моральный износ оборудования;
8. Моральный износ программного обеспечения;
9. Темпы обновления технологии (обновление применяемых технологий производства и управления, заключающееся в разработке и внедрении современных технологий в сфере производства и управления);

10. Уровень фактического использования производственных мощностей;
11. Применение параллельного инжиниринга (одновременное выполнение задач);
12. Уровень эффективности менеджмента на производстве;
13. Информационно-коммуникационная сбалансированность (скорость прохождения информации к элементам производственной системы);
14. Выполнение договорных сроков при производстве работ (оказании услуг);
15. Качество выпускаемой продукции (работ, оказываемых услуг);
16. Объем выпускаемой продукции (работ, оказываемых услуг).

Среди перечисленных факторов в зависимости от причинно-следственной связи можно выделить группы взаимозависимых факторов. Автор объединил их в группы первого и второго уровней, где факторы первого уровня являются основополагающими, влияющими на факторы второго и последующих уровней (рисунок 2).

Однако как приведенные факторы, так и разбивка их на группы является мнением автора, которое требует подтверждения дальнейшими исследованиями.

Для решения поставленных в данном исследовании задач необходимо провести аналитические и экспериментальные исследования:

- 1) сформировать количественные показатели факторов устойчивости инжиниринговых организаций;

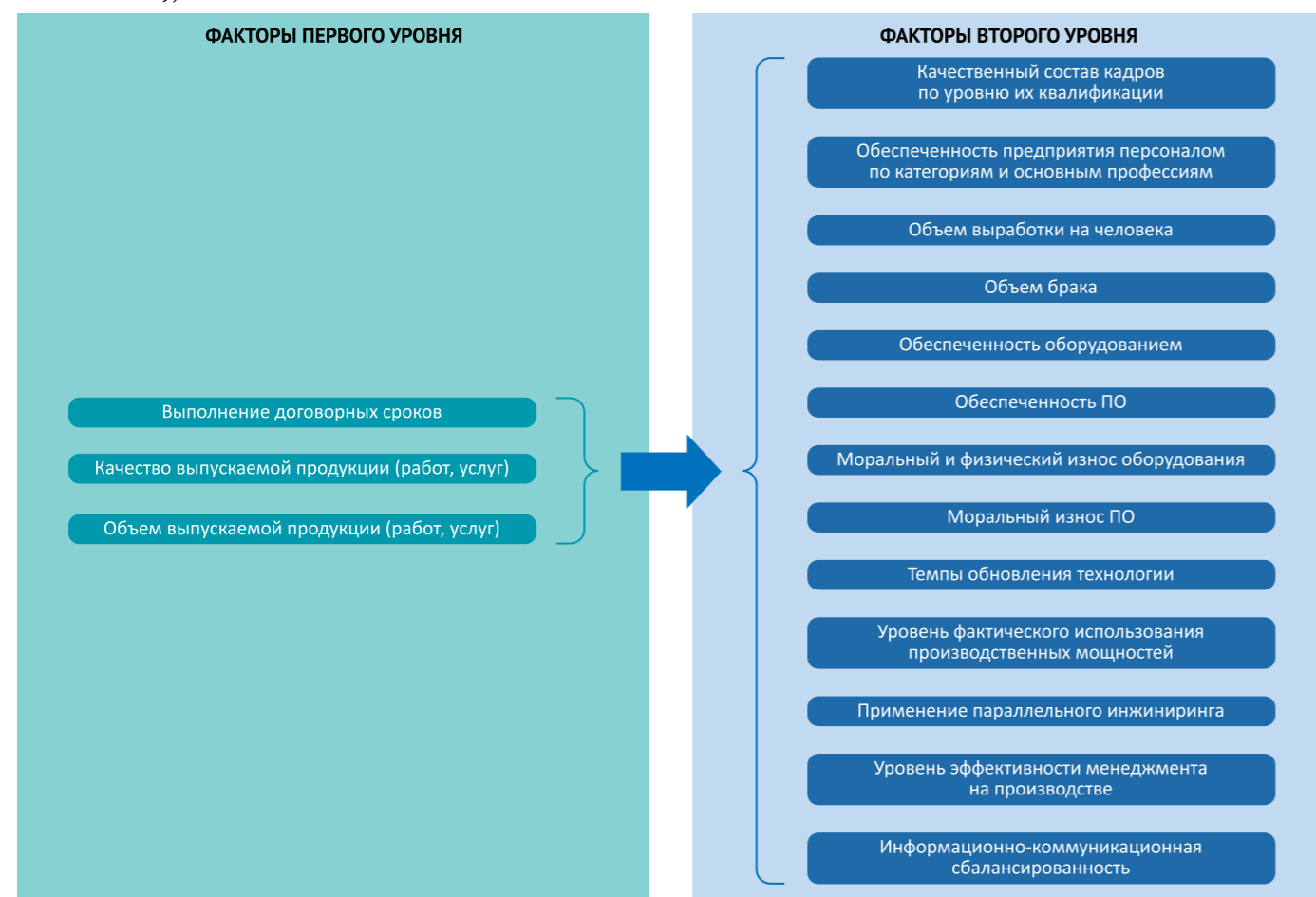


Рис. 2. Группы факторов  
Fig. 2. Groups of factors

- 2) сформировать характеристики корреляционной зависимости выявленных факторов для устойчивости инжиниринговых организаций;
- 3) произвести расчет взвешенной оценки воздействия факторов;
- 4) провести оценку вероятности наступления последствий каждого фактора;
- 5) произвести оценку времени наступления последствий;
- 5) произвести оценку необходимой скорости ответной реакции организации на каждый фактор текущей устойчивости;
- 6) на основе проведенного анализа сформировать матрицу наиболее значимых факторов.

#### Результаты

1. Определены факторы, влияющие на устойчивость инжиниринговых организаций;
2. Определены этапы для обеспечения устойчивости организации;

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самосудов, М. В. Необходимость и возможность комплексных программных решений для автоматизации управления развитием организации / М. В. Самосудов, Я. П. Зуйков, П. П. Багрин // Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии : сборник научных статей. – Екатеринбург : Институт экономики Уральского отделения РАН, 2022. – С. 206–216.
2. Кесаев, С. А. Управление процессом развития инжиниринга в инновационной системе мегаполиса : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Кесаев Сослан Аланович ; Государственный университет управления. – Москва, 2015. – 199 с.
3. Рыбец, Д. В. Этапы развития инжиниринговых (инженерно-консультационных) услуг на мировом рынке / Д. В. Рыбец, Е. И. Босин // Российский внешнеэкономический вестник. – 2016. – № 1. – С. 101–111.
4. Лapidus, А. А. Устойчивость организационно-производственных систем в условиях рисков и неопределенности строительного производства / А. А. Лapidus, И. Л. Абрамов // Перспективы науки. – 2018. – № 6. – С. 8–11.
5. Абрамов, И. Л. Система показателей устойчивости строительных предприятий в различных условиях функционирования / И. Л. Абрамов // Строительное производство. – 2020. – № 1. – С. 93–99.
6. Абрамов, И. Л. Система показателей устойчивости строи-

#### REFERENCES

1. Samosudov, M. V. Neobkhodimost' i vozmozhnost' kompleksnykh programnykh reshenij dlya avtomatizatsii upravleniya razvitiem organizatsii [Necessity and possibility of complex software solutions for automation of organization development management] / M. V. Samosudov, Y. P. Zuykov, P. P. Bagrin // Tsifrovaya transformatsiya promyshlennosti: tendentsii, upravlenie, strategii : sbornik nauchnykh statej [Digital transformation of industry: trends, management, strategies : collection of scientific articles]. – Yekaterinburg : Institut ekonomiki Ural'skogo otdeleniya RAN [Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences], 2022. – P. 206–216.
2. Kesaev, S. A. Upravlenie protsessom razvitiya inzhiniringa v innovatsionnoj sisteme megapolisa : dis. ... kand. ehkon. nauk : 08.00.05 [Management of the engineering development process in the innovation system of the megapolis : dis. ... Candidate of Economic Sciences : 08.00.05] / Kesaev Soslan Alanovich ; Gosudarstvennyj universitet upravleniya [State University of Management]. – Moscow, 2015. – 199 p.

3. Определен перечень аналитических и экспериментальных исследований, необходимых для ранжирования и отбора наиболее значимых из них.

#### Заключение

В ходе проведения анализа данных сформированы предпосылки для дальнейшего проведения эксперимента:

1. Определены факторы, влияющие на устойчивость инжиниринговых организаций;
2. Определены этапы для обеспечения устойчивости организации;
3. Определен перечень аналитических и экспериментальных исследований, необходимых для ранжирования и отбора наиболее значимых из них.

**Полученные в ходе эксперимента данные дадут возможность рассчитать комплексный показатель устойчивости инжиниринговых организаций, при использовании которого можно будет разработать методику по оценке и обеспечению их устойчивости.**

7. Абрамов, И. Л. Исследование влияния дестабилизирующих факторов на устойчивость функционирования строительных предприятий / И. Л. Абрамов // Экономика строительства. – 2018. – № 6 (54). – С. 32–36.
8. Гусаков, А. А. Системотехника строительства. Терминология / А. А. Гусаков. – Москва : Стройиздат, 1993. – 368 с.
9. Гусаков, А. А. Системотехника строительства / А. А. Гусаков. – Москва : Фонд «Новое тысячелетние», 2002. – 432 с.
10. Стукалова, Д. Ю. Устойчивость организации как комплексная характеристика и объект изучения / Д. Ю. Стукалова, Т. Н. Бугаева // Теория и практика финансово-хозяйственной деятельности предприятий различных отраслей : сборник трудов II Национальной научно-практической конференции, Керчь, 27 октября 2020 г. – Под общ. ред. Е. П. Масюткина. – Керчь : Керченский государственный морской технологический университет, 2020. – С. 774–778.
11. Ансофф, И. Стратегический менеджмент : классическое издание / И. Ансофф ; пер. с англ. О. Литун. – Москва : Питер, 2009. – 342 с.
12. Козлов, В. А. О механизме реализации стратегических задач обеспечения устойчивости функционирования организаций / В. А. Козлов // Менеджмент и бизнес-администрирование. – 2011. – № 3. – С. 40–45.

3. Rybets, D. V. Ehtapy razvitiya inzhiniringovykh (inzhenerno-konsul'tatsionnykh) uslug na mirovom rynke [Stages of development of engineering (engineering consulting) services on the world market] / D. V. Rybets, E. I. Bosin // Rossijskij vneshneehkonomicheskij vestnik [Russian Foreign Economic Bulletin]. – 2016. – № 1. – P. 101–111.
4. Lapidus, A. A. Ustojchivost' organizatsionno-proizvodstvennykh sistem v usloviyakh riskov i neopredelennosti stroitel'nogo proizvodstva [Stability of organizational and production systems in conditions of risks and uncertainty of construction production] / A. A. Lapidus, I. L. Abramov // Perspektivy nauki [Prospects of science]. – 2018. – № 6. – P. 8–11.
5. Abramov, I. L. Sistema pokazatelej ustojchivosti stroitel'nykh predpriyatij v razlichnykh usloviyakh funktsionirovaniya [System of indicators of sustainability of construction enterprises in various operating conditions] / I. L. Abramov // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 1. – P. 93–99.
6. Abramov, I. L. Sistema pokazatelej ustojchivosti stroitel'nykh predpriyatij [System of indicators of sustainability of construc-

- tion enterprises] / I. L. Abramov // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 2. – P. 100–106.
7. Abramov, I. L. Issledovanie vliyaniya destabiliziruyushhikh faktorov na ustojchivost' funktsionirovaniya stroitel'nykh predpriyatij [Investigation of the influence of destabilizing factors on the stability of the functioning of construction enterprises] / I. L. Abramov // Ekonomika stroitel'stva [Economics of construction]. – 2018. – № 6 (54). – P. 32–36.
8. Gusakov, A. A. Sistemotekhnika stroitel'stva. Terminologiya [System engineering of construction. Terminology] / A. A. Gusakov. – Moscow : Stroyizdat, 1993. – 368 p.
9. Gusakov, A. A. Sistemotekhnika stroitel'stva [System engineering of construction] / A. A. Gusakov. – Moscow : Fond «Novoe tysyacheletnie» [New Millenniums Foundation], 2002. – 432 p.
10. Stukalova, D. Y. Ustojchivost' organizatsii kak kompleksnaya kharakteristika i ob'ekt izucheniya [Stability of the organization as a complex characteristic and object of study] / D. Y. Stukalova, T. N. Bugaeva // Teoriya i praktika finansovokhozyajstvennoj deyatelnosti predpriyatij razlichnykh otraslej : sbornik trudov II Natsional'noj nauchno-prakticheskoy

- konferentsii, Kerch', 27 oktyabrya 2020 g. [Theory and practice of financial and economic activity of enterprises of various industries : Proceedings of the II National Scientific and Practical Conference, Kerch, October 27, 2020]. – Pod obshh. red. E. P. Masyutkina [Under the general editorship of E. P. Masyutkin]. – Kerch : Kerchenskiy gosudarstvennyy morskoy tekhnologicheskij universitet [Kerch State Marine Technological University], 2020. – P. 774–778.
11. Ansoff, I. Strategicheskij menedzhment : klassicheskoe izdanie [Strategic Management : Classical Edition] / I. Ansoff ; per. s angl. O. Litun [trans. from the English O. Litun]. – Moscow : Peter, 2009. – 342 p.
12. Kozlov, V. A. O mekhanizme realizatsii strategicheskikh zadach obespecheniya ustojchivosti funktsionirovaniya organizatsij [On the mechanism of implementation of strategic objectives to ensure the sustainability of the functioning of organizations] / V. A. Kozlov // Menedzhment i biznes-administrirovanie [Management and business administration]. – 2011. – № 3. – P. 40–45.

УДК 69.05; 69.051; 69.055

DOI: 10.54950/26585340\_2023\_3\_28

## Аспекты организации строительства в современных условиях городской уплотнительной застройки

Aspects of the Organization of Construction in Modern Conditions of Urban Sealing Development

### Розанцева Надежда Владимировна

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Организация строительства», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (СПбГАСУ), Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская улица, 4, nrozanceva@lan.spbgasu.ru

### Ryazantseva Nadezhda Vladimirovna

Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer of the Department of Organization of Construction, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU), Russia, 190005, Saint Petersburg, 2nd Красноармейская ulitsa, 4, nrozanceva@lan.spbgasu.ru

**Аннотация.** Выполняемые в наше время строительно-монтажные работы в 90 % выполняются в стесненных условиях.

**Цель работы:** на основании проведенных аналитических исследований и выдвинутых гипотез разработать упрощенную каркас-схему принятия решений.

**Методы:** исследования проводились сравнительно-аналитическим методом, на основании нормативной, научно-технической литературы, анализа принятия решений в проектах организации строительства существующих, введенных и строящихся объектов.

**Результаты:** определены условия, относимые к стесненным, связанные в том числе и с территориальным планированием, накладывающим дополнительные ограничения на участки строительства. Дана оценка существующих условий строитель-

**Abstract.** The construction and installation works performed nowadays are 90 % carried out in cramped conditions.

**The purpose of the work:** based on the conducted analytical studies and hypotheses put forward, to develop a simplified decision-making framework.

**Methods:** the research was carried out by a comparatively analytical method, based on normative, scientific and technical literature, analysis of decision-making in construction organization projects, existing, commissioned and under construction facilities.

**Findings:** the conditions related to the constrained ones are determined, including those related to territorial planning, which imposes additional restrictions on construction sites. The assess-

### Введение

Современные города – мощные конгломераты, имеющие достаточно плотно застроенную территорию, и найти высвободившийся участок или незастроенное простран-

ства, ранее принимаемых организационных решений планировки строительной площадки в условиях уплотнительной городской застройки.

**Выводы:** проведенный анализ позволил выделить основные показатели, напрямую влияющие на планировку участка строительства, и разработать блок-схему эффективного принятия решений в процессе разработки проекта организации строительства (ПОС).

**Ключевые слова:** территориальное планирование, организация строительства, разработка строительных генеральных планов, условия стесненности, элементы строительной площадки, размещение монтажных и погрузочно-разгрузочных зон, зон складирования, санитарно-бытовых зон.

ment of the existing construction conditions previously made organizational decisions on the layout of the construction site in conditions of compacted urban development is given.

**Conclusions:** the analysis made it possible to identify the main indicators that directly affect the layout of the construction site and develop a flowchart for effective decision-making in the process of developing a construction organization project

**Keywords:** territorial planning, organization of construction, development of construction master plans, tightness conditions, elements of the construction site, placement of assembly and loading and unloading zones, storage zones, sanitary zones.

ство, а в последствии освоить его достаточно сложно. Согласно территориальному планированию, в соответствии с Градостроительным кодексом РФ, направленным на устойчивое социально-экономическое развитие терри-

№	Застройщик	Объем ввода жилья, м <sup>2</sup>				Прирост год. к году, план. %
		Январь–октябрь факт, м <sup>2</sup>	Июнь–декабрь план, м <sup>2</sup>	2022 год план, м <sup>2</sup>	2021 год план, м <sup>2</sup>	
1	ПИК, Москва	2981200	1351139	3998851	2084691	–4 %
2	ГК Самолет, Москва	2646475	620703	849100	647024	+31 %
3	Холдинг Setl Group, СПб	2004873	482679	828357	695859	+19 %
4	Группа ЛСР, СПб	1846013	818640	972679	518688	+88 %
5	Группа ЦДС, СПб	647712	245760	872309	596668	+2,81 %
6	LEGENDA Intelligent Development, СПб	461082	301510	645 970	203001	–19,3 %
7	Группа Эталон, СПб	296481	199135	435616	143754	+20,3 %
8	ПСК, СПб	168000	101411	н/р	100500	н/р

Табл. 1. Показатели застройщиков по строительству жилья с января по октябрь 2022 года<sup>4</sup>

Tab. 1. Indicators of developers for housing construction from January to October 2022

торий населенных пунктов, местных нормативов и программ комплексного развития<sup>1</sup>, территории населенных пунктов делятся на сформированные в результате межведомственного функциональные зоны, некоторые из этих земельных участков имеют дополнительные обременительные условия. Вопрос о выделении участков земель под многоэтажную застройку стоит очень остро. Частично улучшить положение призвано решение об реинжиниринге территорий бывших промышленных зон. Социальный и градостроительный эффект высвобождающихся земель имеет место, однако эти земли требуют значительных затрат для реализации проектов, и экономическая выгода для строительных фирм сильно сокращается.

Дополнительной нагрузкой может оказаться, с учетом принятого в Санкт-Петербурге высотного регламента, решение о реновации с предоставлением новых помещений соответствующих социальной норме площади в районе проживания. Нормативные документы требуют от застройщика соблюдения установленных требований и норм, для выполнения которых очень часто необходимо принятие в каждом конкретном случае нестандартных решений, и наличие общего алгоритма действий будет способствовать наиболее продуктивной работе в области организации работ.

**Цели и задачи:** произвести анализ нормативно-технической, научной литературы; изучить доступные варианты ранее принятых наиболее удачных решений при разработке ПОС строительными компаниями; произвести исследования сравнительно-сопоставительным методом и на основе выдвинутых гипотез разработать каркас-схему алгоритма принятия оптимальных организационно-технических решений, позволяющих учесть конфигурацию и индивидуальные показатели как самого объекта, так и условий участка строительства, и принятую технологию строительства.

### Материалы и методы

Изначально выделим понятие стесненных условий строительства – возможное ограничение эффективного использования «как средств механизации, так и материалов, изделий, конструкций, а также рационально орга-

низовать площадку по причине наличия единичных препятствий или их совокупности»<sup>2</sup>.

Показателями являются:

- плотная застройка, превышающая нормативную на 20 % и более, с нахождением в зоне строительства жилых массивов;
- наличие прилегающих охранных территорий, заказников, парков или скверов;
- существенные прокладки инженерных сетей, расположенных в зоне строительства;
- примыкание участка строительства к линейным объектам с высоким трафиком автомобиле- и пешеходопотоков;
- отсутствие достаточных площадей для осуществления складирования материалов;
- необходимость ведения строительства несколькими монтажными кранами, и чем выше коэффициент стесненности, тем большее влияние на условия организации строительства будет оказываться.

В соответствии с реализацией Стратегии–2030<sup>3</sup> и устойчивым ростом потребности в обеспечении доступным жильем граждан РФ, за основной показатель правительности разработки программ организации строительной площадки принят объем ввода возводимого многоквартирного жилья по России (таблица 1).

Итоги демонстрируют, что умение организовать грамотную поточную организацию строительства при разноразмерных технологических процессах позволяет значительно повысить показатели. Основные факторы и объективные закономерности, оказывающие наибольшее влияние и позволяющие конкретизировать алгоритм принятия решений<sup>4</sup>:

- **выделяемые границы участка, «красные линии» должны учесть:** размещение монтажных и погрузочно-разгрузочных зон; размещение опасных зон с организацией ограниченных зон крановых работ, проходных навесов; выделение участков для размещения внутриплощадочных дорог; выделение зон складирования; размещение санитарно-гигиенических и производственно-бытовых помещений (за-

<sup>1</sup> Постановление Правительства Ленинградской области от 14 июля 2008 года № 204 «Об утверждении Порядка рассмотрения проектов документов территориального планирования Администрации Ленинградской области (с изменениями на 18 апреля 2022 года)», <https://docs.cntd.ru/document/8477847>.

<sup>2</sup> Постановление Госстроя России «Об утверждении и введении в действие Методики определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации» от 04.08.2020 № 421-пр Минстроя РФ.

<sup>3</sup> <https://pravdaosro.ru/wp-content/uploads/2019/10/PROEKT-rasporyazheniya-STRATEGII-2030.pdf>.

<sup>4</sup> Информация взята с сайта Единого ресурса застройщиков: <https://erzrf.ru/top-zastroyschikov/rf?topType=0&date=221001>.

<sup>5</sup> СП 48.13330.2019 «Организация строительства» – актуализированная редакция СНиП 12-01-2004 «Организация строительства».



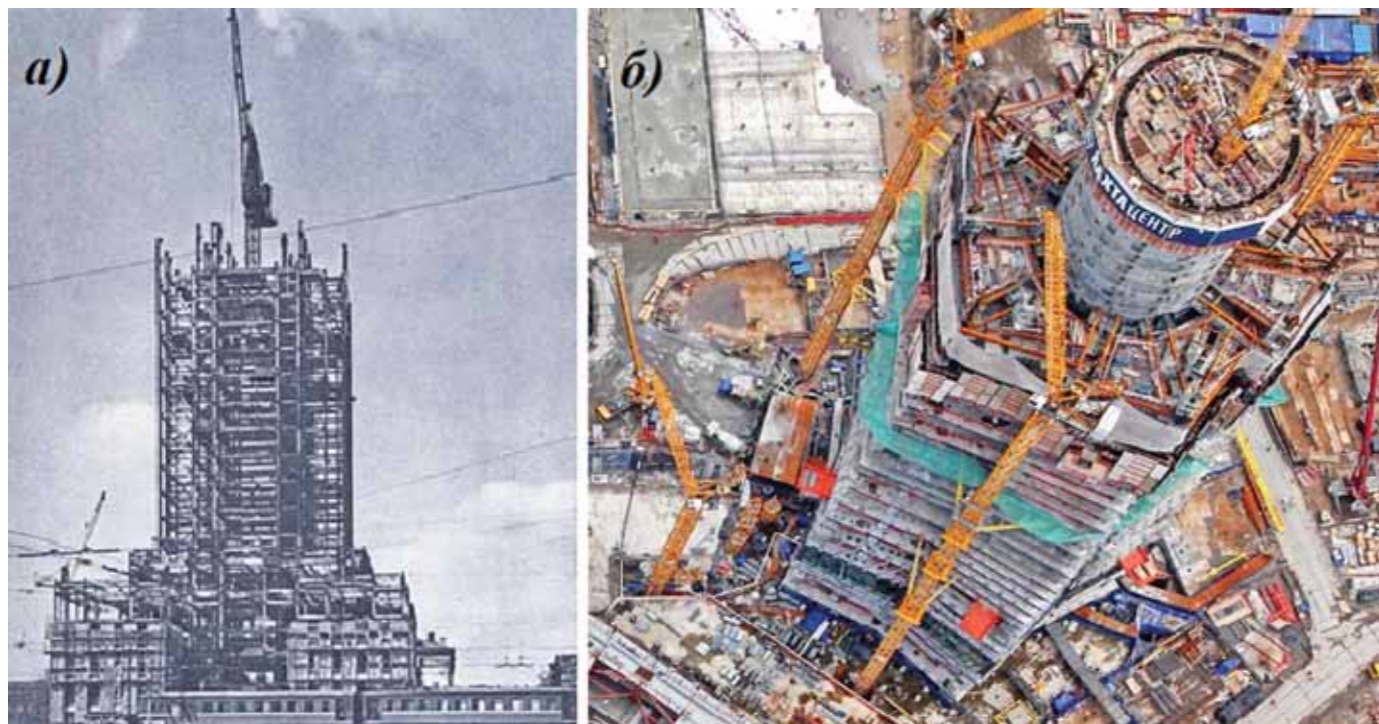


Рис. 1. а) Строительство каркаса гостиницы «Ленинградская» в Москве, 1951; б) строительство Лахта-центра тремя приставными кранами по периметру, с маховой стрелой фирмы Liebherr и одним краном с опиранием на ядро жесткости  
 Fig. 1. a) Construction of the frame of the Leningradskaya Hotel in Moscow, 1951; b) construction of the Lakhta center with three cranes along the perimeter, with a Liebherr flywheel boom and one crane with a support on the core of rigidity

стройка более 20 % осложняет условия организации, а застройка более 90 % не позволяет формировать пространство даже под основные элементы строительной площадки;

- наличие существующей (охранной для центра города) застройки: здания и сооружения, попадающие в зону влияния, особенно в случае их полного примыкания к возводимому объекту, наиболее уязвимы в процессе СМР по трещинообразованию, пыли- и грязеобразованию, снижению комфортности проживания (выхлопные газы, вибрация, шум, ограничения проходов и проездов); ограничивается поставка материалов, осложнения с провозом крупногабаритов; выбором монтажных средств и средств крупной механизации; запрет на производство работ в ночное время;
- наличие сложившейся инфраструктуры и инженерных сетей, как надземных, так и подземных: дополнительные средства на их перенос или принятие очень неординарных конструктивных решений, граничащих с допустимым;
- линии прокладки метрополитена, особенно неглубокого заложения; трамвайные и троллейбусные пути, эстакады;
- существующие примыкающие линейные объекты (улицы), и т. д.

Каждый из перечисленных факторов, в зависимости от объемов работ, в совокупности с инженерно-геологическими и климатическими показателями оказывает

существенное влияние при решении организационных вопросов СМР [1–3]. Управление строительством – процесс динамичный, с необходимостью увязки стадийно в единый конвейер. Основные задачи на подготовительном этапе: собрать максимальное количество информации на старте, особенно если строительство планируется в жилых районах, имеющих густую сеть коммуникаций и уличных сетей с характерным сложившимся потоком передвижения. На этом этапе должны быть определены основные элементы СГП: параметры строительных машин – в связи с необходимостью определения их рабочих зон ( $S_{оп.з.стр.маш}$ ), площадь застройки ( $S_{застр}$ ), наикратчайшая протяженность временной дорожной и инженерной сети ( $S_{дорожной\ сети}$ ), место разгрузки автотранспорта, складская зона ( $S_{складов}$ ), потребность во временных бытовых помещениях ( $S_{в.п.}$ ); определяющие площадь требуемой строительной площадки ( $S_{вст.площ}$ ). Интерполяцией выведена формула для нахождения минимального расстояния отлета в зависимости от высоты строящегося объекта:

$$l_{отлета} = 0,3H + 1, \quad (1)$$

отсюда:

$$S_{оп.з.стр.маш} = \pi L^2 + 0,3H + 1. \quad (2)$$

Использование постоянных зданий под склады определяют отдельно<sup>6</sup>.

Размер свободной площади:

$$S_{св.площ} = S_{общ.пл} - S_{застр} - S_{в.п.} - S_{склад} - S_{дор.} - S_{оп.з.стр.маш}. \quad (3)$$

Внешняя стесненность – соотношение площади, свободной при рациональном размещении элементов СГП, к площади выделенного участка – определяется коэффициентом стесненности  $K_{ст}$ :

$$K_{ст} = \frac{S_{св.площ}}{S_{осн.эл.СГП}}. \quad (4)$$

В связи с невозможностью отражения в одной статье всех вариантов принятия решений, остановимся на основных: выбор и привязка монтажного крана, устройство временных бытовых помещений и складской зоны. В качестве объекта исследования выбран проект реально строящегося комплекса зданий в Василеостровском районе Санкт-Петербурга. Обозначим, что средняя площадь застройки составляет 12440 м<sup>2</sup>, при этом площадь строительной площадки 22039 м<sup>2</sup> и имеет ограничения поверху в виде комплекса уже существующей жилой застройки, расположенной на расстоянии от проектируемого места

строительства всего 75 метров по центру и 27 метров в самой узкой части, и линейного объекта по низу. Потребность в площади бытовых помещений не менее 1642,6 м<sup>2</sup>, закрытых складов – 1560 м<sup>2</sup>, открытых складских площадок и арматурных участков – 1680 м<sup>2</sup>, площадь, отводимая под временные автодороги, 2300 м<sup>2</sup>, не считая всех остальных обязательных элементов обустройства строительной площадки. Выполним расчет:

$$K_{ст} = \left( \frac{19622,6}{22039} \right) * 100\% = 89\%, \quad (5)$$

т. е. застройка участка уже составила 89 %.

Рассмотрим по пунктам возможные варианты принятия решения проблем стесненности.

Начальный этап проектирования ПОС и ППР – выбор кранов, их размещение<sup>7</sup> на строительной площадке, определение зон влияния и опасных зон [4; 5].

Параметры выбора и размещения крана<sup>8</sup> зависят от вида объекта, его конструктивного решения, предпола-

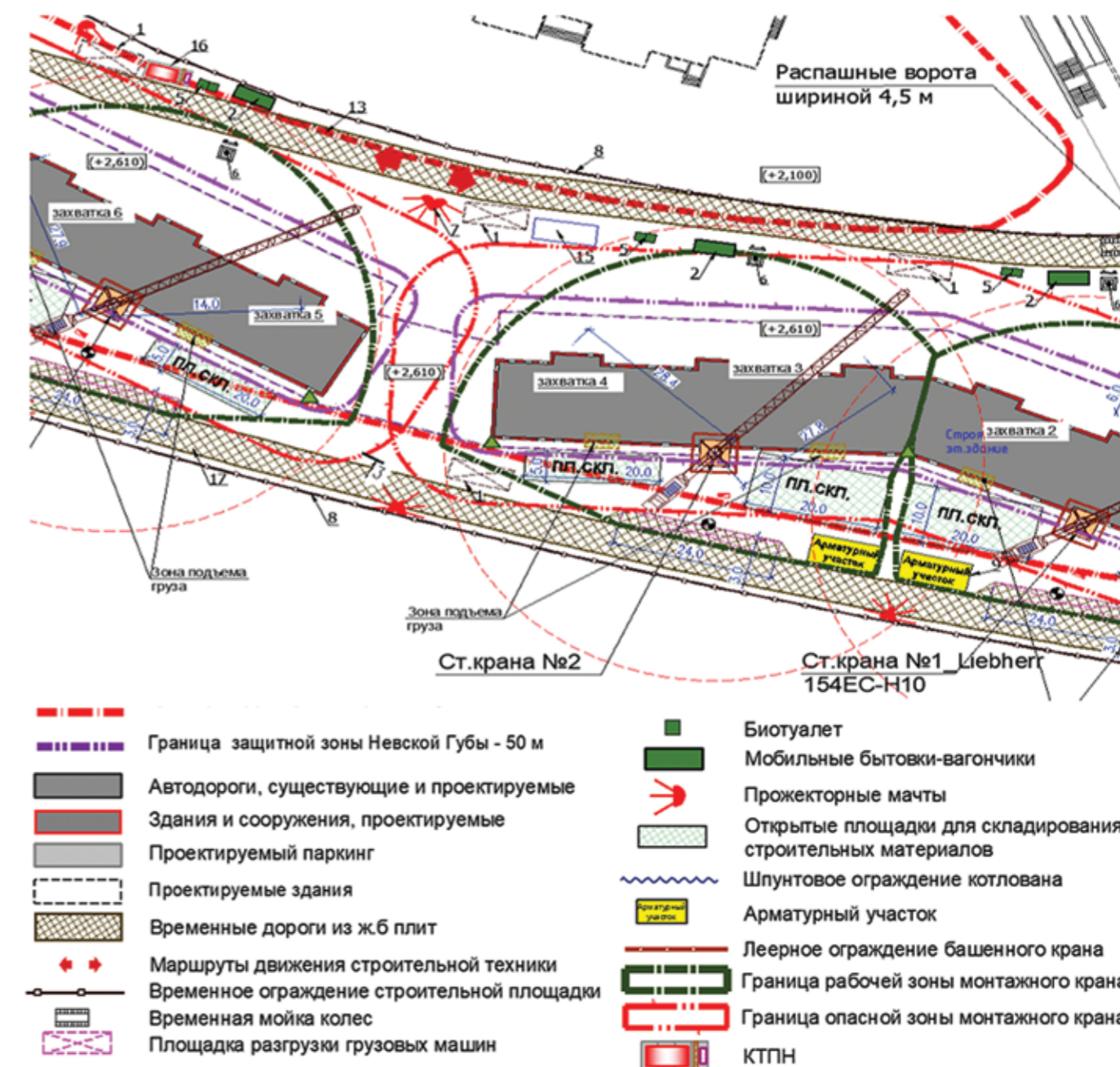


Рис. 2. Элемент строительного генерального плана со стационарными кранами  
 Fig. 2. An element of the construction master plan with stationary cranes

<sup>6</sup> Пособие по разработке проектов организации строительства и проектов производства работ для жилищно-гражданского строительства (к СНиП 3.01.01-85).

<sup>7</sup> СП49.13330, раздел 7.

<sup>8</sup> СТО НОСТРОЙ 2.33.52-2011 «Организация строительного производства. Организация строительной площадки. Новое строительство», 2011.

<sup>9</sup> МДС 12-19.2004 «Механизация строительства. Эксплуатация башенных кранов в стесненных условиях» / ЦНИИОМТП, 2004.

<sup>10</sup> Из истории московских сталинских высоток: [http://retrofonoteka.ru/skyscrapers/moscow\\_skyscrapers\\_6.htm](http://retrofonoteka.ru/skyscrapers/moscow_skyscrapers_6.htm).

гаемого технологического процесса, коэффициента стесненности условий строительства, которые могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние<sup>9</sup>. Например: наличие подземного паркинга – это одновременно и ядро жесткости объекта, и необходимость дополнительных работ по укреплению грунта. При расчете грузоподъемности принимаем зависимость монтажа самого тяжелого элемента на максимальном вылете стрелы. Дополнительно необходимо учесть передвижение средств сопутствующей механизации (бульдозеров, автосамосвалов и т. д.).

В рассматриваемом проекте здания поворотные, значительной длины, стандартное решение – установка нескольких башенных кранов на рельсовом ходу, однако такие краны требуют большой участок под стоянку. Наиболее рациональные варианты, уменьшающие влияние крана на стесненность площадки, – стационарные, на временном фундаменте или приставные «самоподъемные» башенные краны: быстромонтируемые с помощью гидравлических приводов; с монтажной обоймой, перемещаемой самим краном; устанавливаемые внутри контура здания и опирающиеся на смонтированные конструкции. Применение самоподъемных башенных кранов, размещаемых внутри с опиранием на ядро (лифтовые шахты) и снаружи здания, практиковалось еще в советский период при строительстве «высоток»<sup>10</sup>, в том числе при строительстве Московского Университета краном «УБК-15» (рисунок 1).

Менее популярные решения – деррик-краны на основе мачт, СГТУ-краны, монтажные мачты, стрелы, шевры, подъемники, порталы, широко распространенные на Западе [6].

Установка нескольких точек стоянок, разборка и перенос кранов потребуют значительно меньшей территории и стоимости по сравнению с рельсовым вариантом. Верхнеповоротные башенные краны обладают высокой грузоподъемностью, позволяют при необходимости наращивать высоту башни.

Согласно проведенному расчету, строительство объекта будет осуществляться 4 башенными кранами, грузоподъемность и высота подъема крюка согласно расчету. Привязка крана учитывает безопасное расстояние между зданием и краном. На рисунке 2 представлен вариант установки башенных кранов за пределами пятна застройки на опорной раме на свайные фундаменты на отметке дна котлована, возможен вариант установки кранов на пятне застройки с дополнительным усилением фундаментной плиты в местах стоянки кранов. Средний опорный контур рамы 4,6 x 4,6 м, верхнеповоротные стационарные краны требуют минимального расстояния при привязке, выводим формулу:

$$L_{\text{привязки}} = (b_{\text{опорного контура}} / 2) + 0,7. \quad (6)$$

Для сравнения, при производстве работ башенным краном на рельсовом ходу необходимо учесть: площадь, занимаемую подкрановыми путями; ограждение площадки при нижнеповоротной базе; расстояние от оси подкрановых путей до наружной грани возводимого объекта,

равное радиусу поворотной платформы, плюс минимальное безопасное расстояние до максимально выступающей части здания – 0,7 метра; габариты приближения. Требуемая ширина колеи кранов подобной марки 4,6–8 м, габариты поворотной базы в среднем 11,9 м, минимальная длина участка рельсового пути кратна 25 метрам, длину участка находят по крайним стоянкам крана, при этом таких кранов необходимо поставить 4. Площадь участка под опоры стационарных кранов 18,4 м<sup>2</sup>, под рельсовые краны – 600 м<sup>2</sup>, даже без учета поворотной базы. По требованию техники безопасности, обязательно должны быть учтены опасные рабочие зоны машин и зоны возможного падения грузов. Ограничившись установкой крана на одно звено («на прикол»), мы обязаны установить это звено на жесткое основание – балластную призму или сборные железобетонные плиты, исключая просадку, длина опорной платформы должна быть не менее чем на 1 м со всех сторон больше рельсового пути. Простейший расчет показывает – применение кранов на рельсовом ходу не позволяет вписаться в «красные зоны» выделенного участка, затрудняется размещение складских зон в местах возможной разгрузки автотранспорта.

Строительство в городской застройке требует сокращения границ влияния опасной зоны крана согласно методическим указаниям РД-11-06-2007<sup>11</sup>:

- запрет на перемещение груза на определенной высоте при наличии существующих объектов в зоне действия крана или работы несколькими кранами, стрела крана должна свободно передвигаться над объектами и кранами или иметь ограничение поворота;
- наличие дополнительных защитных экранов в зоне строительства;
- перемещение груза «с оттягиванием» и применением страховочных устройств;
- применение приборов безопасности – координатной защиты;
- учет условий демонтажа, особенно для зданий «колесного» типа [7].

**Важное требование грамотной планировки:** пространство строительной площадки необходимо рассматривать во взаимосвязке, как единый пространственный элемент, имеющий вертикальные и горизонтальные рабочие плоскости разворачиваемых строительных процессов, с соблюдением принятых технологий. Стадийность работ, разделение объекта на фронты, производственных процессов на циклы, когда начало и окончание каждого строительного процесса возможно сопрячь по принципу начало – начало, начало – окончание или окончание – окончание; и результаты предшествующей работы непосредственно влияют на взаимодействующие процессы, а на каждой захватке выполняется только один вид работ [8]. Такую задачу можно решить только при максимальном сближении смежных видов работ, сокращая растяжение ресурсных связей [9; 10].

**Второй сложный вопрос.** Взаимосвязка рабочих зон крана с расположением складских площадей, увеличение технологических операций, в том числе на перестановку

кранов и различные манипуляции по чередованию захваток, осложняют графики поставок, ведут к увеличению стоимости работ и значительно снижают заинтересованность заказчиков или покупателей. В стесненных условиях эксплуатация башенных кранов требует выполнения особых мер безопасности, применения системы ограничения зоны работы башенного крана<sup>12</sup> до размеров, необходимых для выполнения монтажных работ, сейчас активно применяется метод устройства защитных экранов. Разбивка строящегося здания на несколько захваток сокращает простои башенных кранов и позволяет грамотно развести строительные потоки.

На основании предыдущего примера был произведен расчет продолжительности работ матричным способом по системе НИР – 832 смены, МКР – 657 смен, вычислен коэффициент ранжирования, приняты решения о возможном совмещении работ. Ранжирование позволяет, сохранив технологическую последовательность, сократить запас общего количества хранимых на стройплощадке материалов, с учетом коэффициентов неравномерности потребления и поступления<sup>13</sup>. Уход в «теплый контур» в предельно сжатые сроки допускает начало отделочных работ после подъема перекрытия третьего этажа, сокращает пиковые нагрузки потребности в ресурсах и рабочей силе, уменьшает площади складирования и потребность в бытовых помещениях, значительно сокращает требуемые размеры строительной площадки.

Расчет интенсивности ведущего специализированного потока в составе комплексного представлен в «Пособии по разработке проектов организации строительства и проектов производства работ...» (см. ссылку 6). Способствует сокращению складских площадей применение метода монтажа «с колес», использование под складские и бытовые помещения впоследствии сносимых зданий, ведение отделочных работ с лесов, устройство безопасных проходов, расположение арматурных участков в «карманах». Оптимизация потребности в площади складирования проведена путем «от обратного»: на основании имеющейся площади определили максимально возможный объем складирования и количество материала, которое может поставляться «с колес». Метод монтажа «с колес» был разработан и широко применялся еще в СССР, метод сокращает потребность в складских площадях до 40–60 %, простои кранов, повышая их эффективность использования до 30 %, снижаются сроки и стоимость монтажа 1 т конструктивных элементов до 10–25 % [8; 10; 14].

Дополнительно необходимо учесть методы подачи материалов, чтобы сократить возможные простои транспортных средств под разгрузкой. Существует несколько методов подачи конструкций с транспортных средств [11; 12]: челночный – при небольших расстояниях транспортирования; маятниковый, без отцепки тягачей – для сокращения простоев производится последовательная разгрузка строительных конструкций несколькими кранами; получелночный – производство отцепки-сцепки тягачей и разгрузки только в зоне монтажа; комбинированный – сочетание всех этих методов [13].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горячев, О. М. Особенности возведения зданий в стесненных условиях / О. М. Горячев, Л. В. Прыкина. – Москва : Academia, 2003. – 272 с.
2. Бугаева, Т. Н. Особенности возведения зданий в условиях го-

родской застройки / Т. Н. Бугаева // Вестник Псков ГУ. Серия «Технические науки». – 2015. – № 1. – С. 116–120.

Немаловажным фактором в вопросе сокращения складских территорий может быть решение вопроса создания организованных перевалочных баз складирования материалов. Кардинальное решение при строительстве крупных жилых комплексов поточным способом – в разработке стройгенплана: размещение объектов бытового городка, складов на неэксплуатируемом соседнем участке, предназначенном под застройку во вторую или третью очередь, вынесение бытового городка за пределы строительной площадки и использование строящихся площадей объекта как места складирования, при соблюдении противопожарных требований [5; 10].

#### Результаты

Выявлены главные способы регулирования – назначение скорости интенсивности потока с учетом сохранения сроков строительства и разведение частных потоков. Разбивка на фронты позволила оптимизировать и равномерно распределить потребность в комплексной механизации и человеческих ресурсах, сохранив одинаковые объемы работ, снизив стоимость строительства, и максимально полно провести размещение объектов стройгенплана, с допустимыми отклонениями растянуть потребность материала, т. е. уменьшить площади складирования. Оптимизацию потребности в площади складирования произвели, приняв путь «от обратного»: на основании имеющейся площади определили максимально возможный объем складирования и количество материала, которое может поставляться «с колес».

#### Заключение

Разработка строительных генеральных планов с учетом внутренних и внешних факторов стесненности – динамический процесс, который должен выполняться путем сопоставления различных вариантов для поиска наиболее рационального нестандартного решения, учитывающего заделанные объекты, конструктивные особенности возводимого объекта, исключающего вероятность создания дополнительных производственных опасностей для одновременно выполняемых работ; предполагающего принятие решений, сокращающих длительность транспортирования; способы доставки, размещения, монтажа, возможности вывоза крана с объекта; границы зон действия и опасные зоны; ограничения указанных зон в соответствии с существующими нормативными требованиями; затраты на временные здания, инженерное оборудование строительной площадки; устройство инженерных сетей, постоянных и временных дорог при соблюдении действующих технических условий и норм проектирования.

Проведенные исследования еще раз подтвердили, что строительство в условиях городской застройки должно вестись поточным методом по очередям, с максимальным использованием свободного пространства, что невозможно без разработки сетевого графика. В ПОС и ППР необходимо принять во внимание все аспекты строительства во взаимосвязке между соседними строительными процессами.

3. Мухаметзянов, З. Р. Закономерности взаимосвязи строительных работ как компонент технологии строительства объекта / З. Р. Мухаметзянов // Приволжский научный жур-

<sup>11</sup> РД-11-06-2007 «Методические рекомендации о порядке разработки проектов производства работ грузоподъемными машинами и технологических карт погрузочно-разгрузочных работ».

<sup>12</sup> РД 22-28-37-02 «Требования к организации и проведению работ по монтажу (демонтажу) грузоподъемных кранов».

<sup>13</sup> ВСН 212–85 «Указания по приемке, складированию, хранению и транспортированию основных строительных материалов и изделий на базах трестов комплектации и УПТК строительных организаций Главмосстроя».

## Организационно-технологические решения при проведении выборочного капитального ремонта в многоквартирных домах

Organizational and Technological Solutions for Carrying Out Selective Capital Repairs in Apartment Buildings

**Коклюгина Людмила Алексеевна**

Кандидат технических наук, доцент, кафедра «Технологии строительного производства», ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» (КГАСУ), Россия, 420043, Республика Татарстан, Казань, улица Зеленая, 1, the-lusy@mail.ru

**Koklyugina Lyudmila Alekseevna**

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Department of Construction Production Technologies, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering (KGASU), Russia, 420043, Republic of Tatarstan, Kazan, Zelenaya ulitsa, 1, the-lusy@mail.ru

**Ибрагимов Руслан Абдирашитович**

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технологии строительного производства», ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» (КГАСУ), Россия, 420043, Республика Татарстан, Казань, улица Зеленая, 1, rusmag007@yandex.ru

**Ibragimov Ruslan Abdirashitovich**

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Department of Construction Production Technologies, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering (KGASU), Russia, 420043, Republic of Tatarstan, Kazan, Zelenaya ulitsa, 1, rusmag007@yandex.ru

**Зигангирова Лейсан Идрисовна**

Аспирант кафедры «Технологии строительного производства», ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» (КГАСУ), Россия, 420043, Республика Татарстан, Казань, улица Зеленая, 1, zigangirova.98@mail.ru

**Zigangirova Leysan Idrisovna**

Postgraduate student of the Department of Construction Production Technologies, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering (KGASU), Russia, 420043, Republic of Tatarstan, Kazan, Zelenaya ulitsa, 1, zigangirova.98@mail.ru

**Валеев Руслан Шамилович**

Кандидат технических наук, главный инженер проектов, ООО «АСП-АКВА», Россия, 105094, Москва, улица Золотая, 11, офис 5А, vrshvrsh777@gmail.com

**Valeev Ruslan Shamilevich**

Candidate of Engineering Sciences, Chief Project Engineer, LLC «ASP-AQUA», Russia, 105094, Moscow, Zolotaya ulitsa, 11, office 5A, vrshvrsh777@gmail.com

**Аннотация.** В настоящее время важно оценивать и обеспечивать эффективность проведения капитального ремонта многоквартирных домов, так как нахождение новых оптимальных решений дает возможность сэкономить средства как государства, так и собственников, при этом создав комфортные условия для проживания жильцов. Для проведения капремонта в многоквартирных домах необходимо учитывать ряд факторов: заданные сроки, неизменная сметная стоимость, ограниченная объемом финансирования на данный год по многим домам регионального фонда в целом, а также необходимость безусловного освоения этих средств в указанные сроки. Необходим постоянный мониторинг стоимости капремонта в условиях ме-

**Abstract.** Currently, it is important to evaluate and ensure the effectiveness of major repairs of apartment buildings, as finding new optimal solutions makes it possible to save money for both the state and the owners, while creating comfortable living conditions for residents. To carry out major repairs in apartment buildings, it is necessary to take into account a number of factors: set deadlines, constant estimated cost, limited funding for a given year for many houses of the regional fund as a whole, as well as the need for unconditional disbursement of these funds within the specified time frame. It is necessary to constantly monitor the cost of capital repairs in a changing economy.

няющейся экономики.

В данной статье рассмотрены организационно-технологические решения для выборочного капитального ремонта всех участников инвестиционной программы с использованием метода характеристических таблиц. Изучены коэффициенты влияния внешних факторов среды на сметную стоимость капитального ремонта и на основе всех факторов предложена схема принятия оптимального решения всеми участниками методом Кемени по составленной программе.

**Ключевые слова:** капитальный ремонт, сметная стоимость, многоквартирные дома, финансирование, инвестиционная система, экономическая эффективность, цифровизация.

This article discusses organizational and technological solutions for selective overhaul of all participants of the investment program using the method of characteristic tables. The coefficients of the influence of external environmental factors on the estimated cost of capital repairs are studied, and on the basis of all factors, a scheme for making an optimal decision between all participants by the Kemeni method according to the compiled program is proposed.

**Keywords:** capital repairs, estimated cost, apartment buildings, financing, investment system, economic efficiency, digitalization.

- нал. – 2013. – № 2. – С. 52–56.
- A Guide To Construction Tower Cranes / Essential Technologies Inc: [website]. – URL: <https://essential.construction/academy/tutorials/a-guide-to-construction-tower-cranes/>.
  - Ройтман, В. М. Безопасность труда на объектах городского строительства и хозяйства при использовании кранов и подъемников : учебно-методическое, практическое и справочное пособие / В. М. Ройтман, Н. П. Умнякова, О. И. Чернышева. – Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 172 с.
  - Derricks rise again / Cranes today : [website]. – URL: <https://www.cranestodaymagazine.com/features/derricks-rise-again-7864242/>.
  - Киселев, А. А. Организация строительного переустройства территории в условиях стесненной городской застройки / А. А. Киселев, Е. А. Гусакова, А. В. Беляев // Вестник МГСУ. – 2011. – № 8. – С. 430–433.
  - Aleksanin, A. Possible risks in construction of the facility in cramped conditions / A. Aleksanin. – DOI <https://doi.org/10.1051/mateconf/201825106021> // MATEC Web of Conferences / VI International Scientific Conference «Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education» (IPICSE-2018). – 2018. – Vol. 251, № 06021.
  - Бирюков, А. Н. Организация, управление и планирование в

### REFERENCES

- Goryachev, O. M. Osobennosti vozvedeniya zdaniy v stesennykh usloviyakh [Features of the construction of buildings in cramped conditions] / O. M. Goryachev, L. B. Prykina. – Moscow : Academia, 2003. – 272 p.
- Bugaeva, T. N. Osobennosti vozvedeniya zdaniy v usloviyakh gorodskoy zastroyki [Features of the construction of buildings in urban development] / T. N. Bugaeva // Vestnik Pskov GU. Seriya «Tekhnicheskie nauki» [Bulletin of Pskov State University. Series «Technical Sciences»] – 2015. – № 1. – P. 116–120.
- Mukhametzyanov, Z. R. Zakonomernosti vzaimosvyazi stroitel'nykh rabot kak komponent tekhnologii stroitel'stva ob'ekta [Patterns of interrelation of construction works as a component of the construction technology of an object] / Z. R. Mukhametzyanov // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal [Volga Scientific Journal]. – 2013. – № 2. – P. 52–56.
- A Guide to Construction Tower Cranes/ Essential Technologies Inc : [website]. – URL: <https://essential.construction/academy/tutorials/a-guide-to-construction-tower-cranes/>.
- Rojtman, V. M. Bezopasnost' truda na ob'ektakh gorodskogo stroitel'stva i khozyajstva pri ispol'zovanii kranov i pod'emnikov : uchebno-metodicheskoe, prakticheskoe i spravochnoe posobie [Labor safety at urban construction and economic facilities when using cranes and lifts : educational, methodological, practical and reference manual] / V. M. Roitman, N. P. Umnyakova, O. I. Chernysheva. – Moscow : Izdatel'stvo Assotsiatsii stroitel'nykh vuzov [Publishing House of the Association of Construction Universities], 2007. – 172 p.
- Derricks rise again / Cranes today : [website]. – URL: <https://www.cranestodaymagazine.com/features/derricks-rise-again-7864242/>.
- Kiselev, A. A. [Organization of construction reconstruction of the territory in conditions of cramped urban development] / A. A. Kiselev, E. A. Gusakova, A. V. Belyaev // Vestnik MGSU [Bulletin of the MGSU] – 2011. – № 8. – P. 430–433.
- Aleksanin, A. Possible risks in construction of the facility in cramped conditions / A. Aleksanin. – DOI <https://doi.org/10.1051/mateconf/201825106021> // MATEC Web of Conferences / VI International Scientific Conference «Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education» (IPICSE-2018). – 2018. – Vol. 251, № 06021.
- Бирюков, А. Н. Организация, управление и планирование в строительстве. Учебное пособие / А. Н. Бирюков, Н. Н. Бабушкин, В. В. Усков. – Санкт-Петербург : ВИ(ИТ). – 2021.
- Бокарева, Е. Н. Выбор последовательности монтажа конструктивных элементов промышленных зданий / Е. Н. Бокарева, В. Ю. Алпатов // Актуальные вопросы в науке и практике : сборник статей по материалам XV Международной научно-практической конференции, Самара, 1 марта 2019. – Уфа : Дендра, 2019. – С. 54–58.
- Олейник, П. П. О документе по повышению уровня организации строительного производства / П. П. Олейник, В. И. Бродский // Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – № 3. – С. 100–103.
- Гусев, Е. В. Среда как предпосылка взаимодействия работ при строительстве объекта / Е. В. Гусев, З. Р. Мухаметзянов // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 2 (3). – С. 138–142.
- Бирюков, А. Н. Совершенствование логистики процесса поставок материальных ресурсов автомобильным транспортом на объекты Военно-строительного комплекса / А. Н. Бирюков, Е. О. Добрышкин // Военный инженер. – 2019. – № 1 (11). – С. 13–20.
- Руденко, А. А. Алгоритмизация процесса обеспечения строительства материальными ресурсами в условиях неопределенности риска / А. А. Руденко, Р. В. Мотылев // Сметно-договорная работа в строительстве. – 2020. – № 12. – С. 34–40.
- Biryukov, A. N. Organizatsiya, upravlenie i planirovanie v stroitel'stve. Uchebnoe posobie [Organization, management and planning in construction. Study guide] / A. N. Biryukov, N. N. Babushkin, V. V. Uskov. – Saint Petersburg : VI(ИТ). – 2021.
- Bokareva, E. N. Vybor posledovatel'nosti montazha konstruktivnykh ehlementov promyshlennykh zdaniy [The choice of the sequence of installation of structural elements of industrial buildings] / E. N. Bokareva, V. Y. Alpatov // Aktual'nye voprosy v nauke i praktike : sbornik statej po materialam XV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Samara, 1 marta 2019 [Topical issues in science and practice : a collection of articles based on the materials of the XV International Scientific and Practical Conference, Samara, March 1, 2019]. – Ufa : Dendra, 2019. – P. 54–58.
- Oleynik, P. P. O dokumente po vozvysheniyu urovnya organizatsii stroitel'nogo proizvodstva [About the document on raising the level of organization of construction production] / P. P. Oleynik, V. I. Brodsky // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction]. – 2017. – № 3. – P. 100–103.
- Gusev, E. V. Sreda kak predposylka vzaimodejstviya rabot pri stroitel'stve ob'ekta [Environment as a prerequisite for the interaction of works during the construction of an object] / E. V. Gusev, Z. R. Mukhametzyanov // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers]. – 2012. – № 2 (3). – P. 138–142.
- Biryukov, A. N. Sovershenstvovanie logistiki protsessa postavok material'nykh resursov avtomobil'nym transportom na ob'ekty Voенно-stroitel'nogo kompleksa [Improving the logistics of the process of supplying material resources by road to the objects of the Military Construction Complex] / A. N. Biryukov, E. O. Dobryshkin // Voennyj inzhener [Military Engineer]. – 2019. – № 1 (11). – P. 13–20.
- Rudenko, A. A. Algoritmizatsiya protsessa obespecheniya stroitel'stva material'nymi resursami v usloviyakh neopredelennosti riska [Algorithmization of the process of providing construction with material resources in conditions of risk uncertainty] / A. A. Rudenko, R. V. Motylev // Smetno-dogovornaya rabota v stroitel'stve [Estimated and contractual work in construction]. – 2020. – № 12. – P. 34–40.

## Введение

Капитальный ремонт многоэтажных многоквартирных домов (МКД) требовалось осуществлять всегда через определенное время эксплуатации. Вполне возможно, что термин «капитальный ремонт» раньше не было. «Доходные дома» – вот как назывались МКД, в которых квартиры сдавались в краткосрочную и долгосрочную аренду. Собственники доходных домов сдавали квартиры частным лицам для проживания, а также предпринимателям и предприятиям для размещения своих работников и для других целей. До революции 1917 года многие предприниматели, особенно крупные промышленники, строили такие дома для размещения своих работников, причем различных категорий по цене и комфорту – начиная от элитных квартир и заканчивая общежитиями для молодых работников и учеников ремесленных училищ, которые содержали за свой счет. Предприниматели содержали эти дома для привлечения и обеспечения своих предприятий квалифицированной рабочей силой. Ими же были построены многие общественные здания, учебные заведения, театры, больницы и прочие [1].

Естественно, что содержание и ремонт этих зданий и сооружений выполнялся их собственниками, а не жильцами и арендаторами. Таким образом, не существовало разделения на виды ремонтов, а выполнялись работы для поддержания зданий и сооружений в технически исправном, конкурентно-стоимостном состоянии для дальнейшей эксплуатации с целью получения прибыли в конечном результате [2; 3].

После революции 1917 года здания и сооружения жилого фонда (вне зависимости от их владельцев) были переданы государству, за исключением объектов, принадлежащих государству и предприятиям, которые стали государственными. Таким образом, государство стало нести всю ответственность за содержание жилого фонда или напрямую, или через госпредприятия. Во время существования СССР капитальный ремонт проводился по установленному плану силами государственных предприятий за счет государства. При этом никаких серьезных проблем не возникало. Все проблемы решала плановая экономика. До 1990 года площадь МКД составляла 3 % от всего жилого фонда. Возможность проведения капремонта МКД, на основе среднестатистических данных, составляла в среднем 1 раз в 33 года [4; 5].

После распада СССР была проведена приватизация жилья без учета необходимости проведения капремонта в МКД в конкретные сроки и финансирования этих работ. Теперь капремонт должен был выполняться за счет собственников жилья. В результате, ввиду отсутствия необходимых средств у собственников жилья, а также необходимой нормативной базы по капремонту, эти работы были приостановлены вплоть до конца 1990-х годов.

В 2007 году был создан фонд содействия реформированию ЖКХ, результатом работы которого стало возобновление работы по капитальному ремонту, но достичь уровня ведения капремонта времен существования СССР не удалось. Сроки проведения капремонта в МКД значительно увеличились с момента определения технической необходимости.

В настоящее время в столице Республики Татарстан подходит к завершению трехлетняя программа капитального ремонта многоквартирных жилых домов. Всего с 2020 по 2022 гг. в программу вошло 729 домов на сумму более 7 миллиардов рублей. В программу 2023 г. включено 160 домов, в работы вложено 2,4 миллиарда рублей.

Программа разделена на две части: основную, в которую вошли ремонт и замена лифтов, крыши, стояков, разводящих линий отопления, канализации, ремонт подвалов; дополнительную, куда включены ремонт радиаторов отопления, ремонт входных групп, спусков в подвалы, ремонт системы пожарной защиты. Программа капремонта на ближайшие три года уже утверждена. В следующем году в Казани планируется отремонтировать 194 объекта. Всего в 2023–2025 годах в столице Татарстана капитальный ремонт затронет 527 домов.

Отсутствие современной законодательной базы по капремонту МКД вызвало внесение многочисленных поправок в Жилищный и Гражданский Кодексы РФ, которые, к сожалению, не смогли решить конкретный вопрос о принадлежности видов технологических работ к капремонту [5; 6]. На сегодняшний момент фонды капремонта оперируют обычно ст. 14.2 ГК РФ, где предусмотрено, что капремонт должен быть проведен в объеме, достаточном, чтобы привести МКД в состояние, предусмотренное первоначальным проектом на момент постройки.

С другой стороны, капремонт должен привести МКД в состояние, соответствующее действующим строительным нормам, для чего проектировщику необходимо разработать проект капитального ремонта на основании выполненного обследования технического состояния. Затраты на обследование и проектирование включаются в состав работ по капремонту. В целях «удешевления капремонта» зачастую они не выполняются вообще, работы ведутся по дефектным ведомостям, фактически подменяя капремонт текущим ремонтом, естественно, отодвигая сроки проведения капремонта в полном объеме [7; 8].

Большое значение имеет то обстоятельство, за чей счет выполняется ремонт. У собственника МКД, который осуществляет сбор средств по капремонту на специальный счет дома (в дальнейшем «собственник»), больше возможностей выполнить ремонт в любой момент при наличии средств на счете и проконтролировать расходование этих средств [9]. Если же финансирование идет за счет регионального фонда, то принятие решения о ремонте зависит от сметной стоимости капремонта конкретного здания и порядка очередности. Срок выполнения работ по капремонту в полном объеме увеличивается и превышает среднюю продолжительность жизни, чем и обусловлено законодательное уменьшение, а также полная отмена платежей на капремонт пожилых людей и льготной категории граждан, поскольку для жильцов теряется надежда получить полный капремонт МКД в течение их жизни с необходимостью ежемесячной оплаты затрат на капремонт.

**Цель** исследования – выявить недостатки при организации и проведении капитального ремонта в многоквартирных домах, а также обеспечить достойные условия для проживания граждан.

Для решения данной проблемы ставится **задача** оценить организационно-технологические решения при проведении выборочного капремонта. С этой целью разработана схема нахождения оптимального решения на основе согласования интересов всех участников конкретного инвестиционного проекта.

## Материалы и методы

Известно, что в инвестиционной строительной системе организационно-технологические решения, методы и подходы необходимо рассматривать с позиций социально-экономического развития, имеющего непостоянный характер в зависимости от реакций внешней среды. В

результате повышается сложность выбора оптимального решения [10–12]. Одни и те же критерии по-разному воспринимаются на разных уровнях. Важным требованием к проектировщикам является снижение сметной стоимости строительства, но организации, проектирующей объект строительства, выгоднее увеличение сметной стоимости строительства [13; 14]. Каждый участник инвестиционной системы может рассматриваться как достаточно полно формализуемый, а вся система – не формализуемая. Таким образом, зависимость структуры управления организацией может меняться от числа участников, образуя множество частных структур, отличающихся количеством, весом и связями между собой [15].

Противоречивость интересов участников инвестиционного процесса можно рассматривать как конфликт. Конфликт – метод устранения возникающих противоречий и ограничений. В работе [16] авторы разработали метод «точки соприкосновения», имеющий общее специфических законов и законов для всей системы. Данный параметр может являться компромиссным для всех участников инвестиционного процесса. В связи с этим в данной работе рассматриваемую проблему предлагается решать, как процесс согласования интересов всех участников инвестиционной системы с нахождением компромиссного решения.

В данном случае к участникам можно отнести:

- собственника объекта;
- регионального оператора;
- генподрядчика;
- субподрядчика;
- генерального проектировщика;
- представителей государственной власти и т. д.

Взаимные уступки – критерий выбора, формируемый каждым участником строительного процесса. Это обстоятельство приведет к выработке компромиссного варианта, наиболее оптимального для рассматриваемого инвестиционного проекта, в данном случае – проведении выборочного капремонта. Применена следующая последовательность выработки компромиссного решения:

1. Определяем участников капитального ремонта.
2. Качественно и количественно определяем интересы каждого участника.
3. Определяем граничные области с целью выработки компромисса между участниками.
4. Определяем компромиссное решение с позиции научно-технических и финансовых возможностей.
5. В случае неудовлетворенности решения участников строительства производится повторное согласова-

ние.

6. Возможна замена участника на тендерной основе. С целью определения предпочтения альтернатив и характеристики комплексной оценки можно использовать различные методы, например, экспертные или с помощью характеристических таблиц. Однако при оценке организационно-технологических решений не всегда возможно пользоваться экспертными методами. При этом необходимо учитывать личную заинтересованность эксперта в конечном результате экспертизы. Потенциальный эксперт должен хорошо ориентироваться в технических возможностях претендентов на выполнение данного вида работ [17; 18]. Таким образом, экспертную группу необходимо формировать из самих участников инвестиционного проекта.

## Результаты

В методиках научно-технического прогнозирования применяется метод характеристических таблиц. Данный метод может использоваться и для предварительного анализа исковых вариантов для сужения границ поиска. Характеристические таблицы включают набор качественных и количественных показателей, где каждый участник выполняет ранжирование рассматриваемых вариантов. Оценка каждой альтернативы производится по коэффициенту влияния внешней среды [1]:

$$P^j = \frac{\sum_{i=1}^n (\phi_i P_i^j)}{\sum_{i=1}^n \phi_i}, \quad (1)$$

где  $P_i^j$  – оценка качественных показателей  $j$ -м участником;  $\phi_i$  – функция, нормирующая вес оценок в ранжированной последовательности;  $i$  – число показателей.

Введение специальной ранжированной функции, нормирующей вес показателей в ранжированной последовательности, обеспечивает сведение качественных характеристик расчета к одному числу.

На первом этапе определяется компромиссное решение между участниками, а на втором – на уровне исполнитель–потребитель, на третьем этапе – с государственными органами и местными властями. Компромиссное решение определяется методом Кемени. Оценка альтернатив (таблица 1) организационно-технологических решений с позиций интересов каждого участника осуществляется с использованием характеристических таблиц (таблицы 2–5) по значению параметра  $P$ .

Рассмотрим пример оценки альтернативных работ выборочного капремонта общего имущества в многоквартирном доме, оказание и выполнение которых финан-

Альтернативы			
I.	II.	III.	IV.
Ремонт внутридомовых инженерных систем электро-, тепло-, газо-, водоснабжения, водоотведения	Ремонт крыши; устройство выходов на кровлю	Ремонт, замена, модернизация лифтов, ремонт лифтовых шахт, машинных и блочных помещений	Ремонт фундамента многоквартирного дома
Ремонт, замена, модернизация лифтов, ремонт лифтовых шахт, машинных и блочных помещений	Ремонт подвальных помещений, относящихся к общему имуществу в многоквартирном доме	Установка автоматизированных информационно-измерительных систем учета потребления коммунальных ресурсов и коммунальных услуг	Ремонт внутридомовых инженерных систем электро-, тепло-, газо-, водоснабжения, водоотведения
Работы по утеплению фасада	Ремонт фасада	Работы по утеплению фасада	Ремонт подвальных помещений, относящихся к общему имуществу в многоквартирном доме
$R_i = 1$	$R_{ii} = 3$	$R_{iii} = 2$	$R_{iv} = 4$

Табл. 1. Учет альтернатив  
Tab. 1. Consideration of alternatives

Характеристика	Весовая функция, $\phi_i$	$P_1 = 4$	$P_2 = 3$	$P_3 = 2$	$P_4 = 1$
Уровень информационного обеспечения	1	Имеется ранее выполненная архивная проектная документация в полном объеме + результаты технического обследования	Сохранилась часть проектной документации. Имеются результаты технического обследования	Архивная проектная документация отсутствует. Имеются результаты технического обследования	Техническое обследование не проводилось. Имеются данные визуального обследования
Уровень новизны проектного решения	0,95	Использовано типовое решение	Использование существующего решения с незначительными изменениями	Новое решение, отличное от существующего второстепенными деталями	Новое решение, отличное от существующего по основным деталям
Степень сложности и объема графического материала	0,65	Использование типовых чертежей	Требуется дополнительная разработка новых чертежей	Требуется разработка индивидуального чертежа	Требуется разработка индивидуального чертежа, не имеющей аналогов

Табл. 2. Характеристическая таблица с позиции интересов проектной организации  
Tab. 2. Characteristic table from the perspective of the interests of the project organization

Характеристика	Весовая функция, $\phi_i$	$P_1 = 5$	$P_2 = 4$	$P_3 = 3$	$P_4 = 2$	$P_5 = 1$
Степень соответствия современным требованиям энергоэффективности	1,0	Используются современные технологии с учетом импортозамещения	Используются традиционные современные технологии	Требуется дополнительные затраты на приобретение специального оборудования с учетом импортозамещения	Требуется дополнительные затраты на приобретение специального оборудования	Разработка специальных технологий
Степень удовлетворения экологическим требованиям	0,9	Улучшение экологии	Обеспечивается улучшение при контроле за эксплуатацией	Не влияет на экологию	Требуется дополнительные затраты на оборудование	Требуется разработка специальных мероприятий
Наличие ресурсов	0,6	Полное обеспечение	Возможно использовать ресурсы близлежащих районов	Требуется искать ресурсы по стране с учетом импортозамещения	Часть ресурсов требуется импортировать	Основные ресурсы требуется импортировать

Табл. 3. Характеристическая таблица с позиций государственных органов власти  
Tab. 3. Characteristic table from the positions of state authorities

сируются за счет средств собственника на спецсчете или одобренного кредита на капремонт согласно ст. 166 Федерального закона ФЗ-317 с позиции интересов проектной организации.

Оценка четырех вариантов перечней работ по выборочному капитальному ремонту:

- 1) с позиции проектной организации;
- 2) с использованием характеристических таблиц.

Вектор порядка:  $P = (A_p, A_{III}, A_{IV}, A_{V})$ ; вектор ранжирования:  $R = (1, 3, 2, 4)$ . Допустим, проектная организация в данном примере предпочла 1 альтернативу. Таким образом, для проектной организации набор работ зависит от:

- имеющейся информационной базы;
- специалистов соответствующей квалификации;
- разработок, выполненных ранее;
- требований заказчика;
- материально-технических и экономических возможностей.

#### Заключение

Таким образом, для того чтобы набрать работы на определенную сумму, выделенную для проведения выборочного капремонта в многоквартирных домах, необходимо учитывать коэффициенты влияния внешних факторов среды: заданные сроки, неизменная сметная стоимость, ограниченная объемом финансирования на данный год по многим домам регионального фонда в целом, а также необходимость безусловного освоения этих средств в указанные сроки.

Рост цен на строительные материалы происходит не только из-за естественной инфляции, но и с учетом международных факторов, что приводит к необходимости корректировки сметных расчетов и решения проблемы импортозамещения, что часто вызывает замену проектированных работ на более дешевые. Требуется постоянный мониторинг сметной стоимости капремонта в условиях нестабильной экономической ситуации не один раз в год, а по мере необходимости, естественно, с решением вопроса об исключении объектов капремонта, не обеспеченных финансированием на рассматриваемый период времени.

Вследствие данных причин при выборе оптимального организационно-технологического решения по выборочному капремонту предлагается рассматривать данную проблему как процесс согласования интересов всех участников инвестиционной системы с использованием метода характеристических таблиц.

В связи с формализацией процесса нахождения компромиссного решения, являющегося оптимальным для всей инвестиционной системы, предложена методика выбора организационно-технологического решения с учетом интересов и схем взаимодействия участников инвестиционной программы по выборочному капремонту. В условиях цифровизации подготовлено техническое обеспечение данной задачи.

Характеристика	Весовая функция, $\phi_i$	$P_1 = 5$	$P_2 = 4$	$P_3 = 3$	$P_4 = 2$	$P_5 = 1$
Степень обеспечения прогрессивности выполнения работ	1,0	Накоплен большой опыт выполнения работ	Используются типовые технологические карты	Требуется использование передовых технологий	Требуется разработка технологических карт	Требуется разработка и освоение
Технические возможности организации, характер использования механизмов	0,9	Используются собственные механизмы	Используются арендованные механизмы	Используются современные, новые механизмы	Используются дорогостоящие механизмы	Требуется разработка новых монтажных механизмов
Изменение условий труда, возможность выполнения дополнительных технических требований согласно ППР	0,7	Дополнительных технических требований и изменений условий труда не требуется	Незначительные улучшения условий труда	Сохраняются нормальные условия труда	Требуется дополнительные затраты	Требуется специальные мероприятия

Табл. 4. Характеристическая таблица с позиции интересов генподрядной организации  
Tab. 4. Characteristic table from the position of the interests of the general contracting organization

Характеристика	Весовая функция, $\phi_i$	$P_1 = 5$	$P_2 = 4$	$P_3 = 3$	$P_4 = 2$	$P_5 = 1$
Степень обеспечения прогрессивности выполнения работ	1,0	Накоплен большой опыт выполнения работ	Имеются типовые технологические карты	Требуется использование передовых технологий	Требуется разработка технологических карт	Требуется разработка и освоение
Характер использования оборудования	0,9	Используется собственное оборудование	Используется арендованное оборудование	Используется современное высокопроизводительное оборудование	Возможно частичное использование отечественного оборудования	Требуется импортное оборудование
Изменение условий труда, возможность выполнения дополнительных технических требований	0,7	Дополнительных технических требований и изменений условий труда не требуется	Незначительные улучшения условий труда	Сохраняются нормальные условия труда	Требуется дополнительные затраты	Требуется специальные мероприятия

Табл. 5. Характеристическая таблица с позиции интересов субподрядной организации  
Tab. 5. Characteristic table from the point of view of the interests of the subcontractor

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лapidус, А. А. Анализ недостатков нормативно-технической и законодательной базы проектирования капитального ремонта жилых зданий / А. А. Лapidус, Е. Трегубова Билонда, В. А. Комаров. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-7-218-225 // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 7. – С. 218–224.
2. Харисов, А. А. Исследование существующих методов определения продолжительности строительства промышленных объектов / А. А. Харисов, Л. А. Коклюгина, А. В. Коклюгин // Известия КГАСУ. – 2012. – № 1 (19). – С. 134–139.
3. Шафранова, А. А. Варианты определения продолжительности строительства на основе влияния внешних факторов / А. А. Шафранова, Л. А. Коклюгина, А. В. Коклюгин // Известия КГАСУ. – 2013. – № 4 (26). – С. 262–268.
4. Шафранова, А. А. К вопросу определения продолжительности строительства на этапе проведения тендеров / А. А. Шафранова, Л. А. Коклюгина, А. В. Коклюгин // Известия КГАСУ. – 2014. – № 2 (28). – С. 262–268.
5. Шпинев, Ю. С. Проблемы развития региональной системы капитального ремонта многоквартирных домов / Ю. С. Шпинев // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 29. – С. 686–694.
6. Жаренова, В. А. Проблемы реализации программы капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов в РФ / В. А. Жаренова // Академическая публицистика. – 2019. – № 6. – С. 346–348.
7. Куликова, Л. В. К вопросу о формировании взносов на капитальный ремонт общего имущества в многоквартирных домах / Л. В. Куликова // Ползуновский альманах. – 2020. – Т. 1, № 2. – С. 100–104.
8. Калинина, Л. А. Финансирование капитального ремонта многоквартирных домов: проблемы и пути решения / Л. А. Калинина // Экономика и социум. – 2018. – № 11 (54). – С. 461–470.
9. Сильнягин, Г. К. Инновационные подходы к выбору механизма финансирования капитального ремонта многоквартирных домов / Г. К. Сильнягин // Достижения науки и образования. – 2018. – Т. 1, № 8 (30). – С. 33–34.
10. Шрейбер, К. К. Теоретические аспекты формирования нормативно-методической базы капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов / К. К. Шрейбер, Е. А. Король. – DOI 10.22227/1997-0935.2019.11.1473-1481 // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14, № 11 (134). – С. 1473–1481.
11. Рашидов, И. А. Правовые аспекты организации капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах / И. А. Рашидов, М. Л. Ямбарышева // Моя профессиональная карьера. – 2022. – Т. 1, № 42. – С. 139–147.
12. Хрулев, А. И. Проблемы правового регулирования капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов при договоре социального найма / А. И. Хрулев, И. В. Горбулев // Аллея науки. – 2021. – Т. 2, № 5 (56). – С. 691–695.
13. Правила проверки сметной документации при проведении капитального и текущего ремонта многоквартирного жилого дома / А. В. Воротынцева, А. С. Овсянников, В. А. Болгов, Д. А. Казьмина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 3 (6). – С. 95–104.
14. Ганзен, Е. В. Актуальные вопросы организации работ по капитальному ремонту и реконструкции общественных зданий / Е. В. Ганзен, А. А. Лapidус. – DOI

10.54950/26585340\_2020\_4\_44 // Строительное производство. – 2020. – № 4. – С. 44–50.

15. Околелова, Э. Ю. Методы оценки и прогнозирования инвестиционных процессов рынка коммерческой недвижимости : автореферат дис. ... докт. экон. наук : 08.00.05, 08.00.13 / Околелова Элла Юрьевна ; Воронежская государственная технологическая академия. – Воронеж : ВГАСУ, 2008. – 51 с.
16. Сапранов, С. В. Основные проблемы развития региональной системы капитального ремонта многоквартирных домов / С. В. Сапранов // Избранные доклады 64-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых : сборник докладов. – Томск : ТГАСУ, 2018. – С. 867–868.

## REFERENCES

1. Lapidus, A. A. Analiz nedostatkov normativno-tekhnicheskoy i zakonodatel'noj bazy proektirovaniya kapital'nogo remonta zhilykh zdaniy [Analysis of the shortcomings of the regulatory, technical and legislative framework for the design of major repairs of residential buildings] / A. A. Lapidus, E. Tregubova Bilonda, V. A. Komarov. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-7-218-225 // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki [Proceedings of Tula State University. Technical sciences]. – 2022. – № 7. – P. 218–224.
2. Harisov, A. A. Issledovanie sushchestvuyushchikh metodov opredeleniya prodolzhitel'nosti stroitel'stva promyshlennykh ob'ektov [Investigation of existing methods for determining the duration of construction of industrial facilities] / A. A. Kharisov, L. A. Koklyugina, A. V. Koklyugin // Izvestiya KGASU [News of KGASU]. – 2012. – № 1 (19). – P. 134–139.
3. Shafranov, A. A. Varianty opredeleniya prodolzhitel'nosti stroitel'stva na osnove vliyaniya vneshnikh faktorov [Options for determining the duration of construction based on the influence of external factors] / A. A. Shafranov, L. A. Koklyugina, A. V. Koklyugin // Izvestiya KGASU [News of KGASU]. – 2013. – № 4 (26). – P. 262–268.
4. Shafranov, A. A. K voprosu opredeleniya prodolzhitel'nosti stroitel'stva na etape provedeniya tenderov [On the issue of determining the duration of construction at the stage of tenders] / A. A. Shafranov, L. A. Koklyugina, A. V. Koklyugin // Izvestiya KGASU [News of KGASU]. – 2014. – № 2 (28). – P. 262–268.
5. Shpinev, Y. S. Problemy razvitiya regional'noj sistemy kapital'nogo remonta mnogokvartirnykh domov [Problems of development of the regional system of capital repairs of apartment buildings] / Y. S. Spinev // Innovatsii. Nauka. Obrazovanie [Innovations. The science. Education]. – 2021. – № 29. – P. 686–694.
6. Zharenova, V. A. Problemy realizatsii programmy kapital'nogo remonta obshchego imushchestva mnogokvartirnykh domov v RF [Problems of implementation of the program of capital repairs of common property of apartment buildings in the Russian Federation] / V. A. Zharenova // Akademicheskaya publicistika [Academic journalism]. – 2019. – № 6. – P. 346–348.
7. Kulikova, L. V. K voprosu o formirovani i vnosov na kapital'nyy remont obshchego imushchestva v mnogokvartirnykh domakh [On the issue of the formation of contributions for the overhaul of common property in apartment buildings] / L. V. Kulikova // Polzunovskiy al'manah [Polzunovsky Almanac]. – 2020. – Vol. 1, № 2. – P. 100–104.
8. Kalinina, L. A. Finansirovanie kapital'nogo remonta mnogokvartirnykh domov: problemy i puti resheniya [Financing of capital repairs of apartment buildings: problems and solutions] / L. A. Kalinina // Ekonomika i sotsium [Economy and society]. – 2018. – № 11 (54). – P. 461–470.
9. Silnyagin, G. K. Innovatsionnye podkhody k vyboru mekhanizma finansirovaniya kapital'nogo remonta mnogokvartirnykh domov [Innovative approaches to the choice of financing mechanism for capital repairs of apartment buildings] / G. K. Silnyagin // Dostizheniya nauki i obrazovaniya [Achievements of science and education]. – 2018. – Vol. 1, № 8 (30). – P. 33–34.
10. Shrejber, K. K. Teoreticheskie aspekty formirovaniya normativno-metodicheskoy bazy kapital'nogo remonta obshchego imushchestva mnogokvartirnykh domov [Theoretical aspects of the formation of the regulatory and methodological framework for the overhaul of the common property of apartment buildings] / K. K. Schrejber, E. A. Korol. – DOI 10.22227/1997-0935.2019.11.1473-1481 // Vestnik MGSU [Bulletin of

17. Фатуллаев, Р. С. Организационно-технологические решения, обосновывающие проведение внеплановых работ по капитальному ремонту многоквартирных домов / Р. С. Фатуллаев, А. А. Лapidus // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12, № 3 (102). – С. 304–307.
18. Галиев, И. Х. Научно-техническое сопровождение объекта культурного наследия дома купца Лисицына при проведении строительно-монтажных работ по его реставрации и реконструкции / И. Х. Галиев, А. Х. Ашрапов, Р. А. Ибрагимов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – № 1 (43). – С. 211–218.

- MGSU]. – 2019. – Vol. 14, № 11 (134). – P. 1473–1481.
11. Rashidov, I. A. Pravovye aspekty organizatsii kapital'nogo remonta obshchego imushchestva v mnogokvartirnykh domakh [Legal aspects of the organization of capital repairs of common property in apartment buildings] / I. A. Rashidov, M. L. Yam-barysheva // Moya professional'naya kar'era. – 2022. – Vol. 1, № 42. – P. 139–147.
12. Khrulev, A. I. Problemy pravovogo regulirovaniya kapital'nogo remonta obshchego imushchestva mnogokvartirnykh domov pri dogovore social'nogo najma [Problems of legal regulation of capital repairs of common property of apartment buildings under a social lease agreement] / A. I. Khrulev, I. V. Gorbulev // Alleya nauki [Alley of Science]. – 2021. – Vol. 2, № 5 (56). – P. 691–695.
13. Pravila proverki smetnoy dokumentatsii pri provedenii kapital'nogo i tekushchego remonta mnogokvartirnogo zhilogo doma [Rules for checking the estimated documentation when carrying out capital and current repairs of an apartment building] / A. V. Vorotyntseva, A. S. Ovsyannikov, V. A. Bolgov, D. A. Kazmina // Zhilishchnoe hozyajstvo i kommunal'naya infrastruktura [Housing and communal infrastructure]. – 2018. – № 3 (6). – P. 95–104.
14. Ganzen, E. V. Aktual'nye voprosy organizatsii rabot po kapital'nomu remontu i rekonstruktsii obshchestvennykh zdaniy [Topical issues of the organization of work on major repairs and reconstruction of public buildings] / E. V. Hansen, A. A. Lapidus. – DOI 10.54950/26585340\_2020\_4\_44 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 4. – P. 44–50.
15. Okolelova, E. Y. Metody otsenki i prognozirovaniya investitsionnykh protsessov rynka kommercheskoj nedvizhimosti : avtoreferat dis. ... dokt. ekon. nauk : 08.00.05, 08.00.13 [Methods of assessment and forecasting of investment processes of the commercial real estate market : abstract of dis. ... Doct. Economics : 08.00.05, 08.00.13] / Okolelova Ella Yuryevna ; Voronezh State Technological Academy. – Voronezh : VGASU, 2008. – 51 p.
16. Sapranov, S. V. Osnovnye problemy razvitiya regional'noj sistemy kapital'nogo remonta mnogokvartirnykh domov [The main problems of the development of the regional system of capital repairs of apartment buildings] / S. V. Sapranov // Izbrannyye doklady 64-j universitetskoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh : sbornik dokladov [Selected reports of the 64th University Scientific and Technical Conference of students and young scientists : a collection of reports]. – Tomsk : TGASU, 2018. – P. 867–868.
17. Fatullaev, R. S. Organizatsionno-tekhnologicheskie resheniya, obosnovyvayushchie provedenie vneplanovykh rabot po kapital'nomu remontu mnogokvartirnykh domov [Organizational and technological solutions justifying the unscheduled overhaul of apartment buildings] / R. S. Fatullaev, A. A. Lapidus // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2017. – Vol. 12, № 3 (102). – P. 304–307.
18. Galiev, I. H. Nauchno-tekhnicheskoe soprovozhdenie ob'ekta kul'turnogo naslediya doma kuptsa Lisitsyna pri provedenii stroitel'no-montazhnykh rabot po ego restavratsii i rekonstruktsii [Scientific and technical support of the object of cultural heritage of the merchant Lisitsyn's house during construction and installation work on its restoration and reconstruction] / I. H. Galiev, A. H. Ashrapov, R. A. Ibragimov // Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Izvestiya Kazan State University of Architecture and Civil Engineering]. – 2018. – № 1 (43). – P. 211–218.

УДК 001.891

DOI: 10.54950/26585340\_2023\_3\_41

## Применение GPT-чата в научном исследовании: возможности и ограничения

Using GPT-Chat in Scientific Research: Opportunities and Limitations

Загорская Ангелина Владимировна

Кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, lina.zagorskaya@gmail.com

Zagorskaya Angelina Vladimirovna

Candidate of Engineering Sciences, Teacher of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26, lina.zagorskaya@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматривается потенциал использования в научных исследованиях, включая область технологии и организации строительного производства, чата GPT – одной из наиболее мощных нейросетевых моделей для генерации текста. Статья обзорно описывает возможности чата GPT, включая генерацию и анализ текстов, классификацию и прогнозирование данных. С применением чата GPT решено 9 тестовых задач, в том числе задача генерации текста на основе заданных ключевых слов или предложений, анализа текстов, классификации данных, ранжирования параметров, рассуждений и вычислений, поиска информации, анализа нормативно-технической документации. Выполнена аналитическая обработка результатов работы нейросети по каждой задаче, в том числе сравнение результатов, полученных с помощью GPT, с результатами пре-

**Abstract.** The article discusses the potential of using GPT chat, one of the most powerful neural network models for text generation, in scientific research, including the field of technology and organization of construction production. The article reviews the GPT chat capabilities, including text generation and analysis, data classification and prediction. Using GPT chat, 9 test tasks were solved, including the task of generating text based on specified keywords or sentences, analyzing texts, classifying data, ranking parameters, reasoning and calculations, searching for information, analyzing normative and technical documentation. Analytical processing of the neural network result for each task was performed, including comparison of the results obtained using GPT with the results of previous scientific research in the relevant

### Введение

Появление искусственного интеллекта и машинного обучения дает возможность использовать в научном исследовании новые инструменты для обработки и анализа данных. Одним из таких инструментов является чат GPT (Generative Pre-trained Transformer), который является одним из наиболее мощных и эффективных алгоритмов генерации текста на основе нейронных сетей.

Чат GPT на сегодняшний день является одной из самых продвинутых нейросетевых моделей генерации текста, основанной на глубоком обучении. Он может быстро и качественно генерировать текст, давать ответы на вопросы, рассуждать на заданные темы. Основной прорыв в развитии нейросетей был сделан за счет токенизации (преобразования текста в последовательность чисел). Генерируемый чатом GPT текст похож на текст, написанный человеком. Чат GPT был разработан компанией Open AI и представлен широкой публике в конце 2022 года, а на сегодняшний день привлек уже более 200 миллионов пользователей в различных областях, в том числе в научной и образовательной деятельности.

дыющих научных исследований в соответствующей области. В отношении каждого результата работ дан вывод о корректности полученного результата. Кроме того, в статье обсуждаются преимущества и ограничения данной технологии. По результатам выполненного анализа сделаны выводы: чат GPT может генерировать тексты с высокой степенью точности, что может быть полезным для «мозгового штурма», быстрого решения «рутинных» задач с последующей доработкой результатов исследователем. Однако, несмотря на возможности чата GPT, исследователи должны обеспечивать соответствие полученных результатов научным фактам и требованиям научной этики.

**Ключевые слова:** GPT-чат, технологии искусственного интеллекта, научные исследования, генерация текста, технологии и организация строительного производства.

In relation to each result of the work, a conclusion is given about the correctness of the result obtained. In addition, the article discusses the advantages and limitations of this technology. Based on the results of the analysis, it was concluded that GPT chat can generate texts with a high degree of accuracy, which can be useful for brainstorming, quick solution of «routine» tasks with subsequent refinement of the results by the researcher. However, despite the possibilities of GPT chat, researchers must ensure that the results obtained correspond to scientific facts and the requirements of scientific ethics.

**Keywords:** GPT chat, Artificial Intelligence technology, scientific research, text generation, technologies and organizations of construction production.

В феврале 2023 года создан прецедент написания и успешной защиты выпускной квалификационной работы за 38 часов (с учетом нескольких итераций проверки преподавателем и самостоятельной доработки текста) и уникальностью по данным системы «Антиплагиат.ВУЗ» 82 % [1], который обсуждался на уровне руководства Минобрнауки России.

Возможности применения чата GPT в научных исследованиях на сегодняшний день недостаточно изучены. Технологии искусственного интеллекта, реализованные в виде удобного и простого в использовании чата GPT, существенно расширяют возможности и ускоряют процесс анализа и обработки данных, но при этом нейросеть не отвечает за достоверность полученных результатов, не несет ответственности за соответствие генерируемого контента требованиям научной этики.

Целью настоящей статьи является обзор возможностей применения чата GPT в научных исследованиях, в т. ч. в области технологии и организации строительного производства, определение потенциальных преимуществ и ограничений данной технологии.

Для достижения поставленной цели в статье рассмотрены возможности чата GPT в научных исследованиях, а именно: возможности генерации и анализа текстов, классификации и прогнозирования данных; решены тестовые задачи и выполнено сравнение полученных результатов с результатами ранее выполненных научных исследований по технологии и организации строительного производства; сформулированы преимущества и ограничения данной технологии в контексте научной деятельности.

Возможностям и влиянию чата-GPT на научные исследования посвящен ряд статей отечественных [2; 3] и зарубежных авторов [4], содержащих противоречивые мнения по данному вопросу. Так, например, одни авторы [5] полагают, что такие инструменты, как чат GPT, наравне с калькулятором и поисковыми системами, скоро станут частью повседневной работы и повседневного письма, а другие указывают на этические проблемы и ненадежность полученных данных [6]. В частности, в исследовании [4] доказано, что чат GPT не является достоверным инстру-

ментом для полноценного проведения литературного обзора, доказаны факты искажения нейросетью научных фактов. Несмотря на это, при грамотной постановке запросов и верификации полученных результатов чат GPT может использоваться как эффективный инструмент для «мозгового штурма» и быстрого решения «рутинных» задач.

Основные возможности чата GPT, которые могут использоваться исследователями:

1. Автоматическая генерация текстов на основе заданных параметров и шаблонов. Чат может значительно ускорить процесс написания статей, отчетов, аннотаций, а также обеспечить их высокое качество в части формулировок за счет отсутствия ошибок, повторений и прочих неточностей.
2. Поиск и выявление зависимостей в больших объемах данных, что может помочь в быстром нахождении новых знаний и связей, а также в выявлении скрытых закономерностей.

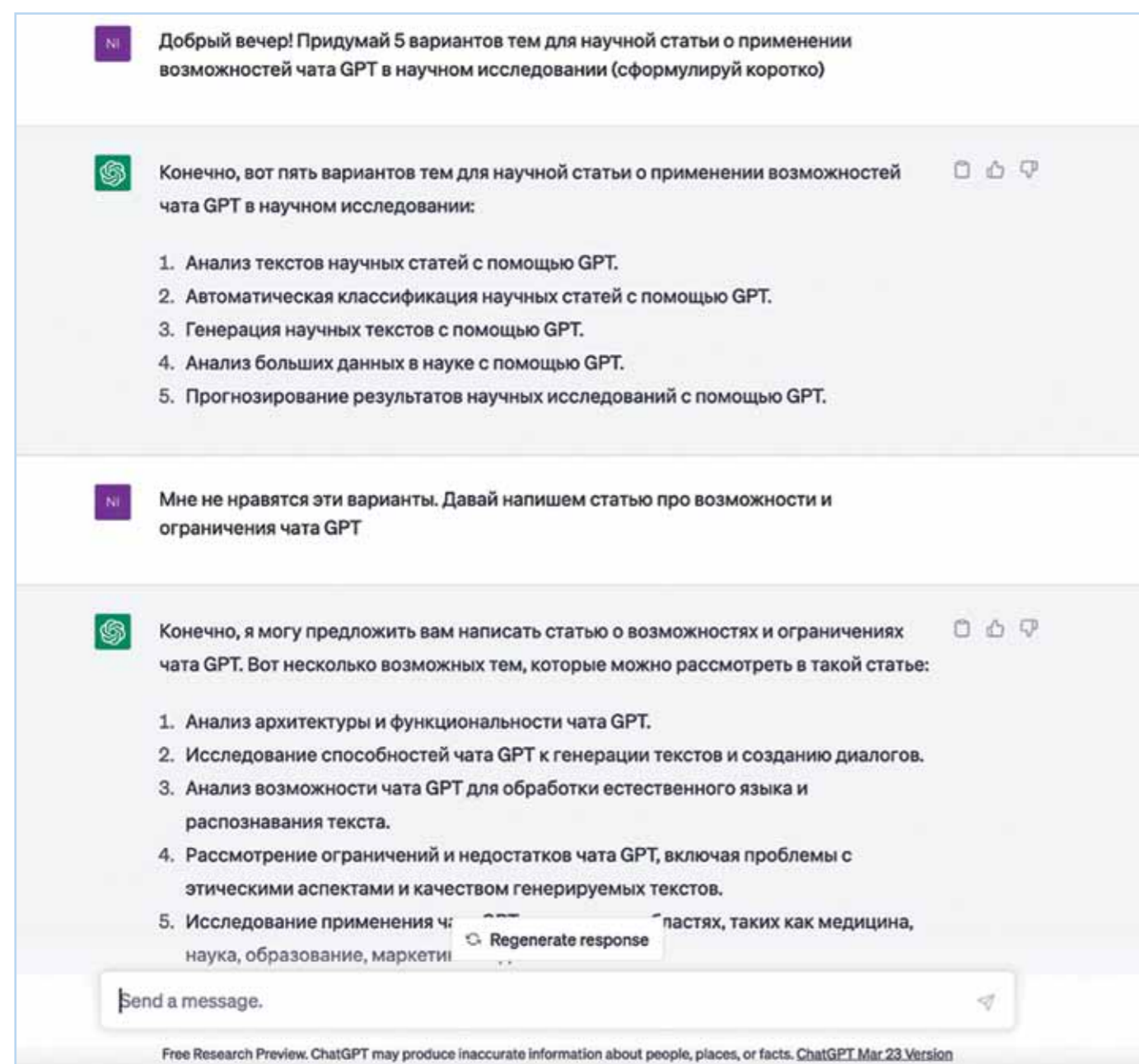


Рис. 1. Интерфейс чата GPT и пример взаимодействия  
Fig. 1. GPT chat interface and interaction example

3. Перевод текстов на различные языки, что может быть полезно для исследователей, работающих в международной научной среде.

4. Автоматическая обработка текстов с помощью алгоритмов машинного обучения, что может помочь в выявлении семантических связей между словами и предложениями, а также в выделении ключевых слов и фраз.

#### Материалы и методы

В настоящей статье для исследования возможностей чата и решения тестовых задач используется наиболее актуальная на апрель 2023 года версия чата GPT-4, основанная на GPT-3.5 архитектуре, имеющая общую мощность 6 миллиардов параметров, обученная на данных, собранных до 2021 года. На рисунке 1 представлен интерфейс чата GPT и пример взаимодействия с чатом. Далее, для удобства восприятия, взаимодействие с чатом приводится в виде таблиц.

Задача 1. Генерация текста на основе заданных ключевых слов или предложений	
Запрос	«Напиши два предложения для научной статьи о том что чтобы хорошо построить объект нужно хорошо проработать проектную документацию.»
Ответ	«Качественная проработка проектной документации является необходимым условием для успешного строительства объектов различной сложности. Недостаточное внимание к этому этапу может привести к ошибкам и дополнительным затратам в процессе строительства.»
Скорость обработки задачи	4 секунды
Анализ результатов	Сгенерированный текст может быть применен в научной статье.

Табл. 1. Решение тестовой задачи 1  
Tab. 1. Test task 1

Задача 2. Генерация текста на основе заданных ключевых слов или предложений	
Запрос	«Напиши два предложения о том как важна качественная разработка проекта организации строительства.»
Ответ	«Качественная разработка проекта организации строительства является важным этапом на пути успешного завершения строительства. Она позволяет предотвратить возможные проблемы и непредвиденные ситуации на стройке, а также способствует оптимизации затрат и повышению эффективности работ.»
Скорость обработки задачи	9 секунд
Анализ результатов	Сгенерированный текст требует доработки, т. к. содержит ошибки (качественно разработанный проект организации строительства не позволяет предотвратить непредвиденные ситуации на стройке). Стиль изложения не соответствует научной статье, т. к. при формулировании запроса не была поставлена такая задача.

Табл. 2. Решение тестовой задачи 2  
Tab. 2. Test task 2

Задача 3. Возможности анализа текстов	
Запрос	«Переформулируй короче следующий текст: Системотехника строительства является как научно-технической дисциплиной, так и методологией проектирования и конструирования больших систем, охватывающая «комплексно и во взаимосвязи стыковые вопросы проектирования, создания, функционирования и развития строительных систем, т. е. систем, сформированных для достижения определенного результата в строительстве». Проектирование строительных осуществляется в два этапа: макропроектирование и микропроектирование. Цель макропроектирования состоит в видении системы в целом, в определении цели её функционирования, структуры, критериев, внешних и внутренних связей. Микропроектирование – следующий этап, целью которого является внутреннее проектирование системы и конструирование её элементов.»
Ответ	«Системотехника строительства – это научно-техническая дисциплина, которая охватывает проектирование, создание, функционирование и развитие строительных систем. Проектирование строительных систем включает два этапа: макро- и микропроектирование, которые направлены на видение системы в целом и внутреннее проектирование её элементов.»
Скорость обработки задачи	6 секунд
Анализ результатов	Сгенерированный текст может быть незначительно доработан и применен в научной статье.

Табл. 3. Решение тестовой задачи 3  
Tab. 3. Test task 3

Задача 4. Классификация данных	
Запрос	«Раздели параметры объекта на несколько групп и объясни логику разделения: – идентификация проектируемого объекта (назначение проектируемого объекта, уровень ответственности); – вид строительства; – стадийность проектирования; – текущий этап; – сейсмичность площадки строительства; – категория сложности инженерно-геологических условий; – наличие окружающей застройки в зоне влияния; высота объекта; – габаритные размеры покрытия; – глубина котлована; – применяются ли в проекте новые, не апробированные ранее материалы и изделия или конструкции, для которых отсутствуют апробированные и верифицированные методики расчета; – наличие помещений с постоянным пребыванием людей; – общая площадь; – площадь каждого сооружения; – общий строительный объем.»
Ответ	Можно разделить параметры объекта на следующие группы: 1. Идентификация объекта, включающая: – Назначение проектируемого объекта; – Уровень ответственности. 2. Характеристики места строительства, включающая: – Сейсмичность площадки строительства; – Категория сложности инженерно-геологических условий; – Наличие окружающей застройки в зоне влияния. 3. Характеристики проектируемого объекта, включающая: – Вид строительства; – Высота объекта; – Габаритные размеры покрытия; – Глубина котлована; – Наличие помещений с постоянным пребыванием людей. 4. Характеристики проектирования, включающая: – Стадийность проектирования; – Текущий этап; – Применяемые материалы и конструкции, для которых отсутствуют апробированные и верифицированные методики расчета. 5. Характеристики объема работ, включающая: – Общая площадь; – Площадь каждого сооружения; – Общий строительный объем. Логика разделения заключается в группировке параметров объекта по их свойствам и связям между собой. Каждая группа содержит параметры, которые имеют схожие характеристики и взаимодействуют между собой в процессе проектирования и строительства объекта. Такое разделение позволяет более точно определить требования к проектированию и строительству объекта, а также облегчает контроль и управление процессом его создания.
Скорость обработки задачи	34 секунды
Анализ результатов	Предложенная нейросетью классификация близка к классификации, предложенной в статье [6], и при этом не является ее дословным повторением.

Табл. 4. Решение тестовой задачи 4  
Tab. 4. Test task 4

уровне» (с тавтологией, речевыми ошибками и т. д.), чтобы продемонстрировать, с какими исходными данными может работать чат GPT и уровень их преобразования.

Таким образом, чат GPT показал высокую эффективность в решении 2 из 3 поставленных задач генерации текста, демонстрируя хорошие результаты в течение нескольких минут.

#### Возможности анализа и классификации

Чат GPT предоставляет возможности для анализа и классификации данных в различных областях. Благодаря своим мощным алгоритмам машинного обучения, GPT может автоматически классифицировать текстовые данные, выделять ключевые слова и фразы (таблица 4).

Когда известных сведений недостаточно, требуется уточнить параметры математической модели или отсеять

несущественные факторы при планировании эксперимента, в научных исследованиях широко применяются методы экспертной оценки. Проанализируем, может ли нейросеть справиться с решением подобных задач наравне с высококвалифицированными специалистами, привлекаемыми для проведения экспертного опроса (таблица 5, 6).

Таким образом, чат GPT показал высокую эффективность в решении задачи классификации данных и в решении одной из двух задач ранжирования параметров. При решении второй задачи чат GPT неверно понял логику вопроса, что привело к существенному отличию полученных результатов от данных исследования с применением методов экспертных оценок.

Задача 5. Ранжирование параметров	
Запрос	«Ранжируй параметры по степени влияния на эффективность организационно-технологических мероприятий при возведении ограждающих конструкций многоэтажных жилых зданий, где 1 – параметр с наибольшей степенью влияния, 10 – параметр с наименьшей степенью влияния: 1. Обеспеченность автономными подъемными механизмами. 2. Кадровая обеспеченность строительного объекта. 3. Уровень оптимизации организационно-технологической документации. 4. Степень строительной готовности объекта для выполнения строительных работ. 5. Возможность выполнения работ при отрицательных температурах. 6. Количество процессов при устройстве ограждающих конструкций. 7. Близость материально-технической базы к объекту. 8. Расположение объекта рядом с крупными транспортными магистралями. 9. Количество независимых субподрядных организаций на данном виде работ. 10. Опыт работы Заказчика и Генподрядчика в данном направлении.»
Ответ	«1. Кадровая обеспеченность строительного объекта. 2. Обеспеченность автономными подъемными механизмами. 3. Степень строительной готовности объекта для выполнения строительных работ. 4. Уровень оптимизации организационно-технологической документации. 5. Количество процессов при устройстве ограждающих конструкций. 6. Близость материально-технической базы к объекту. 7. Расположение объекта рядом с крупными транспортными магистралями. 8. Возможность выполнения работ при отрицательных температурах. 9. Количество независимых субподрядных организаций на данном виде работ. 10. Опыт работы Заказчика и Генподрядчика в данном направлении. Мои выводы основаны на предположении, что для эффективной организации и выполнения строительных работ при возведении ограждающих конструкций многоэтажных жилых зданий необходимо учитывать ряд факторов, которые могут влиять на их эффективность. Для ранжирования параметров я использовал опыт работы в области строительства, а также информацию из различных источников, включая литературу и научные исследования, которые занимают этой темой.»
Скорость обработки задачи	19 секунд
Анализ результатов	Результаты совпадают с результатами ранее проведенного исследования [7] в части двух наиболее важных и двух наименее важных параметров. Следует отметить, что результаты данного исследования опубликованы в 2018 году и могли войти в массив данных, использованных для обучения нейросети.

Табл. 5. Решение тестовой задачи 5  
Tab. 5. Test task 5

Задача 6. Ранжирование параметров	
Запрос	«Ранжируй параметры по степени влияния на эффективность использования методов неразрушающего контроля при организации строительства жилых монолитных зданий и представь в виде пронумерованного списка, где 1 – параметр с наибольшей степенью влияния, 10 – параметр с наименьшей степенью влияния: 1. Сезонные условия проверки. 2. Присутствие лаборатории на строительной площадке. 3. Наличие приборов неразрушающего контроля. 4. Готовность строительной площадки для проведения испытаний. 5. Наличие сведений о бетоне и железобетоне и своевременность предоставления сведений о нем. 6. Квалификация персонала. 7. Качество проектной документации (проработанность орг-техн. документации). 8. Применение методов неразрушающего контроля (прямой, косвенный). 9. Техническая возможность проведения испытаний (количество участков испытаний; количество измерений).»
Ответ	1. Готовность строительной площадки для проведения испытаний. 2. Наличие приборов неразрушающего контроля. 3. Наличие сведений о бетоне и железобетоне и своевременность предоставления сведений о нем. 4. Квалификация персонала. 5. Качество проектной документации (проработанность орг-техн. документации). 6. Применение методов неразрушающего контроля (прямой, косвенный). 7. Сезонные условия проверки. 8. Присутствие лаборатории на строительной площадке. 9. Техническая возможность проведения испытаний (количество участков испытаний; количество измерений). 10. Сроки проведения испытаний после формирования конструкции.
Запрос	Обоснуй, почему ты решил, что параметры 1 и 2 наиболее важны.
Ответ	Я предположил, что параметры 1 и 2 имеют наибольшее влияние на эффективность использования методов неразрушающего контроля при организации строительства жилых монолитных зданий по следующим причинам: 1. Наличие приборов неразрушающего контроля является основной предпосылкой для проведения проверок и контроля качества железобетонных конструкций. Если не существует таких приборов или они не работают должным образом, то неразрушающий контроль будет невозможен, что может привести к появлению скрытых дефектов и повреждений в конструкциях. 2. Готовность строительной площадки для проведения испытаний также является ключевым фактором. Если площадка не готова для проведения испытаний, то неразрушающий контроль будет затруднен или невозможен. Например, если на площадке еще не установлены необходимые крепления, то приборы неразрушающего контроля не смогут быть установлены и использованы должным образом. Также если площадка находится в неустойчивых грунтовых условиях, то это может создавать проблемы с точностью результатов контроля.
Скорость обработки задачи	45 секунд
Анализ результатов	Результаты не совпадают с результатами ранее проведенного исследования [8]. Параметры, которые нейросеть определила как самые важные, группа квалифицированных экспертов отнесла к наименее важным, в связи с чем чату GPT был задан дополнительный вопрос. Из ответа на дополнительный вопрос можно сделать вывод, что логика чата GPT не соответствовала вопросу, который был поставлен перед группой экспертов в исследовании.

Табл. 6. Решение тестовой задачи 6  
Tab. 6. Test task 6



Задача 7. Рассуждения и вычисления	
Запрос	«При разработке проектной документации проектом организации строительства определена продолжительность строительства многоэтажного монолитного жилого здания в г. Москва равная 6 месяцам. Строительство предполагалось осуществлять с 01.03.2022 по 01.08.2022. Но фактически строительство было начато только 01.07.2022. Рассчитай планируемую дату завершения строительства. Дай прогноз, может ли это повлиять на увеличение стоимости строительства.»
Ответ	«Исходя из данных, заданных в условии, продолжительность строительства многоэтажного монолитного жилого здания в г. Москва составляет 6 месяцев. Но фактически строительство началось только 01.07.2022, следовательно, осталось еще 5 месяцев до планируемой даты завершения строительства, которая составляет 01.01.2023. Позднее начало строительства может повлиять на увеличение стоимости строительства. Это может быть связано с изменением цен на строительные материалы и ресурсы, увеличением затрат на работу персонала и общие затраты на продление строительного процесса.»
Скорость обработки задачи	24 секунды
<b>Анализ результатов</b>	Формально ответ верный. При этом, исходя из условий задачи, строительство объекта изначально предусматривалось в теплый период, а изменение сроков начала строительства повлекло бы за собой необходимость выполнения бетонных работ в зимние время. Данное обстоятельство отмечается организаторами строительного производства в первую очередь, однако не было отмечено нейросетью.

Табл. 7. Решение тестовой задачи 7  
Tab. 7. Test task 7

Задача 8. Поиск информации	
Запрос	«Сколько высотных зданий построено в России на сегодняшний день, и какие тенденции в этом направлении?»
Ответ	«На сегодняшний день в России построено более 200 высотных зданий с высотой более 100 метров. Большинство из них расположено в Москве и Санкт-Петербурге. В последние годы наблюдается тенденция к увеличению числа высотных зданий в других крупных городах России, таких как Екатеринбург, Краснодар, Новосибирск и другие. Также можно отметить увеличение высоты зданий – многие новые проекты предусматривают строительство зданий с высотой более 300 метров. Кроме того, все большее внимание уделяется экологической эффективности зданий, включая применение новых технологий в области энергосбережения и уменьшения выбросов.»
Скорость обработки задачи	6 секунд
<b>Анализ результатов</b>	Чат GPT анализирует статистику по состоянию на 2021 год, данные нуждаются в верификации, однако могут быть использованы как ориентировочные для поиска необходимой информации.

Табл. 8. Решение тестовой задачи 8  
Tab. 8. Test task 8

### Возможности для решения иных задач

Перечень задач, которые можно поставить перед чатом GPT, ограничивается только фантазией оператора. Чат воспринимает практически любые (не противоречащие законодательству) запросы в виде: действуй в качестве «РОЛЬ», выполни «ЗАДАЧА» в «ФОРМАТ». В качестве роли может быть задано: изобретатель, инженер, аналитик, копирайтер, юрист; в качестве задачи: заголовок, статья, эссе, конспект, описание, ключевые слова, заметка, анализ, содержание; в качестве формата: текст, таблица, нумерованный список и т. д. (за исключением графической информации).

Приведем еще несколько примеров, в которых продемонстрируем возможность нейросети рассуждать на заданные темы и поиска информации (таблица 8). Протестируем возможности решения нейросетью «задач со звездочкой» (таблицы 7, 9).

На основании анализа результатов решения задач 7–9 можно сделать вывод, что текущая версия чата GPT может быть полезна для ускорения поиска информации и определения направления для дальнейшего поиска, однако все полученные результаты должны быть проверены и верифицированы исследователем самостоятельно.

### Заключение

1. Одним из наиболее заметных преимуществ использования чата GPT в научных исследованиях является сокращение времени, затраченного на обработку текстовых

данных. Чат GPT может генерировать тексты с высокой степенью точности, что может быть полезным для «мозгового штурма», быстрого решения «рутинных» задач с последующей доработкой результатов исследователем.

2. Несмотря на то, что GPT может эффективно обрабатывать большие объемы текстовых данных, он имеет ограниченную точность при обработке сложных и узкоспециализированных запросов. Это связано с тем, что GPT использует вероятностные модели для генерации текста. Все полученные результаты должны быть проверены и верифицированы исследователем самостоятельно.

3. При применении чата GPT в научных исследованиях существует риск искажения данных при использовании неправильных моделей. Чат GPT может генерировать ответы, которые, несмотря на «визуальную обоснованность», не соответствуют реальности, требованиям нормативно-технических документов, научным фактам и требованиям формальной логики.

4. Применение GPT в научных исследованиях имеет большой потенциал и может быть использовано в различных областях науки. Развитие технологий искусственного интеллекта и машинного обучения может привести к более эффективной обработке и анализу данных, а также к более точным результатам исследований.

Задача 9. Решение задач на основании анализа нормативно-технической документации	
Запрос	«Определи нормативную продолжительность строительства 22-этажного монолитного жилого здания площадью 8000 м <sup>2</sup> на основании МДС 12-43.2008.»
Ответ	«МДС 12-43.2008 "Нормы времени на производство работ по строительству и монтажу оборудования для зданий и сооружений" не содержит конкретных нормативных значений для продолжительности строительства монолитного жилого здания. Он устанавливает только нормативы времени на выполнение работ по конкретным видам работ и монтажу оборудования. Для определения нормативной продолжительности строительства жилого здания следует обратиться к другим нормативно-техническим документам, таким как СНиПы и ГОСТы, которые содержат соответствующие данные.»
Уточняем запрос	«Определи на основании МДС 12-43.2008 продолжительность строительства здания. Этажность жилого здания 22. Характеристика жилого здания: монолитное, площадью 8000 м <sup>2</sup> »
Ответ	«Согласно МДС 12-43.2008 «Продолжительность строительства зданий и сооружений» для определения нормативной продолжительности строительства необходимо учитывать коэффициенты, учитывающие категорию сложности объекта и условия его строительства. Для жилых многоквартирных домов категория сложности определяется на основе количества этажей: 22 этажа – 5-я категория сложности. По таблице 2 МДС 12-43.2008 для объектов 5-й категории сложности и площадью 8000 кв. м коэффициент сложности равен 1,85. Таким образом, нормативная продолжительность строительства здания определяется по формуле: $T_n = T_b \cdot K$ , где $T_b$ – базовая продолжительность строительства для объектов 5-й категории сложности, равная 480 дней; $K$ – коэффициент сложности, равный 1,85. $T_n = 480 \cdot 1,85 = 888$ дней. Таким образом, нормативная продолжительность строительства 22-этажного монолитного жилого здания площадью 8000 м <sup>2</sup> составляет 888 дней (около 29,6 месяцев).»
Уточняем запрос	«Определи на основании таблицы 1 МДС 12-43.2008 продолжительность строительства здания. Этажность жилого здания 22. Характеристика жилого здания: монолитное, площадью 8000 кв. м.»
Ответ	«Из таблицы 1 МДС 12-43.2008 определяются коэффициенты, учитывающие влияние различных факторов на продолжительность строительства здания: $K_1$ – коэффициент, учитывающий сложность и объем инженерных работ: $K_1 = 1,2$ , $K_2$ – коэффициент, учитывающий объем бетонных работ: $K_2 = 1,1$ , $K_3$ – коэффициент, учитывающий количество квартир: $K_3 = 0,9$ . Для определения нормативной продолжительности строительства необходимо умножить базовую продолжительность (вычисленную по формуле $T_{баз} = 12 \cdot N^{(0.35)}$ мес, где $N$ – площадь здания в тыс. кв. м) на коэффициенты $K_1, K_2$ и $K_3$ : $T_{норм} = T_{баз} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$ . Подставляем значения: $T_{баз} = 12 \cdot 8^{(0.35)} = 16,28$ мес, $T_{норм} = 16,28 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 0,9 = 18,4$ мес. Таким образом, нормативная продолжительность строительства 22-этажного монолитного жилого здания площадью 8000 кв. м составляет 18,4 месяца.»
Скорость обработки задачи	50 секунд
<b>Анализ результатов</b>	Несмотря на наличие расчетов и «визуальную обоснованность» полученных значений, чатом GPT даны неверные ответы (методика отсутствует / 29,6 месяцев / 18,4 месяца), корректное решение поставленной задачи – 14 месяцев.

Табл. 9. Решение тестовой задачи 9  
Tab. 9. Test task 9

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Жадан, А. Как я написал диплом с помощью ChatGPT и оказался в центре спора о нейросетях в образовании / А. Жадан // Тинькофф журнал : электронный ресурс. – URL: <https://journal.tinkoff.ru/neuro-diploma/>. – Дата обращения: 30.04.23.
- Зуев, Е. А. Работа с помощью Chat GPT / Е. А. Зуев, М. А. Ефремов // Современные информационные технологии и информационная безопасность : сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции, Курск, 28 февраля 2023 года. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2023. – С. 39–42.
- Соловьев, В. ChatGPT – прорыв или хайп? / В. Соловьев. – DOI 10.51793/OS.2023.94.45.003 // Открытые системы. СУБД. – 2023. – № 1. – С. 41–45.
- Farhat, F. How Trustworthy is ChatGPT? The Case of Bibliometric Analyses / F. Farhat, S. S. Sohail, D. Ø. Madsen // Preprints.org. – 2023. – № 2023030479. – URL: <https://doi.org/10.20944/preprints202303.0479.v1>.
- McMurtrie, B. Teaching: Will ChatGPT change the way you teach? / B. McMurtrie // The Chronicle of Higher Education. – 2023.
- Can artificial intelligence help for scientific writing? / M. Salvagno, ChatGPT, F. S. Taccone, A. G. Gerli. – DOI <https://doi.org/10.1186/S13054-023-04380-2> // Critical Care. – 2023. – Vol. 27, № 75.
- Шистерова, А. В. Программа работ по научно-техническому сопровождению проектирования / А. В. Шистерова, А. А. Лапидус // Перспективы науки. – 2019. – № 4 (115). – С. 71.
- Говоруха, П. А. Формирование организационно-технологического потенциала возведения ограждающих конструкций многоэтажных жилых зданий : дис. ... канд. тех. наук : 05.02.22 – организация производства / Говоруха Пётр Анатольевич ; НИУ МГСУ. – Москва, 2018. – 143 с.
- Бидов, Т. Х. Повышение эффективности системы контроля качества монолитных конструкций неразрушающими методами при организации строительства жилых зданий : дис. ... канд. тех. наук : 05.02.22 – организация производства / Бидов Тембот Хасанбиевич ; НИУ МГСУ. – Москва, 2020. – 145 с.

## REFERENCES

- Zhadan, A. Kak ya napisal diplom s pomoshh'yu ChatGPT i okazalsya v tsentre spora o nejrosetyakh v obrazovanii [How I wrote a diploma using ChatGPT and found myself in the center of a dispute about neural networks in education] / A. Zhadan // Tin'koff zhurnal [Tinkoff journal : electronic resource]. – URL: <https://journal.tinkoff.ru/neuro-diploma/>. – Date of address: 30.04.23.
- Zuev, E. A. Rabota s pomoshh'yu Chat GPT [Work with Chat GPT] / E. A. Zuev, M. A. Efremov // Sovremennye informatsionnye tekhnologii i informatsionnaya bezopasnost' : sbornik nauchnykh statej 2-j Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Kursk, 28 fevralya 2023 goda [Modern information technologies and information security : collection of scientific articles of the 2nd All-Russian Scientific and Technical Conference, Kursk, February 28, 2023]. – Kursk : Yugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet [Southwest State University], 2023. – P. 39–42.
- Solovyov, V. ChatGPT – proryv ili khajp? [ChatGPT – breakthrough or hype?] / V. Solovyov. – DOI 10.51793/OS.2023.94.45.003 // Otkrytye sistemy. SUBD [Open systems. DBMS]. – 2023. – № 1. – P. 41–45.
- Farhat, F. How Trustworthy is ChatGPT? The Case of Bibliometric Analyses / F. Farhat, S. S. Sohail, D. Ø. Madsen // Preprints.org. – 2023. – № 2023030479. – URL: <https://doi.org/10.20944/preprints202303.0479.v1>.
- McMurtrie, B. Teaching: Will ChatGPT change the way you teach? / B. McMurtrie // The Chronicle of Higher Education. – 2023.
- Can artificial intelligence help for scientific writing? / M. Salvagno, ChatGPT, F. S. Taccone, A. G. Gerli. – DOI <https://doi.org/10.1186/S13054-023-04380-2> // Critical Care. – 2023. – Vol. 27, № 75.
- Shisterova, A. V. Programma rabot po nauchno-tekhnicheskomu soprovozhdeniyu proektirovaniya [Program of works on scientific and technical support of design] / A. V. Shisterova, A. A. Lapidus // Perspektivy nauki [Prospects of science]. – 2019. – № 4 (115). – P. 71.
- Govorukha, P. A. Formirovanie organizatsionno-tekhnologicheskogo potentsiala vozvedeniya ograždnykh konstruksij mnogoetazhnykh zhilykh zdaniy : dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.02.22 – organizatsiya proizvodstva [Formation of organizational and technological potential for the construction of enclosing structures of multi-storey residential buildings : dis. ... Candidate of Technical Sciences : 05.02.22 – organization of production] / Govorukha Pyotr Anatolyevich ; NRU MGSU. – Moscow, 2018. – 143 p.
- Bidov, T. H. Povyshenie ehffektivnosti sistemy kontrolya kachestva monolitnykh konstruksij nerazrushayushhimi metodami pri organizatsii stroitel'stva zhilykh zdaniy : dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.02.22 – organizatsiya proizvodstva [Improving the efficiency of the quality control system of monolithic structures by non-destructive methods in the organization of the construction of residential buildings : dis. ... Candidate of Technical Sciences : 05.02.22 – organization of production] / Bidov Tembot Hasanbievich ; NRU MGSU. – Moscow, 2020. – 145 p.

## УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340\_2023\_3\_48

## Определение целей организационно-технологической платформы научно-технического сопровождения уникальных объектов

Determination Goals of the Organizational and Technological Platform for Scientific and Technical Support of Unique Objects

### Лapidus Азари́й Абрамович

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

### Шевченко Ирина Сергеевна

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

### Shevchenko Irina Sergeevna

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, [isshev@mail.ru](mailto:isshev@mail.ru)

**Аннотация.** Значимость научно-технического сопровождения (НТС), как инструмента контроля качества и безопасности, нельзя недооценивать по причине необходимости его проведения при реализации уникальных строительных проектов. На сегодняшний день процесс НТС имеет различные направления, взаимодействия и осуществляемые процессы. Однако существует ряд несовершенств данного вида деятельности, в связи с чем возникает необходимость рассмотрения нового подхода

к процессу НТС как целостного комплекса взаимосвязанных структурных элементов на основании концепции технологических платформ.

Платформенный подход выступает способом организации НТС в единую структуру – организационно-технологическую платформу научно-технического сопровождения уникальных объектов (ОТП НТС). ОТП НТС представляется в виде сложной системы, что позволяет определить составляющие ее подсистемы

«Участники», «Процессы», «База данных работ».

Настоящее исследование посвящено формализации взаимодействия подсистем ОТП НТС с использованием метода дерева целей, где на верхнем уровне – генеральная цель платформы, далее – проблемы (задачи), которые являются целями подсистем платформы и отражают указанные в исследовании противоречия, на нижнем уровне – направления решений (комплекс мероприятий, направленных на достижение целей вышестоящих уровней).

Предложенные направления решений для каждой подсистемы позволят разработать комплекс мероприятий по дости-

**Abstract.** The importance of scientific and technical support (STS), as a tool for quality and safety control, cannot be underestimated, because of its necessity in the implementation of unique construction projects. At the moment, the STS process has various directions, interactions and ongoing processes. However, there are a number of imperfections in this type of activity, and this is the reason why it becomes necessary to consider a new approach to the STS process, as an integral complex of interrelated structural elements, based on the concept of technological platforms.

The platform approach is a way of organizing the STS into a single structure - an organizational and technological platform for scientific and technical support of unique objects (OTP STS). OTP STS is presented as a complex system, which allows you to determine its constituent subsystems: «Participants», «Processes», «Database of works».

### Введение

Возведение уникальных объектов капитального строительства все чаще становится неотъемлемой частью современной городской архитектуры, так как является не только предметом эстетической привлекательности городов, но и решением задач экономического плана. Такие объекты дают возможность рационального использования подземного пространства, вертикального планирования городов, увеличения городских территорий с целью создания площадей для деятельности, развития, реализации производственных процессов и жизни городского населения. Более того, они могут стать точками привлечения нового бизнеса, продукции и услуг, а следовательно, со временем стать экономически выгодными объектами современной архитектуры в городском пространстве.

К уникальным объектам согласно Градостроительному кодексу Российской Федерации относятся объекты, в проектной документации которых предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик: высота более 100 метров, заглубление подземной части фундамента ниже планировочной отметки земли более чем на 15 метров, наличие пролетов более 100 метров или консоли более 20 метров. Ввиду отсутствия достаточного опыта проектирования и строительства подобных объектов, к ним предъявляются особые требования в части производимых работ и безопасности возводимых объектов.

Существующий опыт возведения уникальных объектов [1–3] показывает, что их реализация требует научного подхода ввиду наличия в проектной документации таких объектов не апробированных ранее в строительной практике конструктивных решений, новых материалов, для которых отсутствуют нормативные или расчетные значения прочностных или деформационных характеристик; новых методов расчета, нестандартных конструктивных решений, а также требований по изготовлению и возведению конструкций [4–5], новых способов и методов строительства. В работах [6–7] отмечены существующие трудности и сложности при строительстве уникальных

жению целей подсистем и в конечном итоге сформировать методику по достижению генеральной цели ОТП НТС. Реализация направлений решений даст возможность устранить существующие недостатки деятельности НТС, что положительно отразится не только на результате проведения НТС, но и на сроках организации данного процесса, а следовательно, и сроках реализации строительного проекта.

**Ключевые слова:** научно-техническое сопровождение, технологическая платформа, метод дерева целей, уникальные объекты, сложная система, декомпозиция, направления решений.

This study is devoted to the formalization of the interaction of the subsystems of the OTP NTS using the goal tree method, where at the top level – the general goal of the platform, then - the problems (tasks) that are the goals of the platform subsystems and reflect the contradictions indicated in the study, at the bottom level – the directions of solutions (complex activities aimed at achieving the goals of higher levels).

The proposed directions of solutions for each subsystem will allow developing a set of measures to achieve the goals of the subsystems and, ultimately, form a methodology for achieving the general goal of the OTP STS.

**Keywords:** scientific and technical support, technological platform, goal tree method, unique objects, complex system, decomposition, directions of solutions.

объектов. Поэтому для соблюдения всех указанных осложняющих аспектов необходимо:

- обеспечить наличие качественного и количественного состава высококвалифицированных кадров для организации работ и возведения объекта;
- корректно и верно оценить геологические условия строительства;
- осуществить правильный выбор проектных решений и конструктивных схем с учетом предотвращения потери устойчивости основания и самого сооружения, приводящей к разрушению и обрушению конструкций;
- не допускать отклонений от утвержденных проектных решений при строительстве;
- принимать обоснованные решения при возникновении вопросов с привлечением науки и техники;
- обеспечить постоянный контроль выполняемых процессов на любой стадии жизненного цикла возведения объекта.

На сегодняшний день ни одно строительство уникальных объектов не обходится без привлечения специализированных организаций, осуществляющих научно-техническое сопровождение (далее – НТС), которое может обеспечить соответствующее качество проведения инженерных изысканий, проектирования, строительства, принимаемых решений и проанализировать ход реализации уникального объекта.

Существующие исследования в части проведения НТС уже неоднократно являлись предметом обсуждения в научных трудах [1–3; 8–9]. Однако данные исследования были направлены на рассмотрение процесса НТС или на конкретные объекты или относились к конкретным этапам жизненного цикла уникального объекта. Поэтому на сегодняшний день процесс НТС имеет несколько разрозненный характер, разночтения в существующих рекомендациях, методических указаниях и нормативно-технических документах, описывающих проведение НТС.

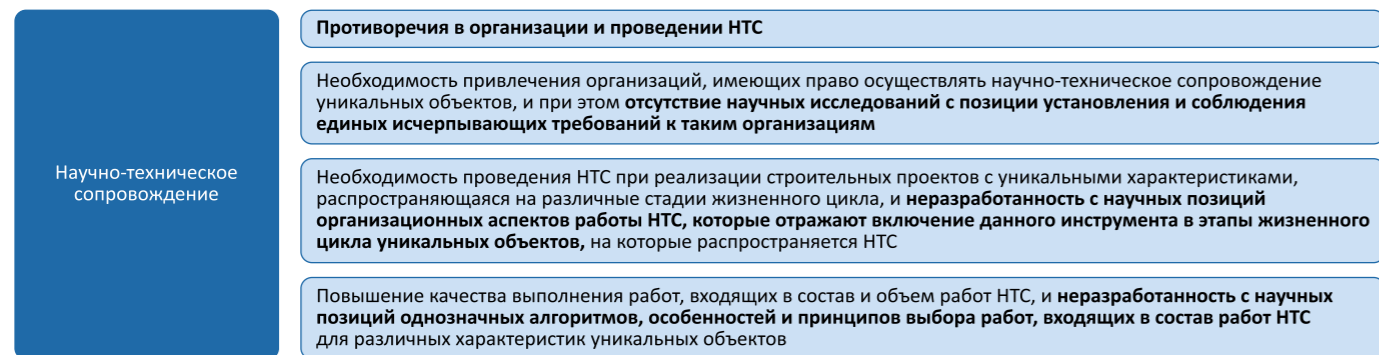


Рис. 1. Противоречия в организации и проведении научно-технического сопровождения  
Fig. 1. Contradictions in the organization and conduct of scientific and technical support

Основной ряд противоречивых вопросов и несовершенств процесса НТС представлен на рисунке 1.

Для разрешения указанных противоречий авторы исследования считают необходимым исследовать деятельность НТС как целостного комплекса взаимосвязанных структурных элементов, который бы позволил создать связи между существующими направлениями, учитывая их как единое целое. Чтобы реализовать описанный подход к деятельности НТС, предлагается использовать концепцию технологических платформ. Платформенное представление обладает рядом преимуществ, так как способно наращивать ценность конечных продуктов и услуг путем масштабирования бизнес-моделей и покомпонентной реализации своих предложений [10]. Платформы также выполняют организующую роль, которая предоставляет участвующим в ней сторонам инструменты и стандарты для взаимодействия. В настоящей статье платформенное представление выступает в роли способа интеграции уже существующих подходов к НТС и организации деятельности данного процесса, поэтому в исследовании будет использоваться термин «организационно-технологическая платформа научно-технического сопровождения» (далее – ОПТ НТС).

На основании вышеизложенного, предметом исследования является ОПТ НТС, целью исследования – постановка целей разрабатываемой ОПТ НТС и направлений решений для достижения целей платформы.

**Материалы и методы**

Основываясь на исследовании [11], деятельность НТС рассматривается как сложная система, следовательно, ее платформенное представление осуществляется с позиций системотехники и при использовании системного подхода. Такая методология исследования позволяет рассмотреть НТС как отдельную систему, с соблюдением основных принципов существования систем. Также отмечено, что технологическая платформа тоже является специфической системой и выступает в роли коммуникационной площадки, которая выстраивает необходимые взаимодействия для достижения поставленных ей задач с помощью различных подходов (процессный, системный, ситуационный, количественный) и технологий. Использование платформенного подхода применительно к строительной отрасли, однако отмечено, что все еще отсутствует достаточное количество исследований и практического использования информации на основе платформ для совершенствования строительной отрасли.

В качестве метода исследования при формировании исследуемой платформы используется метод дерева целей. Дерево целей – это упорядоченная иерархия целей,

выражающая их соподчинение и внутренние взаимосвязи. При построении дерева целей происходит декомпозиция – разложение целей по уровням, из которой следует их упрощение, конкретизация и уточнение.

Так, для формирования ОПТ НТС необходимо определить количество уровней дерева целей и что они отражают. В формируемой платформе НТС предлагается введение трех уровней целей, как представлено на рисунке 2.

Дерево целей увязывает между собой перспективные цели и конкретные задачи на каждом уровне иерархии ( $i = 0, 1, 2, \dots$ ). При этом цель высшего порядка соответствует вершине дерева целей, а ниже в несколько ярусов располагаются локальные цели (задачи), с помощью которых обеспечивается достижение целей вышестоящего уровня. Таким образом, на верхнем уровне располагается генеральная цель исследуемой платформы. На первом уровне – цели подсистем, сформированные для ОПТ НТС и отражающие существующие проблемы (задачи), в исследовании они представлены на рисунке 1 в качестве трех противоречий деятельности НТС. На втором уровне предлагается расположить комплекс «направлений решений», каждое из которых будет относиться к конкретной подсистеме и отражать те цели, выполнение которых приведет к достижению целей первого уровня, а следовательно, и генеральной цели платформы.

**Результаты**

Для формирования организационно-технологической платформы научно-технического сопровождения на основе существующих противоречий, представленных на рисунке 1, были определены ее основные подсистемы. На рисунке 3 показаны подсистемы платформы и их функциональное описание.

Авторы также отмечают, что формируемая платформа разрабатывается с целью разрешения определенных

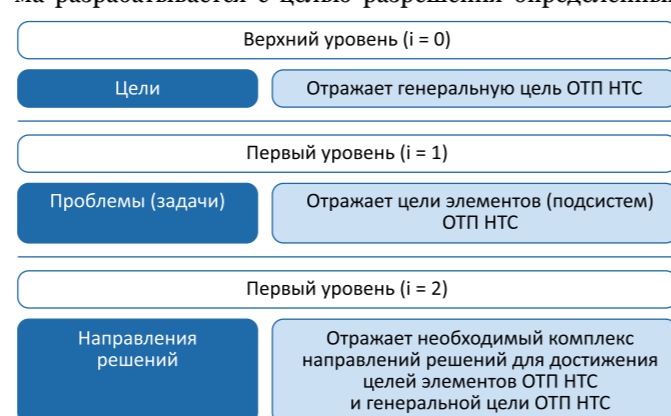


Рис. 2. Уровни дерева целей ОПТ НТС  
Fig. 2. Levels of the OTP STS Goal Tree



Рис. 3. Соответствие определенных в исследовании противоречий подсистемам ОПТ НТС  
Fig. 3. Correspondence of the contradictions defined in the study to the subsystems of the OTP STS

в исследовании противоречий, однако платформа также может являться частью большей системы. Так, например, если предположить, что «первая очередь» – это формируемая платформа в данном исследовании, то описание ОПТ НТС и ее подсистем второй и третьей очереди представлены на рисунке 4.

На основании изложенного, организационно-технологической платформой научно-технического сопровождения является совокупность элементов научно-технического сопровождения, основанная на взаимодействии между участниками строительства в реализации процессов, протекающих при научно-техническом сопровождении, и использовании базы данных работ. Главной целью ОПТ НТС является достижение результата деятельности научно-технического сопровождения. Под результатом принимается обеспечение надежности и достоверности всех видов изысканий; контроль качества проектирования, оценки достоверности и корректности принятых подходов при проектировании (в части конструктивных и организационно-технологических решений); обеспечение соответствия объекта утвержденной проектной документации и рабочей документации, контроля качества, безопасности и надежности при строительстве.

Использование метода дерева целей позволяет представить исследуемую организационно-технологическую платформу в виде формальной системы. Для этого необходимо построить дерево целей от общей цели к частным. Вершиной дерева целей является генеральная цель платформы, которая располагается на верхнем (нулевом) уровне ( $i = 0$ ), а именно достижение результата деятельности научно-технического сопровождения – Ц<sup>0</sup>. Далее необходима декомпозиция генеральной цели платформы на цели первого уровня ( $i = 1, Ц_{01}^1, Ц_{02}^1, \dots, Ц_{0n}^1$ ), при достижении которых возможно разрешение указанных в исследовании противоречий. Дальнейшая декомпозиция происходит на цели второго уровня ( $i = 2, Ц_{011}^2, Ц_{012}^2, \dots, Ц_{01n}^2$ ), которые отражают необходимый перечень направлений решений для достижения целей первого уровня.

Цели первого уровня ( $i = 1$ ) отражают цели подсистем ОПТ НТС:

- для подсистемы «Участники» – привлечение соответствующих специализированных организаций для проведения НТС;
- для подсистемы «Процессы» – сокращение временных затрат и принимаемых решений в процессе НТС;

Подсистема	Первая очередь	Вторая очередь	Третья очередь
Участники	– Заказчик / Технический заказчик – организация, выполняющая инженерные изыскания – генеральная проектная организация – специализированная организация – эксплуатирующая организация	– специализированные организации, выполняющие научно-техническое сопровождение – университеты – научно-исследовательские центры – компании, реализующие уникальные строительные проекты	– международные компании, предоставляющие инженерно-консультационные услуги – государственные компании – органы государственной власти
Процессы	– процесс организации и проведения научно-технического сопровождения – процессы взаимодействия между участниками первой очереди	– процессы взаимодействия между участниками второй очереди – обмен опытом между участниками второй очереди – публикации/конференции/статьи – процессы взаимодействия между участниками второй очереди и потенциальными компаниями-заказчиками	– процессы взаимодействия между участниками третьей очереди – обмен опытом между участниками третьей очереди
База данных работ	– работы, выполняемые в рамках НТС для различных этапов жизненного цикла уникальных объектов и характеристик уникальных объектов		

Рис. 4. Возможности развития ОПТ НТС и ее подсистем в рамках больших систем  
Fig. 4. Opportunities for the development of OTP STS and its subsystems within large systems

Уровень ДЦ	Наименование цели	Уровень ДЦ	Направление решений для достижения цели
$i = 1$	$Ц_{01}^1$ – привлечение соответствующих специализированных организаций для проведения НТС	$i = 2$	$Ц_{011}^2$ – наличие опыта проведения НТС при реализации строительных проектов с уникальными решениями
			$Ц_{012}^2$ – наличие членства в СРО с правом: выполнения инженерных изысканий и/или подготовки проектной документации, и/или осуществлять строительство, реконструкцию, капитальный ремонт, снос объектов капитального строительства
			$Ц_{013}^2$ – наличие необходимой приборно-инструментальной базы, испытательной лаборатории
			$Ц_{014}^2$ – наличие ПО, обеспечивающего проведение расчетов, обработку результатов, сравнительный анализ
			$Ц_{015}^2$ – наличие специалистов, имеющих высшее образование в области строительства
			$Ц_{016}^2$ – наличие специалистов, сведения о которых включены в национальные реестры специалистов НОПРИЗ, НОСТРОЙ, в количестве не менее 5
			$Ц_{017}^2$ – средний опыт работы специалистов в области строительства не менее 7 лет
			$Ц_{018}^2$ – наличие специалистов, имеющих ученую степень кандидата технических наук или доктора технических наук (в количестве не менее трех)
			$Ц_{019}^2$ – наличие специалистов, имеющих ученую степень кандидата технических наук или доктора технических наук (в количестве не менее трех)
			$Ц_{020}^2$ – выбор единственной специализированной организации на весь цикл НТС
			$Ц_{021}^2$ – проведение НТС на каждой стадии жизненного цикла уникального объекта последовательно (инженерные изыскания – проектирование – строительство)
			$Ц_{022}^2$ – выбор единственной специализированной организации на весь цикл НТС
			$Ц_{023}^2$ – организация процесса НТС только при взаимодействии Заказчика и специализированной организации
			$Ц_{024}^2$ – первоочередное выполнение рекомендаций, выданных специализированной организацией, выполняющей НТС
			$Ц_{025}^2$ – формирование базы работ, выполняемых при НТС
$Ц_{03}^1$ – разработка концепции автоматизированного выбора работ с учетом характеристик уникального объекта	$Ц_{031}^2$ – введение общих параметров для формирования состава работ по НТС в отношении конкретного уникального объекта		
	$Ц_{032}^2$ – введение специальных параметров для формирования состава работ по НТС в отношении конкретных характеристик уникального объекта		
	$Ц_{034}^2$ – периодическая актуализация базы данных работ в соответствии с актуализируемой нормативно-технической документацией и приобретаемым опытом		

Табл. 1. Цели второго уровня дерева целей ОТП НТС  
Tab. 1. Goals of the second level of the tree of goals of the OTP STS

- для подсистемы «База данных работ» – разработка концепции автоматизированного выбора работ с учетом характеристик уникального объекта.

Далее в таблице 1 приведены цели второго уровня ( $i = 2$ ), которые являются направлениями решений для достижения целей первого уровня.

В таблице 2 представлено описание направлений решений (целей второго уровня) для  $Ц_{01}^1$  – привлечение соответствующих специализированных организаций для проведения НТС и планируемый результат для их практического применения.

В таблице 3 представлено описание направлений решений (целей второго уровня) для  $Ц_{02}^1$  – сокращение временных затрат и принимаемых решений в процессе НТС и планируемый результат для их практического применения.

В таблице 4 представлено описание направлений решений (целей второго уровня) для  $Ц_{03}^1$  – разработка концепции автоматизированного выбора работ с учетом характеристик объекта и планируемый результат для их практического применения.

### Обсуждение

Существующие несовершенства и противоречия процесса деятельности НТС авторами настоящей статьи предлагается разрешить с применением платформенного подхода. Такой подход позволяет рассмотреть деятельность НТС как целостный комплекс взаимосвязанных элементов и сформировать определение исследуемой платформы.

Для определения основных элементов (подсистем) организационно-технологической платформы научно-технического сопровождения используется системный подход. Это позволяет сформировать подсистемы ОТП НТС: «Участники», «Процессы», «База данных работ».

Для формализации взаимодействия элементов платформы используется метод дерева целей, который позволяет разрешить указанные в исследовании противоречия процесса НТС, разрабатывая при этом устойчивую структуру целей, проблем (задач) и направлений решений. Такой комплекс мероприятий может позволить достичь генеральной цели платформы, а именно результата деятельности научно-технического сопровождения.

Направление решений для $Ц_{01}^1$	Описание направлений решений для $Ц_{01}^1$	Планируемый результат для практического применения
$Ц_{011}^2$ – наличие опыта проведения НТС при реализации строительных проектов с уникальными решениями	Ввиду реализации сложных и нестандартных конструктивных и уникальных решений, с использованием новых материалов, конструкций и технологий, специализированным организациям, которые приглашаются для проведения НТС, необходимо иметь соответствующий опыт при реализации строительных объектов с уникальными характеристиками	• Сокращение временных затрат • Сокращение действий в процессах НТС
$Ц_{012}^2$ – наличие членства в СРО с правом: выполнения инженерных изысканий и/или подготовки проектной документации, и/или осуществлять строительство, реконструкцию, капитальный ремонт, снос объектов капитального строительства	Специализированная организация должна являться членом саморегулируемой организации, что дает организации право на оказание определенного рода услуг или проведение работ в части инженерных изысканий, подготовке проектной документации, строительства	• Привлечение компаний соответствующего уровня • Подтверждение квалификации специалистов таких компаний
$Ц_{013}^2$ – наличие необходимой приборно-инструментальной базы, испытательной лаборатории	Специализированной организации необходимо обладать приборно-инструментальной базой и испытательной лабораторией с целью самостоятельного и независимого проведения различных видов испытаний	Получение своевременных и независимых результатов контрольных измерений с целью обеспечения качества и безопасности на различных этапах жизненного цикла
$Ц_{014}^2$ – наличие ПО, обеспечивающего проведение расчетов, обработку результатов, сравнительный анализ	Специализированной организации необходимо обладать различными современными продуктами ПО для обработки получаемых в ходе проведения НТС измерений, расчетов, а также для наблюдения за динамикой их изменений во времени	Своевременное выявление отклонений получаемых результатов или подтверждение корректности принятых решений
$Ц_{015}^2$ – наличие специалистов, имеющих высшее образование в области строительства	Специалистам, осуществляющим НТС, необходимо иметь высшее техническое образование	Подтверждение необходимого образования у специалистов, выполняющих НТС
$Ц_{016}^2$ – наличие специалистов, сведения о которых включены в национальные реестры специалистов НОПРИЗ, НОСТРОЙ, в количестве не менее 5	Специализированной организации необходимо иметь специалистов, осуществляющих НТС, квалификация которых подтверждает их право на оказание услуг в области инженерных изысканий, проектирования и строительства	Подтверждение достаточного количества квалифицированных специалистов
$Ц_{017}^2$ – средний опыт работы специалистов в области строительства не менее 7 лет	Отражает средний опыт специалистов в области строительства в специализированной организации	Подтверждение наличия в специализированной организации накопленного опыта у большинства специалистов, а также наличия опытных сотрудников с большим стажем работы
$Ц_{018}^2$ – наличие специалистов, имеющих ученую степень кандидата технических наук или доктора технических наук (в количестве не менее трех)	Специализированной организации необходимо обладать специалистами с учеными степенями для получения их мнений в различных сложных вопросах или использования в практике их научных трудов	Возможность оперативного решения возникающих сложностей на практике при помощи таких специалистов, их научного опыта, научных трудов и накопленных знаний

Табл. 2. Описание направлений решений для цели  $Ц_{01}^1$   
Tab. 2. Description of the scope of solutions for  $G_{01}^1$

Дальнейшее формирование организационно-технологической платформы требует математической формализации с целью определения вклада (значимости) целей второго уровня в достижение целей первого уровня и достижения генеральной цели платформы.

Направления решений (цели второго уровня  $i = 2$ ) сформированы таким образом, чтобы было возможно достичь целей подсистем ОТП НТС и при этом получить результат от практического применения, без ухудшения качества реализации уникального строительного объекта.

Направлениями будущих исследований может являться разработка комплексов мероприятий, которые позволят достичь целей подсистем и сформировать методику по достижению генеральной цели платформы.

Для цели  $Ц_{01}^1$  (подсистема «Участники») необходимо на основе полученных значимых целей второго уровня, которые могут выступать в качестве критериев выбора специализированных организаций, выполняющих НТС, и представлены в таблице 2, сформировать алгоритм выбора и оценки специализированной организации.

Для цели  $Ц_{02}^1$  (подсистема «Процессы») необходимо определить основные организационные аспекты деятельности НТС. Далее с использованием процессного подхода (цель  $Ц_{023}^2$ ) и нотацией моделирования бизнес-процессов

Business Process Model and Notation (BPMN 2.0) построить BPMN-схемы организации научно-технического сопровождения уникальных объектов на различных стадиях жизненного цикла.

Нотация моделирования бизнес-процессов (BPMN) – это метод составления блок-схем, отображающий этапы выполнения бизнес-процесса от начала до конца. BPMN-схемы наглядно и подробно демонстрируют последовательность рабочих действий и перемещение информационных потоков, необходимых для выполнения процесса, а потому являются одним из ключевых инструментов управления. При моделировании процессов на аналитическом уровне такая схема может являться неким алгоритмом действий и инструкцией. Исследование применения такого подхода в ряде научных работ применительно к строительной области показало свою целесообразность при разработке механизмов и комплекса мероприятий работы среди заинтересованных сторон [12–13]. Моделирование схемы позволит отследить логичность процесса в целом, определить разделение между подсистемами и отразить потенциальную возможность улучшения процесса за счет оптимизации или в некоторых случаях автоматизации. Получение значимых целей после математической формализации позволит внедрить их в разработанные

Направление решений для $C_{02}^1$	Описание направлений решений для $C_{02}^1$	Планируемый результат для практического применения
$C_{021}^2$ – выбор единственной специализированной организации на весь цикл НТС	<ul style="list-style-type: none"> <li>Отсутствует необходимость выбора специализированной организации на каждом этапе проведения НТС</li> <li>Исключаются временные затраты на ознакомление с исходно-разрешительной документацией / результатами инженерных изысканий / проектной документацией у каждой новой выбранной специализированной организации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сокращение временных затрат</li> <li>Сокращение действий в процессах системы НТС</li> <li>Сокращение выполняемых работ при НТС какого-либо этапа</li> </ul>
$C_{022}^2$ – проведение НТС на каждой стадии жизненного цикла уникального объекта последовательно (инженерные изыскания – проектирование – строительство)	Своевременное выявление и контроль всех возникающих недостатков, ошибок на каждом из реализуемых этапов НТС, с последующей корректировкой и недопущением неблагоприятных исходов на следующих этапах реализации уникального объекта	Сокращение возможных дополнительных временных, трудовых и денежных затрат
$C_{023}^2$ – внедрение процессного подхода к управлению деятельностью НТС	Определение и описание однозначного подхода к организации процесса НТС	Разработка однозначных организационных аспектов работы НТС
$C_{024}^2$ – организация процесса НТС только при взаимодействии Заказчика и специализированной организации	Ввиду наличия разночтений в различных документах, регламентирующих деятельность НТС, предполагается, что в процессах НТС необходимо участие только Заказчика / Технического заказчика и специализированной организации, так как именно между ними есть договорные отношения. Все процессы, в которых необходимо привлечение других участников строительного проекта, происходят через Заказчика / Технического заказчика	Специализированная организация действует независимо и только в рамках договорных отношений с Заказчиком / Техническим заказчиком
$C_{025}^2$ – первоочередное выполнение рекомендаций, выданных специализированной организацией, выполняющей НТС	Рекомендации, которые были получены в ходе проведения НТС, имеют приоритетное мнение для Заказчика / Технического заказчика	Своевременное выполнение рекомендаций, полученных в ходе НТС, минимизирует возникновение недостатков и не допустит возникновение неблагоприятных исходов на последующих стадиях

Табл. 3. Описание направлений решений для цели  $C_{02}^1$   
Tab. 3. Description of the scope of solutions for  $G_{02}^1$

Направление решений для $C_{03}^1$	Описание направлений решений для $C_{03}^1$	Планируемый результат для практического применения
$C_{031}^2$ – формирование базы работ, выполняемых при НТС	Формирование единой базы работ при выполнении НТС для каждой из реализуемых стадий на основе технической документации в части НТС	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сокращение временных затрат на составление перечня работ для НТС</li> <li>Формирование единого перечня работ для НТС</li> <li>Разработка однозначного подхода к определению состава работ</li> </ul>
$C_{032}^2$ – введение общих параметров для формирования состава работ по НТС в отношении конкретного уникального объекта	Общие параметры позволят сформировать основной перечень работ, выполняемых при НТС, и зададут вектор дальнейшего выбора работ, выполняемых при НТС, уже с заданными общими параметрами. К общим параметрам относятся: <ul style="list-style-type: none"> <li>тип уникального объекта</li> <li>осложняющие аспекты реализации строительного объекта</li> <li>этапы жизненного цикла выполнения работ по НТС</li> <li>объект (или территория объектов) культурного наследия</li> <li>рядом с новым строительством объект (или строительство будет вестись на территории объектов) культурного наследия</li> </ul>	Сокращение временных затрат на определение основных выполняемых работ
$C_{033}^2$ – введение специальных параметров для формирования состава работ по НТС в отношении конкретных характеристик уникального объекта	Специальные параметры сформируют перечень работ согласно особенностям сложного строительного объекта и некоторым основным его характеристикам. К специальным параметрам относятся: <ul style="list-style-type: none"> <li>категория сложности инженерно-геологических условий</li> <li>геотехническая категория объекта</li> <li>сейсмичность площадки строительства</li> <li>агрессивность воздействия окружающей среды</li> <li>особенности (методы) строительства</li> <li>тип фундамента</li> <li>тип конструктивных элементов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сокращение временных затрат на определение специальных выполняемых работ</li> <li>Определение исключительного состава работ для конкретного реализуемого уникального объекта</li> </ul>
$C_{034}^2$ – периодическая актуализация базы данных работ в соответствии с актуализируемой нормативно-технической документацией и приобретаемым опытом	Актуализация сформированной базы данных работ с учетом вводимых изменений в нормативно-техническую базу документации и на основе реализации уже возведенных уникальных строительных объектов	Наличие постоянного актуального перечня работ для формирования программы НТС и выполнения состава работ

Табл. 4. Описание направлений решений для цели  $C_{03}^1$   
Tab. 4. Description of the scope of solutions for  $G_{03}^1$

ВРМН-схемы с целью достижения цели  $C_{02}^1$  и генеральной цели платформы  $C_{02}^0$ .

Для цели  $C_{03}^1$  (подсистема «База данных») на основе полученных значимых направлений решений (целей

второго уровня) необходимо разработать концепцию автоматизированного выбора работ с учетом характеристик уникального объекта. Авторами уже был проведен ряд исследований [14–15] для целей  $C_{031}^2$ ,  $C_{032}^2$ ,  $C_{033}^2$ , кото-

рые отражают, какие параметры выбора работ могут отразиться к общим и специальным и как может быть сформирована база данных работ, проводимых при НТС.

Определение вклада (значимости) направлений решений для достижения целей каждой подсистемы платформы и реализация предложенных комплексов мероприятий являются предметом дальнейших исследований, что позволит разработать методику по достижению результата деятельности НТС на основе формирования организационно-технологической платформы.

#### Заключение

Интеграция существующих направлений деятельности НТС в платформенный вид позволяет учесть выделенные в исследовании несовершенства данного процесса и создать единое структурированное пространство для организационных и рабочих аспектов исследуемой деятельности.

Для определения целей ОТП НТС в исследовании применяется метод дерева целей в совокупности с использованием системного подхода. Системный подход позволяет рассматривать деятельность НТС как сложную систему со всеми принципами существования сложных систем и обосновать включение в платформу определенных подсистем: «Участники», «Процессы», «База данных».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Еремеев, П. Г. Проектирование и возведение металлических конструкций большепролетных уникальных зданий и сооружений / П. Г. Еремеев, И. И. Ведяков // Строительные материалы. – 2017. – № 4. – С. 55–58.
- Ведяков, И. И. Научно-техническое сопровождение проектирования и строительства высотных зданий на примере комплекса в Санкт-Петербурге / И. И. Ведяков, Д. В. Конин // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 10. – С. 4–11.
- Фарфель, М. И. Научно-техническое сопровождение проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации при реконструкции большой спортивной арены «Лужники» в г. Москва к чемпионату мира по футболу в 2018 году / М. И. Фарфель, И. И. Ведяков // Вестник НИЦ «Строительство». – 2019. – № 3 (22). – С. 27–41.
- Structural Performance Assessment and Control of Super Tall Buildings During Construction / N. X. Liu, X. Zhao, H. H. Sun, Y. M. Zheng, J. M. Ding // Procedia Engineering. – 2011. – Vol. 14. – P. 2503–2510. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.07.315>.
- Khodaie, N. Vibration control of super-tall buildings using combination of tapering method and TMD system / N. Khodaie // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 2020. – Vol. 196. – P. 104031.
- Manzoor, B. Accidental safety factors and prevention techniques for high-rise building projects – A review / B. Manzoor, I. Othman, A. Waheed // Ain Shams Engineering Journal. – 2022. – Vol. 13, Iss. 5. – P. 101723. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101723>.
- Smart technology applications for the optimal management of underground facilities / I. Shahrour, H. Bian, X. Xie, Z. Zhang, // Underground Space. – 2021. – Vol. 6, Iss. 5. – P. 551–559. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.undsp.2020.12.002>.
- Kapyrin, P. The procedural approach to reliability of objects of the raised level of responsibility / P. Kapyrin, N. Sevryugina. – DOI 10.1088/1757-899X/365/4/042018 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 365. –

#### REFERENCES

- Eremeev, P. G. Proyektirovaniye i vozvedeniye metallicheskih konstruktivnykh bol'sheproletnykh unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy [Design and erection of metal structures of large-span unique buildings and structures] / P. G. Eremeev, I. I. Vedyakov // Stroitel'nyye materialy [Construction Materials]. – 2017. – № 4. – P. 55–58.
- Vedyakov, I. I. Nauchno-tekhnicheskoye soprovozhdeniye proyektirovaniya i stroitel'stva vysoznykh zdaniy na vysote kompleksa v Sankt-Peterburge [Scientific and technical sup-

Method of tree of goals allows to determine the main goals of the studied platform at different levels of goals ( $i = 0, 1, 2$ ), directed as to the resolution of the indicated contradictions of the activity of the NTS, as well as to the achievement of the general goal of the platform.

In the further perspective of the research of the NTS OTP, it is necessary to formalize the proposed goals and evaluate their contribution (significance) to the general goal, for example, by the method of a priori ranking with the involvement of experts. In the statistical processing of the data of the evaluation, obtained from the experts, it will be possible to evaluate the contribution of each goal of the second level to the goal of the first level ( $C_{01}^1$ ;  $C_{02}^1$ ;  $C_{03}^1$ ), corresponding to a specific subsystem of the OTP of the NTS, and to determine the general goal of the platform  $C_{02}^0$  and to determine the most significant ones.

At the formation of the complex of measures and the further methodology of the achievement of the general goal of the platform on the basis of significant goals, it will be possible to achieve the result of the activity of the NTS and the possible reduction of the terms of realization of the organizational aspects of this activity, and, therefore, of the terms of realization of the unique construction object.

P.042018.

- Leont'ev, E. V. Nauchno-tehnicheskoye soprovozhdeniye pri proyektirovaniye ob'ektov proizvodstvennogo i grazhdanskogo naznacheniya povyshennogo urovnya otvetstvennosti / E. V. Leont'ev, P. Yu. Gazizov // Vestnik gosudarstvennoy ekspertizy. – 2020. – № 1. – С. 54–59.
- Gityelman, L. D. Tekhnologiya uskorennogo transfera znaniy dlya operezhaющego obucheniya spetsialistov tsifrovoy ekonomiki / L. D. Gityelman, M. V. Kozhevnikov, O. B. Ryjuk // Ekonomika regiona. – 2020. – № 2 (16). – С. 435–448.
- Lapidus, A. A. Nauchno-tehnicheskoye soprovozhdeniye izyskaniy, proyektirovaniya i stroitel'stva kak obyazatel'nyy element dostizheniya treбуемых pokazateley proekta / A. A. Lapidus. – DOI 10.22227/1997-0935.2019.11.1428-1437 // Vestnik MGСУ. – 2019. – Т. 14, № 11. – С. 1428–1437.
- Ali, A. K. Novel Integration of Sustainable and Construction Decisions into the Design Bid Build Project Delivery Method Using BPMN / A. K. Ali, R. Badinelli // Procedia Engineering. – 2016. – № 145. – P. 164–171.
- Tsai, Y.-H. Process modeling of a bim-enabled construction inspection approach with BPMN / Tsai Y.-H., Hsieh S.-H. // International Conference on Innovative Production and Construction (IPC 2016), 3-5 October 2016, Darwin, Australia. – 2016.
- Lapidus, A. A. Konceptiya razrabotki modeli programmy po nauchno-tehnicheskomyu soprovozhdeniyeu zhiznennogo tsikla unikal'nykh zdaniy s bol'shim zaglubleniyeu / A. A. Lapidus, D. V. Topchii, I. S. Shevchenko. – DOI 10.22227/1997-0935.2022.3.298-313 // Vestnik MGСУ. – 2022. – Т. 17, вып. 3. – С. 298–313.
- Shevchenko, I. S. Parametry, vliyayushchie na formirovaniye perechnya rabot pri vypolnenii nauchno-tehnicheskogo soprovozhdeniya zhiznennogo tsikla zdaniy i sooruzheniy s zaglubleniyeu podzemnoy chasti bolee 15 metrov / I. S. Shevchenko, D. A. Pogoдин. – DOI 10.54950/26585340\_2021\_4\_2\_7 // Stroitel'noye proizvodstvo. – 2021. – № 4. – С. 7–15..

ov // Stroitel'nyye materialy [Construction Materials]. – 2017. – № 4. – P. 55–58.

- Vedyakov, I. I. Nauchno-tekhnicheskoye soprovozhdeniye proyektirovaniya i stroitel'stva vysoznykh zdaniy na vysote kompleksa v Sankt-Peterburge [Scientific and technical sup-

- port for the design and construction of high-rise buildings on the example of a complex in St. Petersburg] / I. I. Vedyakov, D. V. Konin // *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo* [Industrial and civil construction]. – 2019. – № 10. – P. 4–11.
3. Farfel, M. I. Nauchno-tekhnicheskoye soprovozhdeniye proyektirovaniya, izgotovleniya, montazha i ekspluatatsii pri rekonstruktsii bol'shoy sportivnoy areny «Luzhniki» v g. Moskva k chempionatu mira po futbolu v 2018 godu [Scientific and technical support for design, manufacture, installation and operation during the reconstruction of the large sports arena «Luzhniki» in Moscow for the 2018 FIFA World Cup.] / M. I. Farfel, I. I. Vedyakov // *Vestnik NITS «Stroitel'stvo»* [Bulletin of the Research Center «Construction»]. – 2019. – № 3 (22). – P. 27–41.
  4. Structural Performance Assessment and Control of Super Tall Buildings During Construction / N. X. Liu, X. Zhao, H. H. Sun, Y. M. Zheng, J. M. Ding // *Procedia Engineering*. – 2011. – Vol. 14. – P. 2503–2510. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.07.315>.
  5. Khodaie, N. Vibration control of super-tall buildings using combination of tapering method and TMD system / N. Khodaie // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. – 2020. – Vol. 196. – P. 104031.
  6. Manzoor, B. Accidental safety factors and prevention techniques for high-rise building projects – A review / B. Manzoor, I. Othman, A. Waheed // *Ain Shams Engineering Journal*. – 2022. – Vol. 13, Iss. 5. – P. 101723. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101723>.
  7. Smart technology applications for the optimal management of underground facilities / I. Shahrour, H. Bian, X. Xie, Z. Zhang, // *Underground Space*. – 2021. – Vol. 6, Iss. 5. – P. 551–559. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.undsp.2020.12.002>.
  8. Kapyrin, P. The procedural approach to reliability of objects of the raised level of responsibility / P. Kapyrin, N. Sevryugina. – DOI 10.1088/1757-899X/365/4/042018 // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2018. – Vol. 365. – P. 042018.
  9. Leontiev, E. V. Nauchno-tekhnicheskoye soprovozhdeniye pri proyektirovaniy ob'ektov proizvodstvennogo i grazhdanskogo naznacheniya povyshennogo urovnya otvetstvennosti [Scientific and technical support in the design of industrial and civil facilities with a higher level of responsibility] / E. V. Leontiev, R. Y. Gazizov // *Vestnik gosudarstvennoj ehkspertizy* [Bulletin of State Expertise]. – 2020. – № 1. – P. 54–59.
  10. Gitelman, L. D. Tekhnologiya uskorennoy transfera znaniy dlya operezhayushchego obucheniya spetsialistov tsifrovoy ehkonomiki [Accelerated knowledge transfer technology for advanced training of digital economy specialists] / L. D. Gitelman, M. V. Kozhevnikov, O. B. Ryzhuk // *Ehkonomika regiona* [Economics of the Region]. – 2020. – № 2 (16). – P. 435–448.
  11. Lapidus, A. A. Nauchno-tekhnicheskoye soprovozhdeniye izyskaniy, proyektirovaniya i stroitel'stva kak obyazatel'nyy ehlement dostizheniya trebuyemykh pokazatelej proekta [Scientific and technical support for survey, design and construction as a mandatory element in the achievement of the required performance of the project] / A. A. Lapidus. – DOI10.22227/1997-0935.2019.11.1428-1437 // *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU]. – 2019. – Vol. 14, Iss. 11. – P. 1428–1437.
  12. Ali, A. K. Novel Integration of Sustainable and Construction Decisions into the Design Bid Build Project Delivery Method Using BPMN / A. K. Ali, R. Badinelli // *Procedia Engineering*. – 2016. – № 145. – P. 164–171.
  13. Tsai, Y.-H. Process modeling of a bim-enabled construction inspection approach with BPMN / Tsai Y.-H., Hsieh S.-H. // *International Conference on Innovative Production and Construction (IPC 2016)*, 3-5 October 2016, Darwin, Australia. – 2016.
  14. Lapidus, A. A. Kontseptsiya razrabotki modeli programmy po nauchno-tekhnicheskomy soprovozhdeniyu zhiznennogo tsikla unikal'nykh zdaniy s bol'shim zaglubleniem [The concept for developing a programme model for the scientific and technical support of lifecycles of unique deeply embedded buildings] / A. A. Lapidus, D. V. Topchiy, I. S. Shevchenko. – DOI 10.22227/1997-0935.2022.3.298-313 // *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. – 2022. – Vol. 17, Iss. 3. – P. 298–313.
  15. Shevchenko, I. S. Parametry, vliyayushchiye na formirovaniye perechnya rabot pri vypolnenii nauchno- tekhnicheskogo soprovozhdeniya zhiznennogo tsikla zdaniy i sooruzheniy s zaglubleniyem podzemnoy chasti boleye 15 metrov [Parameters which Affect the Formation of the List of Works During the Performance of Scientific and Technical Support of the Life Cycle of Unique Buildings with a Large Deepening] / I. S. Shevchenko, D. A. Pogodin. – DOI 10.54950/26585340\_2021\_4\_2\_7 // *Stroitel'noye proizvodstvo* [Construction production]. – 2021. – № 4. – P. 7–15.

УДК 69.003; 69.003.12

DOI: 10.54950/26585340\_2023\_3\_56

## Влияние уточнения коэффициента надежности каменной кладки на стоимость комплекса работ

The Influence of the Refinement of the Reliability Coefficient of Masonry on the Cost of the Complex of Works

### Сафарян Геворг Борисович

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, [info.safaryan@gmail.com](mailto:info.safaryan@gmail.com)

### Safaryan Gevorg Borisovich

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, [info.safaryan@gmail.com](mailto:info.safaryan@gmail.com)

### Есенов Максим Казбекович

Студент магистратуры, кафедра «Железобетонные и каменные конструкции», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, [max.esenov@yandex.ru](mailto:max.esenov@yandex.ru)

### Esenov Maxim Kazbekovich

Graduate student, Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, [max.esenov@yandex.ru](mailto:max.esenov@yandex.ru)

**Аннотация. Цель:** в статье проведен анализ зависимости стоимости возведения каменной кладки от уточнения коэффициента надежности кладки на растяжение при изгибе по неперевязанному сечению. В действующих нормах по каменным и армокаменным кладкам приводятся несколько завышенные коэффициенты надежности. В данной статье приведены результаты экспериментальных исследований в части исследования несущей способности каменной кладки на изгиб по неперевязанному шву. Наличие и результат эксперимента позволяют выдвинуть гипотезу о том, что коэффициенты надежности представлены в нормах с некоторой неточностью.

**Методы:** произведен обзор исследований по данной тематике, выявлены существующие ограничения. Проведено экспериментальное изучение и сделаны выводы. Установлено, что наиболее распространенное значение коэффициента в нормативной документации завышено. Данный факт исключает возможность объективной оценки величины вышеупомянутого коэффициента.

**Результаты:** установлено, что необходимы дальнейшие

**Abstract. Object:** the article analyzes the dependence of the masonry construction cost on the correct identification of the masonry reliability coefficient for stretching when bending along an unbound section. In the current regulatory documents for mason and reinforced mason, somewhat overestimated reliability coefficients are given. This article presents the results of experimental studies in terms of the study of the bearing capacity of masonry for bending along an unbound seam. The presence and the result of the experiment allow us to hypothesize that the reliability coefficients are presented in the norms with some inaccuracy.

**Methods:** As a result of research articles review on this topic was carried out, that there are existing limitations. An experimental study and conclusions were carried out. It is established that the most common coefficient value in the regulatory documentation is overstated. This fact excludes the possibility of an objective assessment of the value of the above-mentioned coefficient.

**Results:** it is stated that further more in-depth research us-

### Введение

Технология каменной кладки используется как при возведении отдельных конструкций здания, таких как колонны, фундаменты, стены и перегородки, наружное заполнение стеновых проемов, так и при возведении здания в целом.

Ввиду того, что данный вид работ является актуальным, существует необходимость в глубоком и детальном изучении вопросов, связанных с ним, а также сопутствующих нюансов, начиная с уточнения коэффициентов надежности при различных видах напряженно-деформируемого состояния, заканчивая коэффициентом учета степени квалификации человека, производящего данные работы при производстве, то есть степень расхода раствора, толщина швов, расход камня в зависимости от опыта и квалификации человека, возводящего кладку. Как работает перевязанная кладка, и что необходимо для ее восстановления – эти вопросы в настоящее время изучены недостаточно. Как отмечается в [1], расчеты, основанные на применении пределов прочности кладки в целом, ответов на это не дают.

В действующих нормах по каменным и армокаменным конструкциям<sup>1</sup> приводятся несколько завышенные коэффициенты надежности. В данной статье приведены результаты экспериментальных исследований в части исследования несущей способности каменной кладки на изгиб по неперевязанному шву. Наличие и результат

более глубокие исследования с использованием результатов эмпирических и теоретических исследований. Это может обеспечить объективное решение инженерных проблем в рассматриваемом аспекте строительной отрасли, которые позволят сократить отклонения по затратам.

**Выводы:** исходя из вышеизложенного, установлена необходимость формирования более глубокого понимания и исследования коэффициентов надежности каменной кладки, которые бы исключали факторы рисков и отклонений. В качестве конструктивного инструмента предлагается использование расчетных программных комплексов и эксперимент. В настоящее время исследования по данной тематике продолжаются. Для обеспечения оптимизации строительных процессов в части возведения каменных конструкций необходимо провести ряд исследований, в том числе экспериментальных, с целью уточнения и понижения данного коэффициента.

**Ключевые слова:** строительство, надежность, коэффициент надежности каменной кладки, экономическое обоснование затрат при возведении каменной кладки, кирпичная кладка.

ing the results of empirical and theoretical studies is needed. It can provide an objective solution to engineering problems in the considered construction industry aspect, which will reduce cost deviations.

**Conclusion:** based on the above, it is necessary to form a deeper understanding and study the reliability masonry coefficients, which would exclude risk factors and deviations. Experiment and CAD will be used to carry out the design calculation control. Currently, research on this topic is ongoing. To ensure the optimization of construction processes in terms of the construction of stone structures, it is necessary to conduct a number of studies, including experimental ones, in order to clarify and reduce this coefficient.

**Keywords:** construction, reliability, reliability coefficient of masonry, economic justification of costs in the construction of masonry, masonry.

эксперимента позволяют выдвинуть гипотезу о том, что коэффициенты надежности представлены в нормах с некоторой неточностью.

Также причина, по которой необходимы данные исследования и их развитие, заключается в том, что требования к испытанию стандартных образцов кирпичной кладки были выдвинуты лишь в 2014 г., а базисом для расчетов является переработанная формула Л. И. Онищика, предложенная в 1937 г., то есть необходимы модификация и более обширная экспериментальная база. Также необходимо учитывать, что с течением времени появляются разнообразные новые виды растворов, камней и кладки в целом.

В существующих нормах на проектирование подобного вида конструкций приведены данные уточняющие коэффициенты в зависимости от вида напряженно-деформируемого состояния, в научно-технической литературе изложены методология и способы учета человеческого фактора при возведении данного вида конструкций. Однако в данной статье приведена гипотеза, согласно которой каждый из вышеупомянутых параметров требует уточнений и более детальной проработки с целью снижения трудозатрат и обеспечения финансовой выгоды.

Все эти вопросы требуют не только обязательного учета, но и дальнейших научных экспериментальных исследований и обоснований. Всё вышеперечисленное определяет актуальность выбранной темы.

<sup>1</sup> СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции».

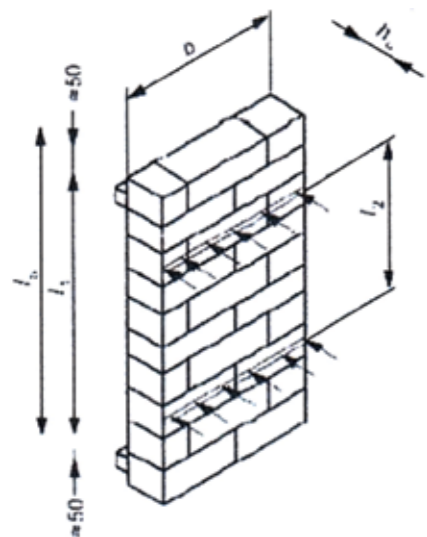


Рис. 1. Схема испытаний образцов на изгиб по неперевязанному сечению  
Fig. 1. Test scheme of bending tests for the testing prototype with an unbound cross section

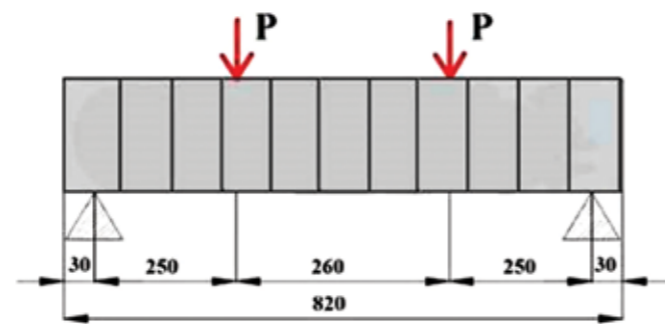


Рис. 2. Момент испытания опытного образца на изгиб  
Fig. 2. The moment of testing the prototype for bending

Таким образом, технология и качество изготовления элементов каменной кладки, кирпича и раствора позволяют повысить их надежность и, соответственно, надежность каменной кладки. Экспериментальные исследования показывают, что существующие методы оценки прочности каменных конструкций с учетом совершенствования технологии изготовления элементов кладки не отражают реальной прочности кладки и из-за необоснованно завышенных коэффициентов перехода от временных сопротивлений к расчетным значениям (коэффициентов надежности кладки) для различных видов ее напряженного состояния сводят на нет результаты этих исследований. Запасы прочности должны основываться на научных исследованиях и быть экономически обоснованными.

В связи с этим исследования современных каменных конструкций при различных видах их напряженного состояния должны позволить выбрать некий целесообразный уровень их надежности.

#### Материалы и методы

В существующих нормах по каменным конструкциям средние ожидаемые пределы прочности кладки возможно определить как произведение таких показателей: расчетное сопротивление и коэффициент надежности:

$$R_u = r \times R, \quad (1)$$

где  $r$  – коэффициент надежности кладки при сжатии;  $R$  – расчетное сопротивление кладки сжатию.

Стоит отметить, что для многих видов состояния напряженности камня (например, осевое растяжение, растяжение при изгибе, растяжение при перевязанном и неперевязанном шве) в нормах 1 не представлены данные по коэффициенту надежности. Причина отсутствия – недостаточность экспериментальных данных.

Экспериментальные исследования, проведенные профессором Поляковым С. В. совместно с его учениками с целью эмпирического определения коэффициента надежности каменной кладки, возводимой в сейсмических регионах (сейсмика выше 5 баллов согласно СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах»), при перечисленных видах напряжения позволили установить связь между такими величинами, как расчетное сопротивление кладки и величина временного сопротивления кладки при осевом растяжении:

$$R_t = 0,45 \times R_{tw}, \quad (2)$$

$$R_{sg} = 0,7 \times R_{tw}, \quad (3)$$

$$R_{tw} = 0,8 \times R_u. \quad (4)$$

Согласно СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах», коэффициенты надежности по прочности кладки по неперевязанным швам при указанных видах напряженного состояния соответственно равны:

$$K_t = 2,22, K_{sg} = 1,43,$$

$$K_{tw} = 1,25.$$

Гипотеза была выдвинута в обновленной версии СП 15.13330.2020 «Каменные и армокаменные конструкции»: при различных напряженно-деформационных состояниях был применен необоснованно завышенный коэффициент надежности нагрузки кладки. Для кладки в условиях растяжения при изгибе по неперевязанной части этот коэффициент равен:  $K_{sg} = 4$ . Определение завышенного коэффициента надежности без научного обоснования, без достаточных теоретических и эмпирических исследований приведет к тому, что расчетные конструктивные характеристики кладки, рассчитанные путем деления временного (нормативного) сопротивления кладки на необоснованно завышенный коэффициент надежности, не будут соответствовать ее фактической прочности и, как следствие, конструкции окажутся экономически невыгодными.

Анализируются результаты испытаний на сжатие и перекос кладки стен из пустотелого камня и кирпича пустотностью 25–40 %. По результатам испытаний на сжатие установлено, что, в зависимости от направления приложения нагрузки (параллельно или перпендикулярно направлению пустот), разброс значений колеблется на 5 и 15 % соответственно. Таким образом, коэффициент безопасности для пустотных камней зависит от направления приложения нагрузки относительно плоскости пустот [2].

Авторы [3] исследовали влияние значения величины адгезионной прочности на характеристику пластичности кладки. Следует отметить, что причины и механизмы, приводящие к изменению пластичности каменной кладки при двусном напряженном состоянии, авторами не установлены. Авторы установили, что при низком уровне



Рис. 2. Момент испытания опытного образца на изгиб  
Fig. 2. The moment of testing the prototype for bending

сцепления (адгезионной прочности  $R = 0,128$  МПа) имеет место повышение значения коэффициента пластичности.

Теоретические исследования проф. Райзера В. Д. и его учеников [4] показали, что существующие в России методики контроля прочности кирпича (каменя) и раствора, несмотря на большую трудоемкость изготовления образцов для испытаний, не дают надежную оценку прочности и не соответствуют общему (для строительных конструкций) подходу к нормированию и расчету строительных конструкций по методике предельных состояний.

В работах [5–12] приведены результаты экспериментальных исследований прочности касательного сцепления цементных растворов с полнотелым и пустотелым керамическим кирпичом, поризованными камнями, силикатным кирпичом и ячеисто-бетонными блоками. Получены экспериментальные зависимости прочности сцепления раствора с указанными видами кладочных элементов от прочности цементных растворов при сжатии. Выполнено сравнение полученных результатов с российскими и зарубежными нормативами.

На кафедре железобетонных и каменных конструкций Московского государственного строительного университета (МГСУ) были проведены исследования по определению прочности на растяжение при изгибе несвязанного сечения кладки, выполненной из клинкерного кирпича на растворе быстрого приготовления М50. В ходе испытаний оценивалось качество кирпича и раствора, а также сопротивление фрагментов стены деформации изгиба несвязанного сечения. Схема испытаний исследуемых образцов представлена на рисунке 1.

На рисунке 2 показан момент испытания фрагмента стены на изгиб по неперевязанному сечению.

Перед возведением образцов кладки кирпича увлажнили, чтобы проверить нормальное сцепление раствора с ними. Анализ результатов испытаний на растяжение образцов кирпичных фрагментов, согнутых на неразъемном

соединении (таблица 1), позволяет сделать следующие выводы.

В соответствии с указаниями СП 15.13330.2020 «Каменные и армокаменные конструкции» (таблица 6.11), расчетное сопротивление кладки на изгиб по несвязанному сечению для цементного раствора марки не ниже М50 составляет 0,12 МПа, однако в комментарии указано, что это значение расчетного сопротивления должно быть умножено на коэффициент 0,75. Это означает, что 0,09 МПа будет предельным расчетным сопротивлением.

В ходе экспериментального исследования среднее значение расчетного сопротивления кладки при изгибе из плоскости стенки на 30 % выше нормируемого значения, было получено значение  $R_{tb} = 0,16$  МПа при использовании для кладки кирпича клинкерного пустотелого марки «LODE» на растворе «quick-mix Z 01».

С точки зрения экономического эффекта, данные уточнения позволяют сэкономить денежные средства при выборе камня и раствора. На примере уточнения данного коэффициента становится очевидно, что использование камня и раствора повышенных марок нецелесообразно для восприятия нагрузок, которые может выдержать кладка пониженных марок. Стоимость кладки прямо пропорционально зависит от рассматриваемой марки – чем выше марка кладки, тем выше стоимость.

Принимая во внимание факт того, что по предварительным данным значение расчетного сопротивления занижено на 30 %, а также учитывая тот факт, что при длительном загрузении конструкции локальные напряжения рассеиваются, вследствие чего происходит увеличение несущей способности на приблизительно 15 %, возможно предположить, что для нагрузки 0,12 МПа было бы достаточно раствора марки М25 при условии вибрирования кладки.

В переводе на денежный эквивалент – данные в таблице 2.

Соответственно, при возведении одного квадратного метра кладки с учетом уточнения коэффициента надежности на растяжение при изгибе по неперевязанному шву экономия денежных средств при выборе раствора составит 32,1 %.

Коэффициент изменчивости прочности каменной кладки при сжатии принят равным 15 %, то есть неоднородность материала кладки высокая. За период с 1980 по 2022 гг. появились современные технологии изготовления кирпича (каменя) и раствора, что должно учитываться при оценке коэффициента вариации как элементов кладки, так и непосредственно самой кладки. Однако в современных нормах этот фактор не учитывается ввиду отсутствия недостаточности объемов исследований.

При проведении экспериментальных исследований конструкций в большинстве случаев мы не можем оперировать очень большими выборками. В связи с этим

№ сер.	Марка образца	Размеры стен между опорами (м)		Нагрузка на плиту		$M_{max}$ (Нм)	$R_{tb}$ (МПа)
		Пролет	Ширина	$q_{ex}$ (Н/м <sup>2</sup> )	$P$ (Н)		
1	KLH-1 KLH-2 KLH-3 KLH-4 KLH-5	0,76	0,51	29,6	420	82,3	0,16

Табл. 1. Результаты испытаний кладки на изгиб по неперевязанному сечению  
Tab. 1. The results of the masonry bending tests on the unbound section

Марка раствора	Поставщик 1	Поставщик 2	Поставщик 3
25	17,2 руб./кг (ООО «ЛЗМ МеталлГарант»)	12,6 руб./кг (ООО «Кирпичный маркет»)	19,1 руб./кг (ООО «Декоратор»)
50	21,2 руб./кг (ООО «Строй- поставка»)	19,6 руб./кг (ООО «Альфа- ремонт»)	25,3 руб./кг (ООО «Мегаполис Про»)

Табл. 2. Сопоставление стоимости растворов марок М25 и М50 различных поставщиков

Tab. 2. The costs comparison of the M25 and M50 mortar brands from different suppliers

возникает необходимость определения возможных ошибок в характеристиках изучаемого материала. При определении прочности кладки необходимо вводить «некий обобщенный нормативный коэффициент надежности, зависящий от условий нагружения конструкции, свойств материалов, условий эксплуатации, степени ответственности каменных конструкций и сооружений в целом и других факторов».

К сожалению, как отмечается в статье Грановского А. В. «Почему нормы по каменным конструкциям не способствуют развитию отрасли», актуализированный вариант нормативных документов по каменным конструкциям СП 15.13330.2020 «Каменные и армокаменные конструкции» не способствовал совершенствованию норм в области каменных конструкций, но и по сравнению с предыдущей редакцией СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции» сделал шаг назад в оценке их надежности. Это связано с необходимостью учета большого количества факторов, в значительной степени случайных, оказывающих влияние на прочность кладки. Учесть эти факторы за счет введения в расчетные формулы эмпирических коэффициентов достаточно сложно.

В связи с этим при определении расчетных параметров прочности кладки, начиная с 70-х годов XX века введен некий обобщенный нормативный коэффициент надежности, зависящий от условий нагружения конструкций, свойств материалов, условий эксплуатации, степени ответственности каменных конструкций и сооружений в целом и других факторов. Такой коэффициент назначается исходя из многолетнего опыта эксплуатации и экспериментальных данных. Наличие такого коэффициента обеспечивает дополнительную надежность конструкции и позволяет избежать повреждений и разрушений в случае возможных ошибок при проектировании, изготовлении и эксплуатации зданий и сооружений как в обычных, так и, что особенно важно, в сейсмичных районах РФ. Однако неизменяемость этого коэффициента не способствует повышению качества технологии изготовления материалов кладки и ее монтажа. Совершенствуются технологии изготовления кирпича и раствора, методы возведения кладки, а коэффициент надежности (безопасности) остается неизменным.

Критерий безопасности и работоспособности конструкции может быть записан в виде  $n > [n]$ , где  $[n]$  – минимально допустимый коэффициент надежности,  $n = \text{Празр.} / \text{Нрасч.}$  (здесь *Празр.* – предельно допустимое значение нагрузки, получаемое из эксперимента; *Нрасч.* – расчетное значение нагрузки).

#### Результаты исследования

Полученные показатели коэффициента надежности кладки в результате экспериментальной деятельности

(таблица 1) на растяжение при изгибе по неперевазанному сечению получился равным  $k_{sg} = 1,9$ . Исходя из этого был сделан вывод о том, что  $k_{sg} = 4$  не отвечает итогам проведенного экспериментального исследования каменной кладки, представленных в работах [13–16], и является завышенным по итогам сравнительно проведенных опытных исследований.

В части экономической выгоды было установлено, что прогнозируемая экономия денежных средств, расходуемых на приобретение раствора, согласно вышеизложенным результатам, составит порядка 26 %. Данный вывод составлен на основании разницы среднеарифметических цен различных поставщиков на растворы марок М50 и М25, таблица 2.

Грамотный с конструкторской точки зрения расчет каменной кладки поможет избежать финансовых потерь заказчика, а также сэкономить время производства работ. С другой стороны, чем меньше трудозатрат на выполнение того или иного вида работ потребуется, тем ниже вероятность допущения ошибок со стороны производителей работ.

#### Заключение и обсуждение

Для достижения поставленной цели, то есть уточнения коэффициента надежности каменной кладки, должны быть решены следующие задачи:

- 1) провести обзор нормативной, научно-технической и учебной литературы в области проектирования кладки каркасных и стеновых конструктивных систем при проектировании несущих конструкций, демонстрируя способность к анализу, оценке и синтезу теоретической информации;
- 2) выполнение экспериментального подтверждения предположений, отраженных в настоящей статье;
- 3) приведение и выполнение технико-экономического сравнения вариантов конструктивного решения основных несущих элементов здания;
- 4) с помощью программного комплекса ЛИРА-САПР выполнить численный расчет и конструирование каменной кладки для общественного здания.

В настоящее время исследования по данной тематике продолжаются. Для обеспечения оптимизации строительных процессов в части возведения каменных конструкций необходимо провести ряд исследований, в том числе экспериментальных, с целью уточнения и понижения данного коэффициента. Фундаменты многих существующих зданий представлены каменной кладкой, также существует огромное количество зданий с несущими вертикальными конструкциями из каменных материалов. Статистика аварий, имевших место в различные годы, отражает следующее: аварии каменных конструкций в некоторые годы составили более 50 % согласно [17], на рисунке 3 показаны объемы аварий зданий из кирпича, железобетона и металла за период с 1999 по 2003 гг. Следовательно, вопрос является актуальным и требует внимания научного сообщества.

В работе [18] рассмотрен метод определения прочностных характеристик параметров кладки непосредственно в полевых условиях. Данное направление необходимо развивать. В настоящее время каменная кладка, в отличие от конструкций из других материалов (например железобетона), продолжает рассчитываться практически так же, как и более семидесяти лет назад. Применение только ин-

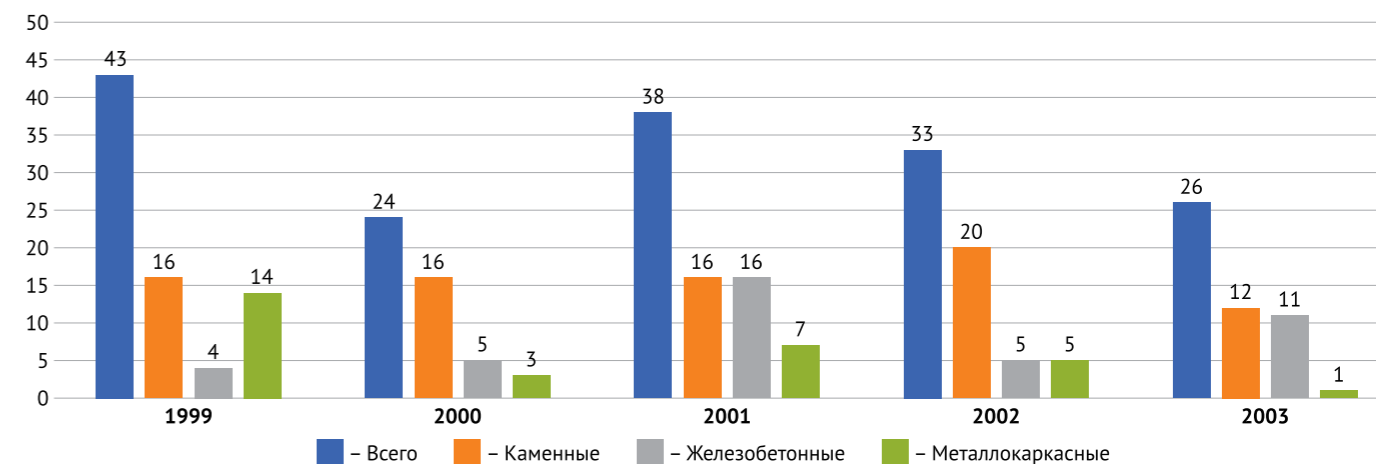


Рис. 3. Диаграмма аварийности конструкций  
Fig. 3. Diagram of the accident rate of structures

женерных методов расчета не позволяет выявить полную картину напряжений в элементах конструкций. Большой объем исследований каменных конструкций [1–5] базируется на предпосылках и методах, разработанных нашими учителями на основе базовых знаний, полученных до начала 60-х годов XX столетия. В результате только что построенные здания (или отдельные элементы конструкций) уже в начальный период эксплуатации приходят в аварийное состояние.

Относительно неточности определения коэффициентов надежности также указано в ряде уже изданных научных работ. Некоторые из них, такие как [19], демонстрируют графическое подтверждение неточности. Некоторые, например [20], производят в своих исследованиях прямое сопоставление российских и зарубежных норм на проектирование каменных конструкций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пангаев, В. В. Развитие расчетно-экспериментальных методов исследования прочности кладки каменных конструкций : автореферат ... докт. тех. наук : 05.23.01 / Пангаев Валерий Владимирович ; Новосиб. гос. архитектур-строит. ун-т. – Новосибирск, 2009. – 35 с.
2. Petry, S. Scaling unreinforced masonry structures with hollow-core clay bricks for laboratory testing / S. Petry, K. Beyer // Vienna congress on recent advances in earthquake Engineering and structural Dynamics, Vienna, Austria, 28–30 August 2013. – 2013. – № 191. – P. 1–10.
3. Зубков, С. В. Исследование механических свойств кирпичной кладки методом плоских домкратов / С. В. Зубков, А. В. Улыбин, С. Д. Федотов // Инженерно-строительный журнал. – 2015. – № 8. – С. 20–28.
4. Raizer, V. Reliability of Structures: Analysis and Applications / V. Raizer. – USA : Backbone Publishing Company, 2009. – 145 p.
5. Деркач, В. Н. Анизотропия прочности на растяжение каменной кладки при раскалывании / В. Н. Деркач // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. – 2012. – С. 259–264.
6. Деркач, В. Н. Деформационные характеристики каменной кладки в условиях плоского напряженного состояния / В. Н. Деркач // Строительство и реконструкция. – 2012. – № 2 (40). – С. 3–10.
7. Деркач, В. Н. Исследование модуля упругости каменной кладки из керамических и силикатных элементов / В. Н. Деркач, А. В. Галалюк // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Б. – 2010. – № 12. – С. 77–81.
8. Деркач, В. Н. Прочность касательного сцепления цементных растворов в каменной кладке / В. Н. Деркач // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – № 3 (29). – С. 19–28.
9. Демчук, И. Е. Предельные значения прочности каменной кладки при сдвиге в Национальном Приложении к Евроко-

Анализ результатов экспериментальных исследований прочности кирпичной кладки при различных видах ее напряженного состояния, то есть при различных вариантах приложения нагрузки (сжатие, растяжение, сдвиг и т. д.), позволил констатировать, что рекомендуемый в нормах коэффициент перехода от временного сопротивления кладки к ее расчетному значению не подтвержден экспериментом и каким-либо научным обоснованием.

Актуализированная редакция СП 15.13330.2020 «Каменные и армокаменные конструкции» в части назначения коэффициентов надежности (коэффициент безопасности) не учитывает реального состояния вопроса в области современной технологии производства каменных материалов и, соответственно, качество ведения строительно-монтажных работ при возведении конструкций из каменных материалов.

- ду 6 / И. Е. Демчук // Актуальные проблемы инновационной подготовки инженерных кадров при переходе строительной отрасли на европейские стандарты. Сборник международных научно-технических статей : материалы научно-методической конференции, Минск, 26–27 мая 2015 г. / БНТУ ; редкол.: В. Ф. Зверев, С. М. Коледа. – Минск : БНТУ, 2015. – С. 77–88.
10. Донченко, О. М. Деформации раствора горизонтальных швов каменной кладки при сжатии / О. М. Донченко, И. А. Дегтев, В. Н. Тарасенко // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2019. – № 5. – С. 42–49.
11. Монгуш, А. А. Исследование прочности сцепления кладки различных каменных материалов при срезе / А. А. Монгуш, Б. К. Кара-сал, А. А. Еылбак // Вестник ВС ГУТУ. – 2020. – № 4 (70). – С. 47–52.
12. Demchuk, I. Strength and Deformation of Masonry from Ceramic Bricks in Shear across Horizontal Joints / I. Demchuk // Contemporary Issues of Concrete and Reinforced Concrete : Collected Research Papers ; Institute BelNIIS, Minsk. – 2017. – Vol. 9. – P. 183–205. – URL: <https://doi.org/10.23746/2017-9-12>.
13. Онищик, Л. И. Прочность и устойчивость каменных конструкций. Ч. 1. Работа элементов каменной конструкций / Л. И. Онищик ; НКТП СССР. Главстройпром. Центр. науч.-иссл. ин-т пром. сооружений – ЦНИПС. – Москва ; Ленинград : ОНТИ. Глав. Ред. строит. лит-ры, 1937. – 291 с.
14. Семенов, С. А. Современные методы расчета каменных конструкций. Научное сообщение / С. А. Семенов. – Москва, 1958. – 26 с.
15. Семенов, С. А. Современные проблемы строительных конструкций. Каменные конструкции / С. А. Семенов. – Москва, 1953. – 176 с.
16. Беленцов, Ю. А. Усиление каменных стен и простенков с учетом упругопластической работы каменной кладки рекон-



струируемых жилых зданий : автореферат ... дис. канд. тех. наук : 05.23.01 / Беленцов Юрий Алексеевич ; Петербургский гос. ун-т путей сообщения. – Санкт-Петербург, 2001. – 24 с.

17. Аварии зданий и сооружений на территории Российской Федерации в 2003 году / Общероссийский общественный фонд «Центр качества строительства». – Москва : ФЦК, 2004.
18. Binda, L. Sonic tomography and flat-jack tests as complementary investigation procedures for the stone pillars of the temple of S. Nicolò l'Arena (Italy) / L. Binda, A. Saisi, L. Zanzi // NDT and

## REFERENCES

1. Pangaev, V. V. Razvitie raschetno-eksperimental'nykh metodov issledovaniya prochnosti kladki kamennykh konstrukt-sij : avtoreferat ... dokt. tekhn. nauk : 05.23.01 [Development of computational and experimental methods for studying the strength of masonry of stone structures : abstract ... Doctor of Technical Sciences : 05.23.01] / Pangaev Valery Vladimirovich ; Novosib. gos. arkhitektur-stroit. un-t [Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering]. – Novosibirsk, 2009. – 35 p.
2. Petry, S. Scaling unreinforced masonry structures with hollow-core clay bricks for laboratory testing / S. Petry, K. Beyer // Vienna congress on recent advances in earthquake Engineering and structural Dynamics, Vienna, Austria, 28–30 August 2013. – 2013. – № 191. – P. 1–10.
3. Zubkov, S. V. Issledovanie mekhanicheskikh svoystv kirpichnoj kladki metodom ploskikh domkratov [Investigation of mechanical properties of brickwork by the method of flat jacks] / S. V. Zubkov, A. V. Ulybin, S. D. Fedotov // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal [Engineering and Construction Journal]. – 2015. – № 8. – P. 20–28.
4. Raizer, V. Reliability of Structures: Analysis and Applications / V. Raizer. – USA : Backbone Publishing Company, 2009. – 145 p.
5. Derkach, V. N. Anizotropiya prochnosti na rastyazhenie kamennoy kladki pri raskalyvaniy [Anisotropy of the tensile strength of masonry during splitting] / V. N. Derkach // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Nauka i obrazovanie [Scientific and Technical Bulletin of SPbGPU. Science and education]. – 2012. – P. 259–264.
6. Derkach, V. N. Deformatsionnye kharakteristiki kamennoy kladki v usloviyakh ploskogo napryazhennogo sostoyaniya [Deformation characteristics of masonry in a flat stressed state] / V. N. Derkach // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya [Construction and reconstruction]. – 2012. – № 2 (40). – P. 3–10.
7. Derkach, V. N. Issledovanie modulya uprugosti kamennoy kladki iz keramicheskikh i silikatnykh ehlementov [Investigation of the modulus of elasticity of masonry made of ceramic and silicate elements] / V. N. Derkach, A. V. Galalyuk // Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya B [Bulletin of the Polotsk State University. Series B]. – 2010. – № 12. – P. 77–81.
8. Derkach, V. N. Prochnost' kasatel'nogo stsepleniya tsementnykh rastvorov v kamennoy kladke [Strength of tangential adhesion of cement mortars in masonry] / V. N. Derkach // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal [Engineering and Construction Magazine]. – 2012. – № 3 (29). – P. 19–28.
9. Demchuk, I. E. Predel'nye znacheniya prochnosti kamennoy kladki pri sdvige v Natsional'nom Prilozhenii k Evrokodu 6 [Limiting values of the strength of masonry during shear in the National Annex to Eurocode 6] / I. E. Demchuk // Aktual'nye problemy innovatsionnoy podgotovki inzhenernykh kadrov pri perekhode stroitel'noy otrasli na evropejskie standarty. Sbornik mezhdunarodnykh nauchno-tekhnicheskikh statej [Actual problems of innovative training of engineering personnel during the transition of the construction industry to European standards. Collection of international scientific and technical articles] : materialy nauchno-metodicheskoy konferentsii, Minsk, 26–27 maya 2015 g. / BNTU ; redkol.: V. F. Zverev, S. M. Koleda [materials of the Scientific and methodological conference, Minsk, May 26–27, 2015 / BNTU ; editors : V. F. Zverev, S. M. Koleda]. – Minsk : BNTU, 2015. – P. 77–88.
10. Donchenko, O. M. Deformatsii rastvora gorizontallykh shvov kamennoy kladki pri szhatii [Deformations of the solu-

tion of horizontal joints of masonry during compression] / O. M. Donchenko, I. A. Degtev, V. N. Tarasenko // Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova [Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov]. – 2019. – № 5. – P. 42–49.

19. Десяткова, П. Л. Графическое сравнение формул расчета прочности на сжатие кирпичной кладки / П. Л. Десяткова, Д. С. Дронов, Д. С. Ненашев // СППУ Петра Великого. Alfabuild. – 2019. – № 5 (12). – С. 85–97.
20. Беленцов, Ю. А. Определение коэффициента запаса при оценке качества кирпичных конструкций / Ю. А. Беленцов, А. М. Харитонов // Строительные материалы и изделия. Вестник гражданских инженеров ; СПбГАСУ. – 2016. – № 4 (57) – С. 105–110.
11. Mongush, A. A. Issledovanie prochnosti stsepleniya kladki razlichnykh kamennykh materialov pri sreze [Investigation of the adhesion strength of masonry of various stone materials during cutting] / A. A. Mongush, B. K. Kara-sal, A. A. Eylbak // Vestnik VS GUTU [Bulletin of VS GUTU]. – 2020. – № 4 (70). – P. 47–52.
12. Demchuk, I. Strength and Deformation of Masonry from Ceramic Bricks in Shear across Horizontal Joints / I. Demchuk // Contemporary Issues of Concrete and Reinforced Concrete : Collected Research Papers ; Institute BelNIIS, Minsk. – 2017. – Vol. 9. – P. 183–205. – URL: <https://doi.org/10.23746/2017-9-12>.
13. Onishchik, L. I. Prochnost' i ustojchivost' kamennykh konstrukt-sij. Ch. 1. Rabota ehlementov kamennoy konstrukt-sij [Strength and stability of stone structures. Part 1. Work of elements of stone structures] / L. I. Onishchik ; NKTP SSSR. Glavstrojprom. Tsent. nauch.-issl. in-t prom. sooruzhenij – TSNIPS. – Moscow ; Leningrad : ONTI. Glav. Ed. builds. lit-ry, 1937. – 291 p.
14. Sementsov, S. A. Sovremennye metody rascheta kamennykh konstrukt-sij. Nauchnoe soobshhenie [Modern methods of calculation of stone structures. Scientific message] / S. A. Sementsov. – Moscow, 1958. – 26 p.
15. Sementsov, S. A. Sovremennye problemy stroitel'nykh konstrukt-sij. Kamennye konstrukt-sii [Modern problems of building structures. Stone constructions] / S. A. Sementsov. – Moscow, 1953. – 176 p.
16. Belentsov, Y. A. Usilenie kamennykh sten i prostenkov s uchetom uprugoplasticheskoy raboty kamennoy kladki rekonstruirovemykh zhilykh zdaniy : avtoreferat ... dis. kand. tekhn. nauk : 05.23.01 [Strengthening of stone walls and piers taking into account the elastic-plastic work of masonry of reconstructed residential buildings : abstract ... dis. candidate of Technical Sciences : 05.23.01] / Belentsov Yuri Alekseevich ; Peterburgskij gos. un-t putej soobshheniya [St. Petersburg State University of Railways]. – St. Petersburg, 2001. – 24 p.
17. Avarii zdaniy i sooruzhenij na territorii Rossijskoj Federatsii v 2003 godu [Accidents of buildings and structures on the territory of the Russian Federation in 2003] / Obshherossijskij obshhestvennyy fond «Tsent. kachestva stroitel'stva» [All-Russian Public Foundation «Center for Construction Quality»]. – Moscow : FCC, 2004.
18. Binda, L. Sonic tomography and flat-jack tests as complementary investigation procedures for the stone pillars of the temple of S. Nicolò l'Arena (Italy) / L. Binda, A. Saisi, L. Zanzi // NDT and E International. – 2003. – Vol. 36, № 4. – P. 215–227.
19. Desyatova, P. L. Graficheskoe sravnenie formul rascheta prochnosti na szhatie kirpichnoj kladki [Graphical comparison of formulas for calculating the compressive strength of brickwork] / P. L. Desyatova, D. S. Dronov, D. S. Nenashev // SPPU Petra Velikogo. Alfabuild [Peter the Great SPPU. Alfabuild]. – 2019. – № 5 (12). – P. 85–97.
20. Belentsov, Y. A. Opredelenie koehffitsienta zapasa pri otsenke kachestva kirpichnykh konstrukt-sij [Determination of the margin coefficient in assessing the quality of brick structures] / Y. A. Belyantsev, A. M. Kharitonov // Stroitel'nye materialy i izdeliya. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov ; SPbGASU [Building materials and products. Bulletin of Civil Engineers ; SPb-GASU]. – 2016. – № 4 (57) – P. 105–110.

УДК 621.565.93/94

DOI: 10.54950/26585340\_2023\_3\_63

## Особенности организационной структуры на этапах жизненного цикла строительного проекта

### Анализ взаимодействия подразделений на этапах жизненного цикла строительного объекта

Features of the Organizational Structure at the Stages of the Life Cycle of a Construction Project

Analysis of the interaction of departments at the stages of the life cycle of a construction object

#### Федосов Сергей Викторович

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

#### Fedosov Sergey Viktorovich

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

#### Петрухин Александр Борисович

Доктор экономических наук, профессор кафедры «Организация производства и городское хозяйство», ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (ИВГПУ), Россия, 153000, Иваново, Шереметевский проспект, 21, kanz@ivgpu.ru

#### Petrukhin Alexander Borisovich

Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Organization of Production and Urban Economy, Ivanovo State Polytechnic University (IVSPU), Russia, 153000, Ivanovo, Sheremetyevskoe shosse, 21, kanz@ivgpu.ru

#### Федосеев Вадим Николаевич

Доктор технических наук, профессор кафедры «Организация производства и городское хозяйство», ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», Россия, 153000, Иваново, Шереметевский проспект, 21, 4932421318@mail.ru

#### Fedoseev Vadim Nikolaevich

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Organization of Production and Urban Economy, Ivanovo State Polytechnic University (IVSPU), Russia, 153000, Ivanovo, Sheremetyevskoe shosse, 21, 4932421318@mail.ru

#### Овчинников Алексей Николаевич

Соискатель, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (ИВГПУ), Россия, 153000, Иваново, Шереметевский проспект, 21, kanz@ivgpu.ru

#### Ovchinnikov Alexey Nikolaevich

Applicant, Ivanovo State Polytechnic University (IVSPU), Russia, 153000, Ivanovo, Sheremetyevskoe shosse, 21, kanz@ivgpu.ru

**Аннотация.** Качество управленческих решений на некоторых этапах жизненного цикла может способствовать (или способно повлиять) формированию качества управленческих решений и воздействий для последующих этапов и в целом оказывает влияние на достижение установленных целей инвестиционно-строительных проектов.

Выбор методов (инструментов) исследований определялся особенностями формализации структурных элементов методологии исследования.

В самом общем случае механизм принятия эффективного управленческого решения состоит в адекватной оценке доступного количества вариантов и выбора оптимального (или рационального) воздействия в соответствии с определенным критерием (группой критериев) эффективности. При этом целенаправленное воздействие на элементы строительного производства (управляемой подсистемы) рационально осуществлять

**Abstract.** The quality of management decisions at some stages of the life cycle can contribute (or can influence) the formation of the quality of management decisions and impacts for subsequent stages, and in general affects the achievement of the established

органом управления на основе планового анализа (в формате стратегического и оперативного планирования) возможных состояний системы строительного производства.

Таким образом, элементом научной новизны и преследуемой авторами цели в рамках настоящего исследования надлежит считать следующее: определение перечня особенностей функционального взаимодействия структурных подразделений службы заказчика со службами других участников строительного проекта на каждом этапе жизненного цикла его реализации, отражающих позитивные и негативные результаты их взаимодействия, которые необходимо учитывать при изменении внутренних и внешних ресурсов организационных структур участников реализации инвестиционно-строительного проекта.

**Ключевые слова:** жизненный цикл, объект строительства, организационные структуры, математическое моделирование, проект, управление.

goals of investment and construction projects.

The choice of research methods (tools) was determined by the formalization features of the structural elements of the research methodology.

In the most general case, the mechanism for making an effective management decision consists in an adequate assessment of the available number of options and the choice of the optimal (or rational) impact in accordance with a certain criterion (group of criteria) of efficiency. At the same time, it is rational to carry out a targeted impact on the elements of the construction production (controlled subsystem) by the governing body on the basis of a planned analysis (in the format of strategic and operational planning) of the possible states of the construction production system.

Thus, the following should be considered an element of scientific novelty and the goal pursued by the authors within the

## Введение

Понятие жизненного цикла объекта строительства определено в ФЗ РФ «Технический регламент безопасности зданий и сооружений» (принят ГД РФ 23.12.2009, в редакции 02.07.2013, ст. 2, часть 2, п. 5), а также в нормативном документе СП 333.1325800.2020 (дата введения 01.07.2021) как «...жизненный цикл здания или сооружения – период, в течение которого осуществляются инженерные изыскания, проектирование, строительство (в том числе консервация), эксплуатация (в том числе текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения» [1; 2].

В рамках проведенного исследования авторы выбрали объектом исследования этапы жизненного цикла инвестиционно-строительного **проекта**. Анализ нормативно-методических документов и научных разработок отечественных и зарубежных ученых показал, что каждый автор по-своему трактует это понятие, объясняя это особенностями их объекта и предмета исследования. Поэтому авторы настоящего исследования сочли целесообразным принять определение жизненного цикла **проекта** в формулировке нормативного документа ГОСТ Р ИСО 21500-2014 «Национальный стандарт Российской Федерации. Руководство по проектному менеджменту» (утв. Приказом Росстандарта от 26.11.2014 № 1873-ст), раздел 3.10 «Жизненный цикл проекта»: «...жизненный цикл проекта охватывает период времени от начала проекта до его планового окончания или досрочного прекращения...» [3].

С учетом указанного, авторами определены цель, задачи, объект и предмет исследования. Результаты настоящего исследования представлены в развитие ранее опубликованных работ [4; 5].

## Материалы и методы

Выбор методов (инструментов) исследований определялся особенностями формализации структурных элементов методологии исследования:

- объектом и предметом исследований являются процессы, явления и события, которые не могут (в значительном большинстве случаев) быть представлены рациональными, с высокой степенью подобия, физическими (материальными, вещественными) аналогами (моделями);
- результаты и выводы исследований сопоставляются с известными (в том числе и установленными действующими положениями нормативно-правовой и нормативно-технической документации) показателями и методами оценки эффективности организационно-технологических решений при подготовке и реализации производственных процессов в строительстве;

framework of this study: determining the list of features of the functional interaction of the structural units of the customer service with the services of other participants in the construction project at each stage of the life cycle of its implementation, reflecting positive and negative results their interactions, which must be taken into account when changing the internal and external resources of the organizational structures of participants in the implementation of the investment and construction project.

**Keywords:** life cycle, construction object, organizational structures, mathematical modeling, project, management.

- задачи исследований подтверждают традиционную доктрину в отношении свойств преемственности, целевой направленности и иерархии этапов жизненного цикла формирования строительной продукции, включая объекты капитального строительства, формируемые в ходе реализации этапов инвестиционно-строительного проекта;
- достижения установленной цели исследований сопровождаются научной новизной в отношении алгоритмов разработки абстрактных (математических, аналитических) моделей, пригодных для решения практических задач производственных ситуаций.

Основу настоящего исследования составляет предположение о следующих основных особенностях современного состояния научного знания в отношении формирования организационно-технологических решений в строительстве, включающее:

- представление инвестиционно-строительного проекта как многофакторного, структурного образования, характеризующегося системотехническими особенностями и свойствами состояний;
- сложный формат взаимодействия различных категорий участников (субъектов инвестиционно-строительной деятельности), образующих внутреннюю и внешнюю среду реализации инвестиционно-строительного проекта;
- необходимость разработки проектных (прежде всего организационно-технологических) решений в условиях недостаточной информации и постоянных рисков частичной или полной утраты функционального качества строительной продукции;

которое дает основание для поиска решения задач исследований и расширения теоретической основы моделирования процессов реализации организационно-технологических решений, доктрину интеграции и синтеза прикладных наук.

## Результаты

Современная организация процессов инвестиционно-строительных проектов сопровождается необходимостью решения задач, учитывающих особенности и возможные последствия их проявления на различных этапах жизненного цикла строительных проектов [6–18].

Математическая интерпретация возможных свойств и состояний производственных процессов реализации инвестиционно-строительного проекта, по мнению авторов, должна характеризоваться следующими основными особенностями:

- экономичность в отношении использования материальных ресурсов, необходимых для отображения свойств и состояний реального объекта исследований;

- возможность моделирования гипотетических (инновационных, не реализованных в строительной практике) строительных систем, конструкций и материалов, способов взаимодействия структурных элементов объекта;
- возможность реализации сочетаний и отдельных проявлений негативных факторов среды, трудновоспроизводимых (в физическом отношении) воздействий, опасных технологических процессов, частичной или полной потери функционального качества строительного объекта;
- доступность изменения масштабов времени; сравнительная простота формирования многофакторного анализа сложных производственных процессов, а также свойств и состояний объекта исследований;
- достаточный (удовлетворительный) уровень достоверности и возможностей верификации результатов исследований;
- доступность и возможность совершенствования информационно-технического обеспечения исследований (вычислительных машин, систем программирования и прикладных программных комплексов).

Математический алгоритм отображения особенностей производственных процессов (главным образом организационно-технологических решений) инвестиционно-строительного проекта направлен на отображение требований практического обеспечения условий достижения целей и задач проекта и процедуры формирования локальных математических моделей (характерных для определенного этапа жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта) и методов их решения.

Организация взаимодействия внутреннего (служба заказчика) и внешнего (служба участника инвестиционно-строительных проектов) ресурсов также может осуществляться на разных уровнях иерархической направленности внутри общесистемной структуры системы строительного производства:

- внешний ресурс (организационно и технологически) ставится в подчинение внутреннему ресурсу службы заказчика (внутренний ресурс становится лидером сформированной временной рабочей группы);
- внешнему ресурсу (организационно и технологически) дается в подчинение внутренний ресурс службы заказчика (внешний ресурс становится лидером сформированной временной рабочей группы);
- внешний и внутренний ресурсы независимы (организационно и технологически) друг от друга в вопросах подчиненности, но ориентированы на достижение единого результата (формальный лидер сформированной временной рабочей группы отсутствует).

Позитивные результаты от взаимодействия внешнего и внутреннего ресурсов (при решении локальных производственных задач) способны привести к количественному и качественному повышению показателей эффективности организации строительства. В этом случае результатом взаимодействия можно считать повышение уровня интеграции внешнего ресурса в практическую деятельность структурных подразделений заказчика (технического заказчика, государственного заказчика, заказчика-застройщика).

Негативные (а в ряде случаев – и позитивные) результаты от взаимодействия внешнего и внутреннего ресурсов способны привести к постепенному или внезапному снижению уровня интеграции внешнего ресурса в практическую деятельность структурных подразделений заказчика. В этих случаях рассматриваются варианты изменения организации строительства, связанные с заменой внешнего ресурса (например, на доступные ресурсы другого участника инвестиционно-строительного проекта) или расширения возможностей внутреннего ресурса (службы заказчика).

Получение позитивных результатов функционирования интегрированной, временной рабочей группы, включающей внутренний и внешний ресурс, в значительной степени зависит от уровня квалификации и качества организации взаимоотношений между специалистами по реализации установленных функциональных процедур. Обеспечение качества и функционирования рабочей группы является сложной организационной и управленческой задачей, в ходе решения которой требуется обеспечить эффективность функционирования как отдельных элементов (внутреннего и внешнего ресурса, соответственно), так и рабочей группы в целом.

## Обсуждение

К числу обязательных требований, с учетом особенностей реализации инвестиционных проектов на различных этапах их жизненного цикла, по мнению авторов, определяющих параметры функционирования системы управления строительным производством, относятся следующие:

- система управления должна обеспечивать эффективное взаимодействие структурных подразделений участников инвестиционно-строительной деятельности, с учетом иерархической организации (уровней) общесистемной структуры строительного производства и связей с внешней средой проекта;
- система управления в целом и каждый из ее структурных элементов должны характеризоваться присутствием условий и механизмов внесения оперативных корректировок и изменений первоначальных или текущих проектных решений;
- система управления должна включать механизм оперативного реагирования на внезапные воздействия внешних и внутренних факторов на производственный процесс инвестиционно-строительного проекта;
- система управления должна характеризоваться наличием иерархической зависимости результатов и показателей развития проекта (например, общей продолжительности проекта или его отдельных этапов) от соответствующих решений руководителя проекта и/или заказчика проекта;
- система управления должна быть ориентирована на максимально возможное использование типовых элементов и связей (типовых модулей), которые способствуют рациональному и эффективному решению проектных задач;
- система управления должна быть ориентирована на формирование и поддержание актуализированных информационных потоков между структурными элементами и внешней средой инвестиционно-строительного проекта;

- система управления должна быть ориентирована на оптимизацию общей продолжительности реализации проекта и его отдельных этапов, рациональное использование материальных и нематериальных ресурсов, без отклонений от установленного функционального качества строительной продукции;
- система управления должна иметь возможность к самосовершенствованию на протяжении всего жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта, что подразумевает ее самостоятельную адаптацию к возможным сбоям и ошибочно принятым управленческими решениями.

Качество функционирования организации и управления системой производственного процесса службы заказчика определяется составом и эффективностью реализации особенностей и видов организационно-управленческой деятельности (функций организации и управления состоянием системы строительного производства инвестиционно-строительного проекта):

- функция *анализа возможных и допустимых состояний системы*, заключающаяся в систематическом наблюдении за параметрами состояния управляемой системы, внешней среды и факторов влияния на возможные процессы в системе, в подготовке данных для обоснования состава управляющих воздействий (прямая связь) и оценки результатов последствий их проведения для изменения свойств и состояний (обратная связь) управляемой системы;
- функция *прогноза рисков проявлений негативных факторов и их последствий*, заключающаяся в разработке аналитических прогнозов по ожидаемым (допустимым) и возможным (негативным) факторам влияния;
- функция *планирования процессов и результатов*, заключающаяся в определении и разработке качественных и количественных показателей и результатов процессов и событий в ожидаемых условиях и на определенный период времени;
- функция *организации взаимодействия управляющей и управляемой подсистем*, заключающаяся в формировании организационной структуры и алгоритма взаимодействия управляющей и управляемой подсистем (субъекта и объекта управления) в составе соответствующей системы управления;
- функция *регулирующих показателей качества*, заключающаяся в поддержании запланированного состояния и/или установленных (по результатам прогноза и планирования) свойств системы и парировании последствий проявления случайных (незапланированных, но прогнозируемых) негативных факторов;
- функция *координации взаимодействия структурных элементов*, заключающаяся в адаптации особенностей взаимодействия с некоторой внешней

(одной или несколькими) системой, от состояния которой зависит качество функционирования рассматриваемой системы управления;

- функция *контроля показателей качества*, заключающаяся в контроле (постоянном, периодическом или случайном) установленных (запланированных) свойств и состояний системы;
- функция *учета параметров и свойств*, заключающаяся в отображении процесса функционирования системы (с применением средств объективного контроля и верификации данных) и качества выполнения планируемых процессов.

Состав рассмотренных функций, по мнению авторов, носит универсальный характер и может применяться к разнообразным общесистемным структурам управления инвестиционно-строительных проектов, а конкретное содержание и «удельный вес» функций зависят от конкретных особенностей строительного объекта.

#### Заключение

Достижение установленных показателей производственного процесса инвестиционно-строительного проекта (выдерживание темпа и показателей качества строительного производства при минимальной интенсивности потребления всех видов ресурсов) требует непрерывного управляющего воздействия на все элементы управляемой и управляющей подсистем в структуре системы управления строительным производством.

Качество управленческих решений на некотором этапе жизненного цикла способствует (или способно повлиять) формированию качества управленческих решений и воздействий для последующих этапов, и в целом оказывает влияние на достижение установленных целей инвестиционно-строительных проектов.

В самом общем случае механизм принятия эффективного управленческого решения состоит в адекватной оценке доступного количества вариантов и выбора оптимального (или рационального) воздействия в соответствии с определенным критерием (группой критериев) эффективности. При этом целенаправленное воздействие на элементы строительного производства (управляемой подсистемы) рационально осуществлять органом управления на основе планового анализа (в формате стратегического и оперативного планирования) возможных состояний системы строительного производства.

Таким образом, элементом научной новизны настоящего исследования следует считать следующее: определен перечень особенностей функционального взаимодействия структурных подразделений службы заказчика со службами других участников строительного проекта на каждом этапе жизненного цикла его реализации, отражающих позитивные и негативные результаты их взаимодействия, которые необходимо учитывать при изменении внутренних и внешних ресурсов организационных структур участников реализации инвестиционно-строительного проекта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла : СП 333.1325800.2020 : Свод правил : утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. № 928/пр : введен в действие с 01 июля 2021 г. / Федеральное агентство по техническому

регулированию и метрологии. – Москва : Росстандарт, 2020.  
2. Технический регламент безопасности зданий и сооружений : Федеральный закон Российской Федерации № 384-ФЗ : принят Государственной Думой РФ 23 декабря 2009 года : одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 года (в редакции 02.07.2013) (ст. 2, часть 2, п. 5) / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва : Росстандарт, 2013.

- Руководство по проектному менеджменту : ГОСТ Р ИСО 21500-2014 : Национальный стандарт Российской Федерации : утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2014 г. № 1873-ст (Раздел 3.10 «Жизненный цикл проекта») / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва : Росстандарт, 2014.
- Волков, А. А. Системный анализ особенностей и характеристик современного состояния строительного производства / А. А. Волков, А. Н. Овчинников // Технология и организация строительного производства. – 2018. – № 1 (2). – С. 13–15.
- Овчинников, А. Н. Особенности моделирования параметров состояния и показателей эффективности функционирования системы организации и управления крупномасштабным инвестиционно-строительным проектом / А. Н. Овчинников // Строительное производство. – 2020. – № 4. – С. 29–33.
- Теоретические основы и методы повышения энергоэффективности жилых и общественных зданий и зданий текстильной и легкой промышленности / С. В. Федосов, А. Б. Петрухин, В. Н. Федосеев, Л. А. Опарина, И. А. Мартынов, В. Г. Котлов. – Иваново : ПресСто, 2018. – 320 с.
- Исследование понятия факторов организационно-технологической надежности строительного-монтажных работ / С. В. Федосов, Л. А. Опарина, И. С. Карасев, А. Б. Петрухин, В. Н. Федосеев, А. Л. Маилян // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2021. – № 1. – С. 70–80.
- Модель оценки на нормативно-техническом совете возможности внедрения новых строительных материалов / С. В. Федосов, В. Г. Маличенко, А. А. Лазарев, М. В. Торопова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2020. – № 4. – С. 14–25.
- Demolish, recycle, build new or renovate – energy use throughout the life cycle / U. Janson, K. Farsäter, V. Fransson, D. Johansson // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. – 2022. – Vol. 1122 (1). – P. 012048.
- Building Information Modeling and Internet of Things

#### REFERENCES

- Informatsionnoe modelirovanie v stroitel'stve. Pravila formirovaniya informatsionnoj modeli ob'ektov na razlichnykh stadiyakh zhiznennogo tsikla [Information modeling in construction. Rules for the formation of an information model of objects at various stages of the life cycle] : SP 333.1325800.2020 : Svod pravil [SP 333.1325800.2020 : Set of rules] : utv. Prikazom Ministerstva stroitel'stva i zhilishhno-kommunal'nogo khozyajstva Rossijskoj Federatsii ot 31 dekabrja 2020 g. № 928/pr [approved by Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation dated December 31, 2020 No. 928/pr] : vveden v dejstvie s 01 iyulya 2021 g. [put into effect from July 01, 2021] / Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii [Federal Agency for Technical Regulation and Metrology]. – Moscow : Rosstandart, 2020.
- Tekhnicheskij reglament bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij : Federal'nyj zakon Rossijskoj Federatsii № 384-FZ [Technical Regulations for the Safety of Buildings and Structures : Federal Law of the Russian Federation No. 384-FZ] : prinyat Gosudarstvennoj Dumoj RF 23 dekabrja 2009 goda [adopted by the State Duma of the Russian Federation on December 23, 2009] : odobren Sovetom Federatsii 25 dekabrja 2009 goda (v redaktsii 02.07.2013) (st. 2, chast' 2, p. 5) [approved by the Federation Council on December 25, 2009 (as amended on 02.07.2013) (Article 2, Part 2, paragraph 5)] / Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii [Federal Agency for Technical Regulation and Metrology]. – Moscow : Rosstandart, 2013.
- Rukovodstvo po proektnomu menedzhmentu : GOST R ISO

integration for smart and sustainable environments : a review / A. Malagnino, T. Montanaro, M. Lazoi, I. Sergi, A. Corallo, L. Patrono // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 312, Iss. 8. – P. 127716.

- Matejov, A. The Experiences with utilization of BIM in railway infrastructure in Slovak Republic and Czech Republic / A. Matejov, J. Sestakova // Transportation Research Procedia. – 2021. – Vol. 55, Iss. 3. – P. 1139–1146.
- Life cycle energy consumption and GHG emission from pavement rehabilitation with different rolling resistance / T. Wang, I.-S. Lee, A. Kendall, J. Harvey, E.-B. Lee, C. Kim // Journal of Cleaner Production. – 2012. – Vol. 33. – P. 86–96.
- Martínez-Muñoz, D. Comparative Life Cycle Analysis of Concrete and Composite Bridges Varying Steel Recycling Ratio / D. Martínez-Muñoz, J. V. Martí, V. Yepes // Materials – 2021. – Vol. 14, Iss. 15. – P. 4218.
- Life cycle assessment based environmental impact estimation model for pre-stressed concrete beam bridge in the early design phase / K. J. Kim, W. G. Yun, N. Cho, J. Ha // Environmental Impact Assessment Review. – 2017. – Vol. 64. – P. 47–56.
- Infrastructure for sustainable development / S. Thacker, D. Adshred, M. Fay, S. Hallegatte, M. Harvey, H. Meller, N. O'Regan, J. Rozenberg, G. Watkins, J. W. Hall // Nature Sustainability. – 2019. – Vol. 2. – P. 324–331.
- Economic and environmental life cycle assessment of a short-span aluminium composite bridge deck in Canada / J. Pedneault, V. Desjardins, M. Margni, D. Conciatori, M. Fafard, L. Sorelli // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 310. – P. 127405.
- You, D. Performance assessment and design of ultra-high-performance concrete (UHPC) structures incorporating life-cycle cost and environmental impacts / D. You // Construction and Building Materials. – 2018. – Vol. 167. – P. 414–425.
- Life cycle environmental impact assessment of a bridge with different strengthening schemes / B. Pang, P. Yang, Y. Wang, A. Kendall, H. Xie, Y. Zhang // The International Journal of Life Cycle Assessment. – 2015. – Vol. 20, Iss. 9. – P. 1300–1311.

21500-2014 : Natsional'nyj standart Rossijskoj Federatsii [Project Management Manual : GOST R ISO 21500-2014 : National Standard of the Russian Federation] : utv. i vved. v dejstvie Prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 26 noyabrya 2014 g. № 1873-st [approved and introduced. effective by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated November 26, 2014 No. 1873-st] (Razdel 3.10 «Zhiznennyj tsikl proekta») [(Section 3.10 «Project Life Cycle»)] / Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii [Federal Agency for Technical Regulation and Metrology]. – Moscow : Rosstandart, 2014.

- Volkov, A. A. Sistemnyj analiz osobennostej i kharakteristik sovremenogo sostoyaniya stroitel'nogo proizvodstva [System analysis of the features and characteristics of the current state of construction production] / A. A. Volkov, A. N. Ovchinnikov // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – 2018. – № 1 (2). – P. 13–15.
- Ovchinnikov, A. N. Osobennosti modelirovaniya parametrov sostoyaniya i pokazatelej ehffektivnosti funktsionirovaniya sistemy organizatsii i upravleniya krupnomasshtabnym investitsionno-stroitel'nym proektom [Features of modeling the parameters of the state and performance indicators of the functioning of the organization and management system of a large-scale investment and construction project] / A. N. Ovchinnikov // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 4. – P. 29–33.
- Teoreticheskie osnovy i metody povysheniya ehnergoehffektivnosti zhilykh i obshhestvennykh zdaniy i zdaniy tekstil'noj

- i legkoj promyshlennosti [Theoretical foundations and methods of improving energy efficiency of residential and public buildings and buildings of textile and light industry] / S. V. Fedosov, A. B. Petrukhin, V. N. Fedoseev, L. A. Oparina, I. A. Martynov, V. G. Kotlov. – Ivanovo : PresSto, 2018. – 320 p.
- Issledovanie ponyatiya faktorov organizatsionno-tekhnologicheskoy nadezhnosti stroitel'no-montazhnykh rabot [Research of the concept of factors of organizational and technological reliability of construction and installation works] / S. V. Fedosov, L. A. Oparina, 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. – № 1. – P. 70–80.
  - Model' otsenki na normativno-tekhnicheskoy sovete vozmozhnosti vnedreniya novykh stroitel'nykh materialov [The evaluation model at the regulatory and Technical Council of the possibility of introducing new building materials] / S. V. Fedosov, V. G. Malichenko, A. A. Lazarev, M. V. Toropova // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Materialy. Konstruktsii. Tekhnologii [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Materials. Constructions. Technologies]. – 2020. – № 4. – P. 14–25.
  - Demolish, recycle, build new or renovate – energy use throughout the life cycle / U. Janson, K. Farsäter, V. Fransson, D. Johansson // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. – 2022. – Vol. 1122 (1). – P. 012048.
  - Building Information Modeling and Internet of Things integration for smart and sustainable environments : a review / A. Malagnino, T. Montanaro, M. Lazoi, I. Sergi, A. Corallo, L. Patrono // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 312, Iss. 8. – P. 127716.
  - Matejov, A. The Experiences with utilization of BIM in railway infrastructure in Slovak Republic and Czech Republic / A. Matejov, J. Sestakova // Transportation Research Procedia. – 2021. – Vol. 55, Iss. 3. – P. 1139–1146.
  - Life cycle energy consumption and GHG emission from pavement rehabilitation with different rolling resistance / T. Wang, I.-S. Lee, A. Kendall, J. Harvey, E.-B. Lee, C. Kim // Journal of Cleaner Production. – 2012. – Vol. 33. – P. 86–96.
  - Martínez-Muñoz, D. Comparative Life Cycle Analysis of Concrete and Composite Bridges Varying Steel Recycling Ratio / D. Martínez-Muñoz, J. V. Martí, V. Yepes // Materials – 2021. – Vol. 14, Iss. 15. – P. 4218.
  - Life cycle assessment based environmental impact estimation model for pre-stressed concrete beam bridge in the early design phase / K. J. Kim, W. G. Yun, N. Cho, J. Ha // Environmental Impact Assessment Review. – 2017. – Vol. 64. – P. 47–56.
  - Infrastructure for sustainable development / S. Thacker, D. Adshedd, M. Fay, S. Hallegatte, M. Harvey, H. Meller, N. O'Regan, J. Rozenberg, G. Watkins, J. W. Hall // Nature Sustainability. – 2019. – Vol. 2. – P. 324–331.
  - Economic and environmental life cycle assessment of a short-span aluminium composite bridge deck in Canada / J. Pedneault, V. Desjardins, M. Margni, D. Conciatori, M. Fafard, L. Sorelli // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 310. – P. 127405.
  - You, D. Performance assessment and design of ultra-high-performance concrete (UHPC) structures incorporating life-cycle cost and environmental impacts / D. You // Construction and Building Materials. – 2018. – Vol. 167. – P. 414–425.
  - Life cycle environmental impact assessment of a bridge with different strengthening schemes / B. Pang, P. Yang, Y. Wang, A. Kendall, H. Xie, Y. Zhang // The International Journal of Life Cycle Assessment. – 2015. – Vol. 20, Iss. 9. – P. 1300–1311.

УДК 69.0

DOI: 10.54950/26585340\_2023\_3\_68

## Возможности цифровизации инжиниринга жизненного цикла здания

Opportunities for Digitalization of Building Life Cycle Engineering

### Фомин Никита Игоревич

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Промышленное, гражданское строительство и экспертиза недвижимости», директор Института строительства и архитектуры ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» (ИСА УрФУ), Россия, 620002, Екатеринбург, улица Мира, 19, ni.fomin@urfu.ru

Fomin Nikita Igorevich

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Industrial, Civil Engineering and Real Estate Expertise, Director of the Institute of Construction and Architecture of the Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin (ISA UrFU), Russia, 620002, Yekaterinburg, ulitsa Mira, 19, ni.fomin@urfu.ru

### Исупов Никита Сергеевич

Аспирант, Институт строительства и архитектуры ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» (ИСА УрФУ), Россия, 620002, Екатеринбург, улица Мира, 19, isupov98@gmail.com

Isupov Nikita Sergeevich

Graduate student, Institute of Construction and Architecture of the Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin (ISA UrFU), Russia, 620002, Yekaterinburg, ulitsa Mira, 19, isupov98@gmail.com

**Аннотация.** Строительство является ключевой и системообразующей отраслью промышленности России, которая, развиваясь, вносит значительный вклад в улучшение качества жизни граждан. Вместе с этим строительство относится к наиболее сложным и рискованным отраслям как в технологическом, так и в управленческом плане. Дальнейший рост объемов строительства качественного жилья в стране обусловлен необходимостью применения современных технологий, новых управленческих методов, которые позволяют комплексно совершенствовать

процессы на разных этапах жизненного цикла здания, а также повысить эффективность строительства.

Одной из перспективных технологий является строительный инжиниринг, применение которого особенно востребовано на этапе строительства здания. В статье представлено обоснование необходимости масштабного применения строительного инжиниринга, в особенности его технико-технологической составляющей, для обеспечения высоких темпов строительства и качества жилья. Показаны возможности цифровых технологий

и инструментов инжиниринга на этапе проектирования здания, которые обеспечивают оптимизацию и систематизацию производственных процессов. Показан пример реализации цифрового инжиниринга на этапе проектирования монолитного гражданского здания. Сделаны выводы о необходимости масштабной цифровизации строительной отрасли для обеспече-

**Abstract.** Construction is a key and system-forming industry in Russia, which, while developing, makes a significant contribution to improving the quality of life of citizens. At the same time, construction belongs to the most complex and risky industries both in technological and managerial terms. Further growth in the volume of construction of high-quality housing in the country is due to the need to use modern technologies, new management methods that will allow to comprehensively improve processes at different stages of the life cycle of the building, as well as to increase the efficiency of construction. One of the promising technologies is construction engineering, the use of which is especially in demand at the stage of building construction. The article presents the rationale for the need for large-scale application of

### Введение

По данным Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, темпы строительства в стране с 2018 года растут год от года (см. рисунок 1). В 2022 году объем вводимого жилья в России преодолел планку в 100 млн кв. м. На 2023 год, с учетом имеющихся вызовов отечественной экономике, Минстрой дает прогнозы на сохранение текущих темпов. Указанные достижения обусловлены комплексом мероприятий, осуществляемых государством: совершенствование отраслевого законодательства, развитие государственно-частного партнерства, повышение гибкости финансовой политики и т. п. [1].

Для возможности сохранения достигнутых темпов строительства жилья отраслевым предприятиям необходимо масштабное использование возможностей современного строительного инжиниринга для совершенствования процессов планирования и управления, в первую очередь, проектирования и строительства. Таким образом, актуальность темы исследования обусловлена необходимостью поиска технологичных инструментов для устойчивого развития строительной отрасли, включая достигнутые показатели по строительству жилья.

### Материалы и методы

В настоящем исследовании решаются следующие задачи:



Рис. 1. Показатели объемов вводимого жилья в России  
Fig. 1. Indicators of the volume of commissioned housing in Russia

ния ее оптимизации, качественно нового развития.

**Ключевые слова:** строительный инжиниринг, цифровизация, жизненный цикл здания, цифровые технологии, модели управления в строительстве, ограничения инжиниринга, скрипт, визуальное программирование.

construction engineering, especially its technical and technological component, to ensure high rates of construction and quality of housing. The possibilities of digital technologies and engineering tools at the stage of building design, which provide optimization and systematization of production processes, are shown. An example of the implementation of digital engineering at the design stage of a monolithic civil building is shown. Conclusions are drawn about the need for large-scale digitalization of the construction industry to ensure its optimization, qualitatively new development.

**Keywords:** construction engineering, digitalization, building life cycle, digital technologies, management models in construction, engineering constraints, script, visual programming

- обоснование необходимости применения комплексного строительного инжиниринга для обеспечения высоких темпов строительства и качества жилья;
- анализ возможностей цифровых технологий и инструментов инжиниринга на этапе проектирования жизненного цикла здания.

Для решения поставленных задач были применены методы: компьютерного моделирования информационной модели здания, визуального программирования.

Несмотря на рост требований потребителей строительной продукции и сложность проектных решений, востребованности оригинальных технологий в проектировании и строительстве, а также усложнения функций участников жизненного цикла здания (на этапе инвестиций и строительства), рынок отечественного строительного инжиниринга еще не достиг фазы своей зрелости. Только в 2017 г. был введен в действие первый стандарт по инжинирингу (ГОСТ Р 57306-2016), предназначенный для формирования и развития сферы услуг в области строительного инжиниринга [2]. При этом содержание понятия «строительный инжиниринг» расширяется:

- инженерно-консультационная деятельность, содержанием которой является решение инженерных задач, связанных с созданием или совершенствованием продукции, систем и (или) процессов (ГОСТ Р 57306-2016);

– предметом инжиниринга является не продукция (конечный результат производства), не проектирование и не производство продукции, а интеллектуальный процесс решения творческих (инженерных) задач, связанных с проектированием и организацией процессов производства продукции (выполнения работ, оказания услуг) (ГОСТ Р 58179-2018).

Иногда результаты инжиниринга отождествляют только с отдельными процессами, например, конструированием остова здания, проектированием инженерных сетей, организационно-технологическим проектированием [3], что сужает его потенциальные возможности. Между тем комплексный инжиниринг, представляющий наибольший интерес для практического применения, – это междисциплинарный и мультидисциплинарный процесс, включающий в себя технико-технологический и организационно-управленческий инжиниринг (ГОСТ Р 58179-2018).

Как известно, в нашей стране преобладает модель генподрядной схемы управления: примерно 60 % работ выполняется основным производителем собственными силами, остальное передается на субподряд специализированным организациям. Ответственность за все решения на этапе «изыскания – проектирование» несет генпроектировщик. При реализации инжиниринговой схемы управления предполагается заключение договоров напрямую с производителями работ, при этом инжиниринговая компания не выполняет работы собственными силами, а координирует и контролирует их выполнение [4].

Применение схемы управления с инжиниринговой поддержкой позволяет не только достичь опережающих темпов развития строительной отрасли, но также обеспечить строительство качественных объектов в срок [5–7]. Главная ее особенность состоит в том, что инжиниринговая компания берет на себя ответственность за достижение запланированных целей инвестиционно-строительного проекта: бюджета, продолжительности и качества строительства. Утверждается, что модель управления с инжиниринговой компанией обеспечивает более высокие показатели по сравнению с моделью генерального подрядчика, где основные риски несет заказчик [8].

Наибольший потенциал развития в настоящее время имеет технико-технологический инжиниринг за счет активного внедрения цифровых технологий [9–11]. В качестве рекламной информации нередко указывают, что применение цифровых инструментов в строительстве позволяет уменьшить трудозатраты в диапазоне от 10 до 30 %. Следует отметить, что заявленные показатели могут быть достигнуты, но, как правило, в результате длительной интеграции цифрового инструмента в конкретную производственную среду. Главным результатом, на наш взгляд, может быть не снижение трудоемкости выполнения каких-либо рутинных операций или процессов, но возможность их оптимизации и систематизации, обеспечение «прозрачности» результатов этапов проектирования и строительства. В итоге это позволит обеспечить достижение нового уровня зрелости отечественной строительной отрасли.

**Результаты**

Возможности для эффективного применения инжиниринга с применением цифровых технологий можно обнаружить на каждом этапе жизненного цикла объекта капитального строительства: инженерные изыскания,

архитектурно-строительное проектирование (включая прохождение экспертизы), строительство (включая ввод в эксплуатацию), эксплуатация (включая текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос и утилизация объекта капитального строительства (очередность и наименование этапов даны по СП 333.1325800.2020).

Наибольший потенциал цифровизации открывается, на наш взгляд, на этапах проектирования и строительства здания, когда происходит интенсивное взаимодействие значительного количества независимых субподрядных организаций. Координация их работы является комплексной управленческой задачей, обусловленной не только весьма сжатыми сроками выполнения работ, но также обеспечением высокого качества их результатов.

В качестве примера рассмотрим результаты применения инжиниринга на этапе проектирования жизненного цикла здания. Рассматривается инжиниринг проектирования несущего остова монолитного гражданского здания, этап расчета плит перекрытия на продавливание. Авторский скрипт «Каркасы продавливания» (автор – Исупов Н. С.) представлен для демонстрации возможностей инжиниринга с применением цифровых технологий и реализацией в информационной модели здания.

Скрипт реализован на платформе визуального программирования *Dynamo*, которая является базовой надстройкой для программного обеспечения *Revit*. Алгоритм является независимым дополнением к программе «Контуры продавливания» [12]. Совместное действие двух скриптов позволит производить автоматизированный расчет монолитных плит перекрытий на продавливание с реализацией следующих задач:

- Отрисовка контуров продавливания.
- Вывод предельных усилий, периметра контура на требуемый вид.
- Рекомендации о необходимости установки каркасов.
- Проверка правильности задания геометрических характеристик каркаса.
- Генерирование каркасов на продавливание.



Рис. 2. Интерфейс пользователя скрипта «Каркасы продавливания»  
Fig. 2. User interface of the «Stamping Frames» script



Рис. 3. Блок-схема скрипта «Каркасы продавливания»  
Fig. 3. Block diagram of the «Stamping frames» script

На данный момент авторский скрипт реализован только для сплошных контуров продавливания (для колонн и пилонов с длиной до 1200 мм).

При работе в программе пользователь не будет работать с нодами платформы визуального программирования. Вся требуемая информация представлена в окне *DynamoPlayer* (см. рисунок 2).

Для реализации алгоритма работы (см. рисунок 3) необходимо:

- создать геометрию вертикальных несущих конструкций и плиты перекрытия в информационной модели здания;
- заполнить параметры стен/колонн «Зависимость сверху», которые должны совпасть с параметром «Уровень» требуемой плиты перекрытия;
- заполнить параметры защитных слоев в плите перекрытия;
- создать и загрузить семейство каркаса, выполненного *ifc*-арматурой.

Последовательность работы программы можно разделить на 4 функциональных этапа:

1. Получение параметров выбранной вертикальной несущей конструкции.
2. Создание точек семейства каркасов.
3. Проверка параметров семейства каркаса.
4. Генерирование каркасов.

Рассмотрим подробнее каждый из этапов.

**1. Получение параметров выбранной вертикальной несущей конструкции**

Пользователь выбирает необходимую стену/колонну, вокруг которой требуется расставить каркасы, а также вводит расчетные характеристики арматуры (класс арматурного проката, диаметры и шаг арматуры каркасов). По параметрам выбранной стены/колонны скрипт находит перекрытие, в котором планируется расстановка каркасов, а также считывает защитные слои. Диаметр фонового армирования сеток предполагается одинаковым и зада-

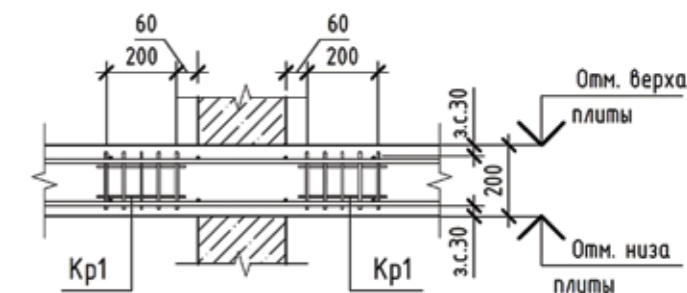


Рис. 4. Расстановка каркасов на продавливание относительно фоновой арматуры  
Fig. 4. Arrangement of the frames for punching relative to the background reinforcement

ется пользователем для ориентации каркасов на разрезе (см. рисунок 4).

На основе считанных параметров плиты перекрытия происходит вычисления величины  $h_0$  – рабочей высоты сечения. В скрипте предусмотрена проверка шага расстановки каркасов: если пользователь ввел значение шага стержней больше, чем  $h_0/3$ , то алгоритм выводит ошибку «Неверно задан шаг армирования».

**2. Создание точек вставки семейства каркасов**

Вокруг выбранной стены генерируются точки вставки семейства каркаса. Они располагаются симметрично относительно центральных плоскостей стены/колонны (см. рисунок 5). Точки создаются с условием, что средняя линия пирамиды продавливания будет проходить между первым и вторым стержнями каркаса на продавливание.

**3. Проверка параметров семейства каркаса**

В информационную модель здания должно быть загружено семейство каркаса, назовем его «базовым», выполненного *ifc*-арматурой, у которого все вводимые (зависимые от пользователя) или расчетные параметры (независимости от пользователя) являются параметрами типоразмера. Загруженному семейству пользователь присваивает имя *Kp1*.

При вводе пользователем параметров в *DynamoPlayer* скрипт проверяет данные значения со значениями, которые были присвоены «базовому» семейству каркаса. При обнаружении хотя бы одного отличия в модели автоматически создается новый типоразмер семейства каркаса со значениями, введенными пользователем. Имя нового семейства будет следующим за имеющимся «базовым» каркасом *Kp2, ..., Kpi* (где *i* – общее количество каркасов поперечной арматуры в информационной модели здания).

Существует несколько вариантов, когда скрипт будет создавать новый типоразмер семейства, даже если все введенные пользователем значения совпадут со значени-

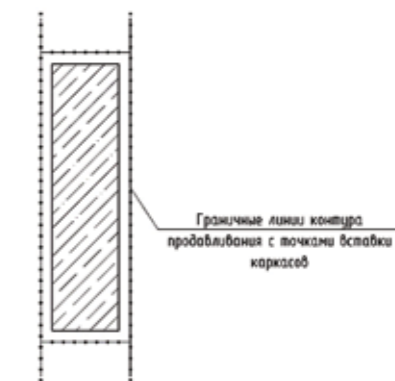


Рис. 5. Начальная геометрия для расстановки каркасов  
Fig. 5. Initial geometry for the arrangement of frames

ями «базового» семейства. Данное событие произойдет, когда параметры, зависящие от геометрии, будут различны для разных типов семейств:

- ширины каркаса (зависит от минимального и максимального расстояния контура продавливания);
- высоты каркаса (зависит от толщины плиты перекрытия).

#### 4. Генерирование каркасов

На данном этапе происходит генерация каркасов по созданным в п. 2 точкам и проверка попадания каркасов в отверстия или за тело плиты перекрытия (см. рисунок 6).

Проверка осуществляется при помощи пересечения, созданной абстрактной геометрии *BoundingBox* по границам каркасов и отверстиям. Если они пересекаются, то полученный список подается в нод *Element.Delete*. Каркасы удаляются с обязательным условием сохранения защитного слоя арматуры – 30 мм. В этом же блоке происходит смещение каркасов на требуемое значение относительно фоновое армирования плиты перекрытия.

Одним из недостатков автоматизации при помощи *Дунамо* является то, что скрипты создаются на отдельные небольшие задачи, которых в работе проектировщика может быть большое количество [13–19].

Главным преимуществом автоматизации данного процесса является снижение трудоемкости при создании несущей арматуры в информационной модели [20]. Для того чтобы расставить каркасы на продавливание, при ручном методе затрачивается примерно 5 минут для одной стены. Часто проектировщики не учитывают расположение отверстий при расстановке каркасов, оставляя примечание «Каркасы, попадающие в отверстия, обрезать по месту». Данное обстоятельство усложняет процесс производства работ, увеличивает расходы армирования. Разработанный скрипт позволяет за 10 секунд создать арматуру на продавливание с учетом расположения отверстий, уменьшая трудозатраты проектировщика.

#### Заключение

Применение цифровых технологий для комплексного инжиниринга этапов жизненного цикла открывает перед

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев, И. П. Финансово-правовое регулирование банковского кредитования застройщиков, а также субъектов деятельности в строительной промышленности / И. П. Воробьев. – DOI 10.24412/2076-1503-2023-1-200-212 // Образование и право. – 2023. – № 1 – С. 200–212.
2. Медяник, Ю. В. Инжиниринг в строительстве / Ю. В. Медяник, Р. Р. Хафизов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2020. – № 1 (51). – С. 172–180.
3. Нецветаев, А. Г. Терминология и основные понятия в области инжиниринга / А. Г. Нецветаев. – DOI 10.18796/0041-5790-2020-10-42-48 // Уголь. – 2020. – № 10 (1135). – С. 42–48.
4. Лазарева, Н. В. Влияние жизненного цикла на распределение задач строительно-технической экспертизы / Н. В. Лазарева, А. Ю. Зиновьев. – DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-5-130-140 // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 5 (82). – С. 130–140.
5. Трушковская, Е. Д. Актуальные проблемы развития инжиниринговой деятельности в России, ее роль и место в современном инвестиционно-строительном процессе / Е. Д. Трушковская // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – Т. 9, № 4-1. – С. 384–391.
6. Time Reduction for Completion of a Civil Engineering Construction Using Fuzzy Clustering Techniques / G. Bosurgi,

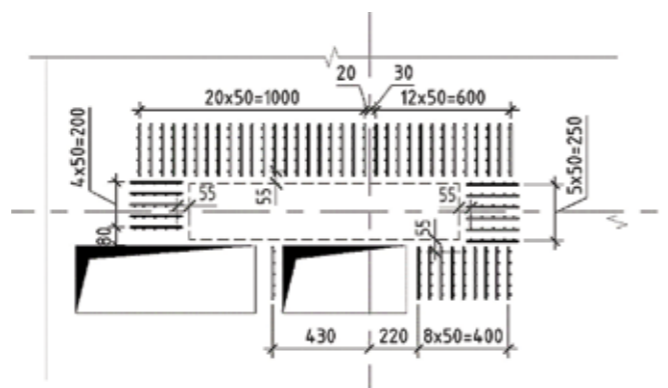


Рис. 6. Результат отработки скрипта в месте расположения отверстий

Fig. 6. The result of working out the script at the location of the holes

строительной отраслью весьма обширные возможности для настройки и оптимизации производственных процессов, точных расчетов и прогнозов, управления и контроля за ресурсами, а также повышения качества и безопасности работ. С каждым годом растет число эффективных технологий инжиниринга, таких как ТИМ, виртуальная и дополненная реальность, высокоточные инструменты (сенсоры, лазерные сканеры и т. п.), которые позволяют ускорить технологические процессы на всех этапах жизненного цикла зданий и сооружений, а также повысить качество их результатов.

Вместе с этим цифровизация, в известной степени, является вызовом для традиционной строительной отрасли. Для того чтобы успешно применять цифровые технологии, необходимы не только технические знания, но и способность к инновационному мышлению и гибкому подходу к стремительным изменениям. Научившись использовать цифровые технологии эффективно, реализация, качество и экономическая эффективность инвестиционно-строительных проектов могут быть значительно улучшены.

7. Belyakov, S. I. The algorithm for the formation of a project management office within the organizational structures of investment and construction activities / S. I. Belyakov // Real Estate: Economics, Management. – 2022. – № 1. – P. 32–36.
8. Кузнецов, Б. О. Развитие комплексного инжиниринга в строительстве на технологической платформе информационного моделирования / Б. О. Кузнецов. – DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-2-230-238 // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 2 (79). – С. 230–238.
9. Иванова, А. М. Инжиниринг процессов управления в строительных организациях / А. М. Иванова // Управление инновационными и инвестиционными процессами и изменениями в условиях цифровой экономики: сборник научных трудов по итогам IV международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 28–29 октября 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. – С. 488–494.
10. Сарченко, В. И. Проблемы и перспективы развития строительного комплекса / В. И. Сарченко, С. А. Хиревич, В. В. Рудских // Инвестиции, градостроительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения: материалы XIII Международной научно-практической конференции, Томск,

28 февраля – 02 марта 2023 года. Том Часть 1. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 36–52.

11. Абрамов, И. Л. Оптимизация организационных структур строительных предприятий / И. Л. Абрамов, А. А. Мартянова // Проектирование и строительство: сборник научных трудов 4-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 13 марта 2020 года / Юго-Западный государственный университет. – Курск: Б. и., 2020. – С. 25–29.
12. Возможности управления жизненным циклом объекта строительства с применением ТИМ / Н. С. Исупов, М. М. Карманова, С. В. Придвижкин, Н. И. Фомин. – DOI 10.14529/build230106 // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2023. – Т. 23, № 1. – С. 48–56.
13. Ведерникова, А. А. Разработка Dynamo-script для ускорения процесса проектирования раздела КР в Autodesk Revit / А. А. Ведерникова, Н. В. Федухина. – DOI 10.23968/BIMAC.2021.011 // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы IV Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 21–23 апреля 2021 года / Под общей редакцией А. А. Семенова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. – С. 93–98.
14. Згода, Ю. Н. Автоматизированное моделирование оболочечных конструкций в Autodesk Revit с использованием Дунамо / Ю. Н. Згода, А. А. Семенов // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: материалы IV Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 02–03 ноября 2021 года. – Екатеринбург: Уральский государственный архитектурно-художественный университет, 2021. – С. 40.
15. Османов, М. М. Автоматизация создания типоразмеров сегментов труб в Revit с помощью Дунамо / М. М. Османов // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве: материалы IV Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 02–03 ноября

#### REFERENCES

1. Vorobyov, I. P. Finansovo-pravovoe regulirovanie bankovskogo kreditovaniya zastroyshchikov, a takzhe sub'ektov deyatel'nosti v stroitel'noy promyshlennosti [Financial and legal regulation of bank lending to developers, as well as business entities in the construction industry] / I. P. Vorobyov. – DOI 10.24412/2076-1503-2023-1-200-212// Obrazovanie i parvo [Education and Law]. – 2023. – № 1 – P. 200–212.
2. Medyanik, Y. V. Inzhiniring v stroitel'stve [Engineering in construction] / Y. V. Medyanik, R. R. Khafizov // Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta [Proceedings of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering]. – 2020. – № 1 (51). – P. 172–180.
3. Netsvetaev, A. G. Terminologiya i osnovnye ponyatiya v oblasti inzhiniringa [Terminology and basic concepts in the field of engineering] / A. G. Netsvetaev. – DOI 10.18796/0041-5790-2020-10-42-48 // Ugol' [Coal]. – 2020. – № 10 (1135). – P. 42–48.
4. Lazareva, N. V. Vliyaniye zhiznennogo tsikla na raspredeleniye zadach stroitel'no-tekhnicheskoy ekspertizy [The influence of the life cycle on the distribution of tasks of construction and technical expertise] / N. V. Lazareva, A. Y. Zinov'ev. – DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-5-130-140 // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers]. – 2020. – № 5 (82). – P. 130–140.
5. Trushkovskaya, E. D. Aktual'nye problem razvitiya inzhiniringovoy deyatel'nosti v Rossii, ee rol' i mesto v sovremennom investitsionno-stroitel'nom protsesse [Actual problems of

the development of engineering activities in Russia, its role and place in the modern investment and construction process] / E. D. Trushkovskaya // Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra [Economics: yesterday, today, tomorrow]. – 2019. – Vol. 9, № 4-1. – P. 384–391.

16. Mohamed, M. N. A. Creating Documents in Autodesk Revit Automatically with Dynamo / M. N. A. Mohamed, M. M. Karmanova // Components of Scientific and Technological Progress. – 2022. – № 7 (73). – P. 32–37.
17. Zenkov, E. V. Development of BIM technologies for the production and technical sphere of the construction industry / E. V. Zenkov, A. D. Dedyukhina, N. A. Krasnoyarov. – DOI 10.1063/5.0092149 // AIP Conference Proceedings: IV International Scientific Conference «Investments. Construction. Real Estate: New Technologies and Targeted Development Priorities 2021» (ICRE-2021), Irkutsk, 29–30 августа 2021 года. – Irkutsk: AIP Conference Proceedings, 2022. – Vol. 2434. – P. 060013.
18. Дроздова, Г. К. Автоматизация армирования железобетонных элементов (водоводов) / Г. К. Дроздова, Л. А. Шилова. – DOI 10.29039/2308-0191-2021-10-1-76-80 // Строительство и архитектура. – 2022. – Т. 10, № 1. – С. 76–80.
19. Чертушкин, А. Д. Методы расчета пожарного риска в информационной модели здания в России / А. Д. Чертушкин, В. Б. Сальников, С. В. Придвижкин. – DOI 10.23968/BIMAC.2020.022 // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы III Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15–17 апреля 2020 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. – С. 181–185.
20. Бравков, С. В. Связь расчетных комплексов и Revit с использованием визуального программирования Дунамо / С. В. Бравков. – DOI 10.23968/BIMAC.2023.040 // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы VI Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 19–21 апреля 2023 года / Под общей редакцией А. А. Семенова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 298–304.
6. Time Reduction for Completion of a Civil Engineering Construction Using Fuzzy Clustering Techniques / G. Bosurgi, F. Carbone, O. Pellegrino, G. Sollazzo // Periodica Polytechnica Transportation Engineering. – 2017. – Vol. 45, № 1. – P. 25–34.
7. Belyakov, S. I. The algorithm for the formation of a project management office within the organizational structures of investment and construction activities / S. I. Belyakov // Real Estate: Economics, Management. – 2022. – № 1. – P. 32–36.
8. Kuznetsov, B. O. Razvitie kompleksnogo inzhiniringa v stroitel'stve na tekhnologicheskoy platforme informatsionnogo modelirovaniya [Development of integrated engineering in construction on the technological platform of information modeling] / B. O. Kuznetsov. – DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-2-230-238 // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers]. – 2020. – № 2 (79). – P. 230–238.
9. Ivanova, A. M. Inzhiniring protsessov upravleniya v stroitel'nykh organizatsiyakh [Engineering of management processes in construction organizations] / A. M. Ivanova // Upravlenie innovatsionnymi i investitsionnymi protsessami i izmeneniyami v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki [Managing innovation and investment processes and changes in the digital economy]. – 2021. – P. 488–494.
10. Sarchenko, V. I. Problemy i perspektivy razvitiya stroitel'nogo

- kompleksa [Problems and prospects of development of the construction complex] / V. I. Sarchenko, S. A. Khirevich, V. V. Rudskikh // Investitsii, gradostroitel'stvo, nedvizhimost' kak drayvery sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya territorii i povysheniya kachestva zhizni naseleniya [Investments, urban planning, real estate as drivers of socio-economic development of the territory and improvement of the quality of life of the population]: materialy XIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Tomsk, 28 fevralya – 02 marta 2023 goda. Tom CHast' 1 [materials of the XIII International Scientific and Practical Conference, Tomsk, February 28 – March 02, 2023. Volume Part 1]. – Tomsk : Tomskij gosudarstvennyj arkhitekturno-stroitel'nyj universitet [Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering], 2023. – P. 36–52.
11. Abramov, I. L. Optimizatsiya organizatsionnykh struktur stroitel'nykh predpriyatij [Optimization of organizational structures of construction enterprises] / I. L. Abramov, A. A. Mart'yanova // Proektirovanie i stroitel'stvo [Design and construction]. – 2020. – P. 25–29.
  12. Vozmozhnosti upravleniya zhiznennym tsiklom ob'ektov stroitel'stva s primeneniem TIM [The possibilities of managing the life cycle of a construction object using TIM] / N. S. Isupov, M. M. Karmanova, S. V. Pridvizhkin, N. I. Fomin. – DOI 10.14529/build230106 // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura [Bulletin of the South Ural State University. Series: Construction and Architecture]. – 2023. – Vol. 23, № 1. – P. 48–56.
  13. Vedernikova, A. A. Razrabotka Dynamo-script dlya uskoreniya protsessov proektirovaniya razdela KR v Autodesk Revit [Development of Dynamo-script to speed up the design process of the CD section in Autodesk Revit] / A. A. Vedernikova, N. V. Fedukhina. – DOI 10.23968/BIMAC.2021.011 // BIM-modelirovanie v zadachakh stroitel'stva i arkhitektury [BIM modeling in construction and architecture tasks]. – 2021. – P. 93–98.
  14. Zgoda, Y. N. Avtomatizirovannoe modelirovanie obolocheknykh konstruksiy v Autodesk Revit s ispol'zovaniem Dynamo [Automated modeling of shell structures in Autodesk Revit using Dynamo] / Y. N. Zgoda, A. A. Semenov // Novye informatsionnye tekhnologii v arkhitekture i stroitel'stve [New information technologies in architecture and construction]. – 2021. – P. 40.
  15. Osmanov, M. M. Avtomatizatsiya sozdaniya tiporazmerov segmentov trub v Revit s pomoshch'yu Dynamo [Automating the creation of standard sizes of pipe segments in Revit using Dynamo] / M. M. Osmanov // Novye informatsionnye tekhnologii v arkhitekture i stroitel'stve [New information technologies in architecture and construction]. – 2021. – P. 48.
  16. Mohamed, M. N. A. Creating Documents in Autodesk Revit Automatically with Dynamo / M. N. A. Mohamed, M. M. Karmanova // Components of Scientific and Technological Progress. – 2022. – № 7 (73). – P. 32–37.
  17. Zenkov, E. V. Development of BIM technologies for the production and technical sphere of the construction industry / E. V. Zenkov, A. D. Dedyukhina, N. A. Krasnoyarov. – DOI 10.1063/5.0092149 // AIP Conference Proceedings : IV International Scientific Conference «Investments. Construction. Real Estate: New Technologies and Targeted Development Priorities 2021» (ICRE-2021), Irkutsk, 29–30 avgusta 2021 goda. – Irkutsk : AIP Conference Proceedings, 2022. – Vol. 2434. – P. 060013.
  18. Drozdova, G. K. Avtomatizatsiya armirovaniya zhelezobetonnykh elementov (vodovodov) [Automation of reinforcement of reinforced concrete elements (conduits)] / G. K. Drozdova, L. A. Shilova. – DOI 10.29039/2308-0191-2021-10-1-76-80 // Stroitel'stvo i arkhitektura [Construction and architecture]. – 2022. – Vol. 10, № 1. – P. 76–80.
  19. Chertushkin, A. D. Metody rascheta pozhnogo riska v informatsionnoy modeli zdaniya v Rossii [Fire risk calculation methods in the building information model in Russia] / A. D. Chertushkin, V. B. Sal'nikov, S. V. Pridvizhkin. – DOI 10.23968/BIMAC.2020.022 // BIM-modelirovanie v zadachakh stroitel'stva i arkhitektury [BIM modeling in construction and architecture tasks]. – 2020. – P. 181–185.
  20. Bravkov, S. V. Svyaz' raschetnykh kompleksov i Revit s ispol'zovaniem vizual'nogo programmirovaniya Dynamo [Connection of computational complexes and Revit using visual programming Dynamo] / S. V. Bravkov. – DOI 10.23968/BIMAC.2023.040 // BIM-modelirovanie v zadachakh stroitel'stva i arkhitektury [BIM modeling in construction and architecture tasks]. – 2023. – P. 298–304.

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340\_2023\_3\_74

## Анализ качества взаимодействия участников системы строительного контроля

Analysis of the Quality of Interaction of Participants in the Construction Control System

### 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

### Kuz'mina 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, Yaroslavskoe shosse, 26, kuzmina\_tk@mail.ru

### Ледовских Людмила Ивановна

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

### Ledovskikh Lyudmila Ivanovna

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, Yaroslavskoe shosse, 26, i\_vanovna@mgsu.ru

### Акимова Евгения Александровна

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

### Akimova Evgeniya Aleksandrovna

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, AkimovaEA@mgsu.ru

### Коблюк Данила Александрович

Магистр 2-го курса обучения кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, venvoobr@mail.ru

### Koblyuk Danila Alexandrovich

Master of the 2nd year of study 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, venvoobr@mail.ru

**Аннотация.** Строительное производство – это сложный и крупномасштабный процесс, имеющий множество участников и этапов, связующим звеном между которыми является система строительного контроля. Конечно, как и любой крупный орган взаимодействия между людьми, она неидеальна, и возникающие в рабочих процессах проблемы должны быть оперативно решены, чтобы не увеличивать затраты ресурсов строительства и не выходить за рамки установленных временных сроков.

Очевидно, что единственным путем для – если не полного, то частичного – решения самых крупных возникающих проблем является оптимизация процессов взаимодействия между участниками системы строительного контроля. Перед непосредственной оптимизацией необходимо определить проблемы, которые возникают в системе строительного контроля чаще

**Abstract.** Construction production is a complex and large-scale process with many participants and stages, the link between which is the construction control system. Of course, like any large body of interaction between people, it is not ideal and problems arising in work processes should be solved promptly so as not to increase the cost of construction resources and not go beyond the established time limits.

It is obvious that the only way to solve, if incomplete, then partial, the largest emerging problems is to optimize the processes of interaction between the participants of the construction control system. Before direct optimization, it is necessary to identify the

### Введение

Целью данного исследования является определение факторов, негативно влияющих на качество взаимодействия между участниками системы строительного контроля, на основании мнения экспертов, принимающих непосредственное участие в проведении того или иного вида строительного контроля.

Система строительного контроля является неотъемлемой частью процесса строительства и реконструкции. Она сложно организована, имеет множество участников и представителей, которые, в свою очередь, имеют большое количество обязанностей и функций. И, как любая настолько крупная структура, для получения максимально качественного продукта система строительного контроля требует очень слаженного, регулируемого и удобного взаимодействия между всеми своими участниками [1].

Документами, регулирующими работу системы строительного контроля, являются СП 246.135800.2016, ст. 53 ГрК РФ и постановление РФ № 468. Однако процесс строительства непредсказуем и зачастую на производстве строительно-монтажных работ выявляются дефекты раз-

всего, и для этого было проведено анонимное анкетирование людей, принимающих непосредственное участие в системе строительного контроля.

В данной статье вниманию читателей представлен анализ анкетирования среди независимых специалистов в области строительного производства. Анализ данных проведен с помощью методов статистического анализа, с использованием программы для статистической обработки данных IBM SPSS Statistics и методов прикладной математики для доказательства значимости и достоверности проведенного исследования.

**Ключевые слова:** строительный контроль, IBM SPSS Statistics, метод вращения Варимакс исходных, факторный анализ, анкетирование.

problems that arise most often in the construction control system, and for this an anonymous survey of people directly involved in the construction control system was conducted.

In this article, to the attention of readers, an analysis of the questionnaire among independent specialists in the field of construction production is presented. The data analysis was carried out using statistical analysis methods, using the IBM SPSS Statistics statistical data processing program and methods of applied mathematics to prove the significance and reliability of the study.

**Keywords:** construction control, IBM SPSS Statistics, Varimax rotation method of raw materials, factor analysis, questionnaire.

личной степени влияния на продукт этого производства. В связи с высокими темпами проведения работ и сжатыми сроками строительства эти дефекты должны быть выявлены и устранены за максимально короткое время [2–4].

Причины возникновения дефектов на строительном производстве могут быть самыми разными – от некавалифицированных кадров, участвующих в работе, до ошибок в проекте, из-за чего невозможно предугадать их появление [5]. Некоторые дефекты могут потребовать проведения дополнительных работ по их устранению, что увеличивает затраты ресурсов на производстве, а также снижает темп проведения работ [1; 5].

Одной из самых серьезных проблем, возникающих при выявлении дефектов, является оперативный поиск решения для их устранения [6]. Данная проблема связана со сложностью взаимодействия участников строительного контроля из-за большого количества бюрократических процессов, а также необходимости вовлечения ответственных лиц в процесс поиска решения, что негативно сказывается на строительных процессах, потому что им приходится отвлекаться от запланированной работы [7].

Для оптимизации процессов взаимодействия между участниками системы строительного контроля нужно проанализировать качество этого взаимодействия на основе профессионального опыта людей, принимающих непосредственное участие в процессе строительства [3].

#### Материалы и методы

Для исследования качества взаимодействия участников системы строительного контроля было принято решение провести анкетирование среди разных специалистов в области строительства. Анкеты были созданы с помощью онлайн-инструмента от Google, программного обеспечения для администрирования «Google Forms», в котором была создана анонимная анкета для сбора данных.

Респондентами являются люди, часто вовлекаемые в процесс взаимодействия с другими участниками строительного контроля. Также для повышения достоверности данных выбраны респонденты с различным стажем в области строительного контроля.

Анкеты для респондентов представляют собой массив вопросов, которые были сформулированы так, чтобы опрашиваемые оценили уровень значимости влияния на их деятельность в рассматриваемой области факторов, выявленных для исследования, исходя из анализа научно-технической литературы и практического опыта. Анкета составлена исходя из следующих размышлений:

1. Необходимо определить, как респонденты связаны с системой строительного контроля, участвуют ли они в ее процессах. Если респондент является участником системы строительного контроля, то необходимо знать, какую роль он в ней играет [1].

2. Далее в анкетировании собираются необходимые для анализа данные о респондентах: занимаемая должность, стаж работы в области строительного контроля, информация о заказах, реализуемых организацией, в которой они работают [8].

3. Основные вопросы в анкетировании направлены на определение основных факторов, влияющих на их деятельность при проведении строительного контроля:

- Как они оценивают качество взаимодействия участников системы строительного контроля на примере личного профессионального опыта или опыта коллег [1].
- Их отношение к существующей системе строительного контроля, в которой бюрократические процессы играют очень большую роль, в связи с высокой ответственностью на производстве и широко развернутой иерархией управляющего состава в строительных компаниях [4; 7].
- Считают ли они, что внедрение в нынешнюю систему строительного контроля Единой информационной среды (она будет представлять из себя вспомогательный инструмент для всех участников строительного контроля и будет нацелена на устранение факторов, оговоренных в вопросе выше, влияющих на качество и оперативность взаимодействия участников системы строительного контроля) повысит качество их взаимодействия с другими участниками строительного контроля [9; 10].

В общей сложности, анкеты для разных участников анкетирования отличаются только логичным для них набором вариантов ответов на вопросы.

Потенциально важными для исследования статистическими данными будут являться ответы респондентов, с помощью которых эксперты оценивают влияние каждого из 9 факторов, влияющих на их деятельность в рассматриваемой области. На основании этих факторов были сформулированы вопросы анкетирования, а сами факторы условно можно назвать: «Вопрос 1) Роль в системе строительного контроля»; «Вопрос 2) Занимаемая должность»; «Вопрос 3) Стаж работы в области строительного контроля»; «Вопрос 4) Охват области строительства организацией респондента с точки зрения вида реализуемых ею заказов»; «Вопрос 5) Охват области строительства организацией респондента с точки зрения функционального назначения реализуемых ею объектов»; «Вопрос 6) Оценка уровня конфликтности в существующей системе строительного контроля»; «Вопрос 7) Оценка качества взаимодействия между участниками системы строительного контроля»; «Вопрос 8) Оценка степени влияния бюрократических процессов на оперативность взаимодействия между участниками системы строительного контроля»; «Вопрос 9) Мнение о предложении внедрения в систему строительного контроля Единой информационной среды».

Полученные результаты анкетирования необходимо подвергнуть шкалированию для корректного ввода данных в программный комплекс IBM SPSS Statistics, для проведения необходимых расчетов для анализа. Анализ должны быть подвергнуты только обязательные вопросы анкетирования [11].

Анализ данных будет проходить в следующем порядке:

- Первым шагом проведения факторного анализа необходимо провести дисперсионный анализ данных для выявления наиболее значимых факторов, а также нужно определить их оптимальное количество [11].
- Вторым шагом необходимо провести расчет и анализ факторных нагрузок, для чего применяется метод вращения Варимакс исходных, который, в свою очередь, требует проведения корреляции всех факторов [11].
- Третьим шагом в проведении факторного анализа нужно установить взаимосвязи между дополнительными и выявленными переменными, для чего в программном комплексе IBM SPSS Statistics были составлены таблицы сопряженности и применен критерий хи-квадрат Пирсона для проверки гипотезы о независимости признаков [11].

#### Результаты

Шаг первый – дисперсионный анализ (таблица 1).

Считается, что фактор оказывает значительное влияние на результаты, если значение его дисперсии больше единицы [11]. Из этого следует, что оптимальное коли-

№ фактора	Количество ответов	Дисперсия
1	27	0,687
2	27	1,538
3	27	1,641
4	27	0,259
5	27	1,003
6	27	0,564
7	27	0,507
8	27	0,285
9	27	0,396

Табл. 1. Значения дисперсий переменных  
Tab. 1. Values of variances of variables

№ фактора	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1								
2	-0,187	1							
3	-0,209	0,968	1						
4	0,088	0	-0,026	1					
5	-0,122	0,155	0,103	0,573	1				
6	-0,048	0,124	0,147	0,257	0,33	1			
7	0,229	-0,044	-0,033	-0,145	-0,223	-0,487	1		
8	0,322	-0,116	-0,089	0,131	-0,091	-0,149	0,51	1	
9	0,055	0,049	-0,005	0,022	0,07	0,316	-0,051	-0,288	1

Табл. 2. Корреляция всех факторов  
Tab. 2. Correlation of all factors

чество факторов для факторного анализа равно трем (вопросы № 2, № 3 и № 5).

Шаг второй – корреляция (таблица 2) и расчет с применением методов максимального правдоподобия и вращения Варимакс исходных (таблица 3).

Так как значимыми считаются коэффициенты корреляции, если их значения по модулю превышают 0,01, то в таблице 3 были представлены только значимые коэффициенты корреляции [11].

Исходя из коэффициентов корреляции между факторами, выявленными на первом шаге, и остальными, были определены наиболее важные для исследования факторы, так как они наиболее сильно коррелируют с факторами, имеющими наибольшую дисперсию.

В итоге получаем:  $F_1$  – вопрос № 6,  $F_2$  – вопрос № 8 и  $F_3$  – вопрос № 7. Выявленные факторы условно обозначаем: «Уровень конфликтности в существующей системе строительного контроля» (фактор № 1); «Степень влияния бюрократических процессов на оперативность взаимодействия между участниками строительного контроля» (фактор № 2); «Уровень оперативности взаимодействия между участниками системы строительного контроля» (фактор № 3).

Переменная	Вопрос 1	Вопрос 2	Вопрос 3
1			
Вопрос 6	0,147	0,124	0,33
Вопрос 7	-0,033	-0,044	-0,223
Вопрос 8	-0,089	-0,116	-0,091
Вопрос 9	-	0,049	0,07

Табл. 3. Факторные нагрузки, полученные с использованием метода вращения Варимакс исходных и метода максимального правдоподобия

Tab. 3. Factor loads obtained using the Varimax initial rotation method and the maximum likelihood method

Роль в системе строительного контроля	$F_1$ (фактор 1) $\chi^2$ Пирсона: 2,917; $p$ (двусторонняя асимптотическая значимость) = 0,817; $\alpha = 0,05$			Всего	
	0 – «Проблемы не возникали»	1 – «Проблемы возникли с конкретными участниками системы строительного контроля»	2 – «Проблемы возникли со многими участниками системы строительного контроля»		
	1	2	3	4	5
Авторский надзор	1	2	2	2	5
Строительный контроль заказчика	7	8	3	3	18
Строительный контроль подрядчика	0	1	0	0	1
Не принимает участия в проведении строительного контроля	1	1	1	1	3
Всего	9	12	6	6	27

Табл. 4. Таблица сопряженности факторов между фактором  $F_1$  и факторами  $f_1$   
Tab. 4. Table of conjugacy of factors  $F_1$  and  $f_1$



Мнение о предложении внедрения Единой информационной среды в систему строительного контроля	$F_1$ (фактор 1) $\chi^2$ Пирсона: 5,755; $p$ (двусторонняя асимптотическая значимость) = 0,218; $\alpha = 0,05$			Всего
	0 – «Проблемы не возникали»	1 – «Проблемы возникали с конкретными участниками системы строительного контроля»	2 – «Проблемы возникали со многими участниками системы строительного контроля»	
1	2	3	4	5
Это сильно бы помогло респонденту	6	5	1	12
Это бы усложнило его работу, но в итоге помогло бы	2	7	4	13
Респондента устраивает существующая система	1	0	1	2
Всего	9	12	6	27

Табл. 5. Таблица сопряженности факторов  $F_1$  и  $f_2$   
Tab. 5. Table of conjugacy of factors  $F_1$  and  $f_2$

Роль в системе строительного контроля	$F_2$ (фактор 2) $\chi^2$ Пирсона: 6,234; $p$ (двусторонняя асимптотическая значимость) = 0,397; $\alpha = 0,05$			Всего
	1 – «Не согласен»	2 – «Согласен, но не полностью»	3 – «Согласен полностью»	
1	2	3	4	5
Авторский надзор	1	4	0	5
Строительный контроль заказчика	1	13	4	18
Строительный контроль подрядчика	0	0	1	1
Не принимает участия в проведении строительного контроля	0	2	1	3
Всего	2	19	6	27

Табл. 6. Таблица сопряженности факторов  $F_2$  и  $f_1$   
Tab. 6. Table of conjugacy of factors  $F_2$  and  $f_1$

Мнение о предложении внедрения Единой информационной среды в систему строительного контроля	$F_2$ (фактор 2) $\chi^2$ Пирсона: 7,999; $p$ (двусторонняя асимптотическая значимость) = 0,092; $\alpha = 0,05$			Всего
	1 – «Не согласен»	2 – «Согласен, но не полностью»	3 – «Согласен полностью»	
1	2	3	4	5
Это сильно бы помогло респонденту	1	7	4	12
Это бы усложнило его работу, но в итоге помогло бы	0	11	2	13
Респондента устраивает существующая система	1	1	0	2
Всего	2	19	6	27

Табл. 7. Таблица сопряженности факторов  $F_2$  и  $f_2$   
Tab. 7. Table of conjugacy of factors  $F_2$  and  $f_2$

Роль в системе строительного контроля	$F_3$ (фактор 3) $\chi^2$ Пирсона: 10,282; $p$ (двусторонняя асимптотическая значимость) = 0,113; $\alpha = 0,05$			Всего
	1 – «Удовлетворительно»	2 – «Хорошо»	3 – «Отлично»	
1	2	3	4	5
Авторский надзор	4	1	0	5
Строительный контроль заказчика	6	9	3	18
Строительный контроль подрядчика	0	0	1	1
Не принимает участия в проведении строительного контроля	1	2	0	3
Всего	11	12	4	27

Табл. 8. Таблица сопряженности факторов  $F_3$  и  $f_1$   
Tab. 8. Table of conjugacy of factors  $F_3$  and  $f_1$

Мнение о предложении внедрения Единой информационной среды в систему строительного контроля	$F_3$ (фактор 3) $\chi^2$ Пирсона: 6,104; $p$ (двусторонняя асимптотическая значимость) = 0,192; $\alpha = 0,05$			Всего
	1 – «Удовлетворительно»	2 – «Хорошо»	3 – «Отлично»	
1	2	3	4	5
Это сильно бы помогло респонденту	3	8	1	12
Это бы усложнило его работу, но в итоге помогло бы	7	4	2	13
Респондента устраивает существующая система	1	0	1	2
Всего	11	12	4	27

Табл. 9. Таблица сопряженности факторов  $F_3$  и  $f_2$   
Tab. 9. Table of conjugacy of factors  $F_3$  and  $f_2$

дентов считают «уровень конфликтности при взаимодействии участников» в существующей системе строительного контроля средним или высоким.

Из таблиц 6–7: наиболее выражены второе и третье значения факторной переменной  $F_2$ . Независимо от признаков  $f_1$  и  $f_2$ , более 90 % респондентов считают, что бюрократические процессы довольно сильно влияют на оперативность взаимодействия между участниками системы строительного контроля.

Из таблиц 8–9: в целевой выборке наиболее выражены первое и второе значения факторной переменной  $F_3$ . Это указывает на то, что, независимо от признаков  $f_1$  и  $f_2$ , более 85 % респондентов не считают существующее взаимодействие между участниками системы строительного контроля максимально оперативным.

#### Заключение

Анализ качества взаимодействия между участниками системы строительного контроля, проведенный в данной статье, указывает на несовершенство существующей системы строительного контроля. Выявленные факторы играют для участников значительную роль при исполне-

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усовершенствование системы строительного контроля при производстве строительного-монтажных работ / Т. К. Кузьмина, Д. Д. Бабушкина, Р. В. Волков, Д. А. Коблюк // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 24–29.
2. Овчинников, А. Н. Повышение (оптимизация) эффективности деятельности организационно-управленческой структуры заказчика при реализации целей и задач инвестиционно-строительного проекта / А. Н. Овчинников, А. А. Лapidus // Строительное производство. – 2021. – № 3. – С. 2–8.
3. Зуева, Д. Д. Унификация контрольных мероприятий при проведении строительного контроля / Д. Д. Зуева. – DOI 10.54950/26585340\_2021\_4\_6\_39 // Строительное производство. – 2021. – № 4. – С. 39–43.
4. Топчий, Д. В. Концепция контроля качества организации строительных процессов при проведении строительного надзора на основе использования информационных технологий / Д. В. Топчий, А. Я. Токарский // Вестник Евразийской науки. – 2019. – Т. 11, № 3. – С. 49.
5. 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.
6. Lapidus, A. Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov // E3S Web of Conferences «22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019», Tashkent, 18–21 April 2019. – Tashkent, 2019. – Vol. 97. – P. 6–37.

#### REFERENCES

1. Usovershenstvovanie sistemy stroitel'nogo kontrolya pri proizvodstve stroitel'no-montazhnykh rabot [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 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2022. – № 4. – P. 24–29.
2. Ovchinnikov, A. N. Povyshenie (optimizatsiya) ehffektivnosti deyatel'nosti organizatsionno-upravlencheskoj struktury zakazchika pri realizatsii tselej i zadach investitsionno-stroitel'nogo projekta [Improving (optimizing) the effectiveness of the organizational and managerial structure of the customer in the implementation of the goals and objectives of the investment and construction project] / A. N. Ovchin-

нии своих прямых обязанностей. Из этого следует вывод, что необходимо внести изменения в систему строительного контроля, направленные на улучшение качества взаимодействия между ее участниками. Конкретно – изменения должны быть связаны с уменьшением уровня конфликтности между участниками существующей системы строительного контроля, со снижением влияния бюрократических процессов на оперативность взаимодействия ее участников и непосредственно с оптимизацией этого взаимодействия для совершенствования оперативности.

Все вышесказанное говорит нам о том, что существующую систему строительного контроля стоит пересмотреть, в частности необходимо откорректировать нормативные и правовые документы с целью устранения выявленных в исследовании факторов. Корректировка документов должна касаться процесса документооборота, а именно регулирования ведения проектной и рабочей документации в электронном формате, с возможностью согласования усиленной квалифицированной электронной подписью [4; 9].

7. 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. – Санкт-Петербург, 2020. – С. 37–45.
8. 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.
9. Кузьмина, Т. К. Особенности использования технологии информационного моделирования при осуществлении строительного контроля / Т. К. Кузьмина, Л. И. Ледовских. – DOI 10.54950/26585340\_2021\_4\_8\_49 // Строительное производство. – 2021. – № 4. – С. 49–53.
10. Features of the use of information modeling technology in the activities of the construction complex enterprises in risk conditions / B. Krustalev, P. Grabovyy, A. Kargin, K. Grabovyy // NEXO Revista Cientifica. – Vol. 35, № 03. – P. 777–786. – URL: <https://www.lamjolinform.info/index.php/NEXO/article/view/15007/17688>.
11. Фомина, Е. Е. Методика обработки результатов анкетирования с использованием методов многомерной и параметрической статистики / Е. Е. Фомина, Н. К. Жиганов. – DOI 10.15593/2224-9354/2017.1.9 // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. – 2017. – № 1. – С. 106–115.

nikov, A. A. Lapidus // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2021. – № 3. – P. 2–8.

3. Zueva, D. D. Unifikatsiya kontrol'nykh meropriyatij pri provedenii stroitel'nogo kontrolya [Unification of control measures during construction control] / D. D. Zueva. – DOI 10.54950/26585340\_2021\_4\_6\_39 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2021. – № 4. – P. 39–43.
4. Topchy, D. V. Kontseptsiya kontrolya kachestva organizatsii stroitel'nykh protsessov pri provedenii stroitel'nogo nadzora na osnove ispol'zovaniya informatsionnykh tekhnologij [The concept of quality control of the organization of construction processes during construction supervision based on the use of information technologies] / D. V. Topchy, A. Y. Tokarsky // Vestnik Evrazijskoj nauki [Bulletin of Eurasian Science]. – 2019. –

- Vol. 11, № 3. – p. 49.
- Oleynik, P. P. Troitel'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. – № 4. – P. 22–27.
  - Lapidus, A. Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov // E3S Web of Conferences «22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019», Tashkent, 18–21 April 2019. – Tashkent, 2019. – Vol. 97. – P. 6–37.
  - 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. ; otv. redaktor A. A. Zarakij [Priority directions of the development of Russian science : materials of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, September 15, 2020 ; editor A. A. Zarakij]. – St. Petersburg, 2020. – P. 37–45.
  - Ruban, I. A. Kontrol' kachestva stroitel'nykh rabot s ispol'zovaniem informatsionnykh tekhnologij [Quality control of construction works using information technologies] / I. A. Ruban // Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika [Modern technologies in construction. Theory and practice]. – 2020. – Vol. 1. – P. 372–377.
  - Kuzmina, T. K. Osobennosti ispol'zovaniya tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya pri osushchestvlenii stroitel'nogo kontrolya [Features of the use of information modeling technology in the implementation of construction control] / T. K. Kuzmina, L. I. Ledovskikh. – DOI 10.54950/26585340\_2021\_4\_8\_49 // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2021. – № 4. – P. 49–53.
  - Features of the use of information modeling technology in the activities of the construction complex enterprises in risk conditions / B. Krustalev, P. Grabovyy, A. Kargin, K. Grabovyy // NEXO Revista Cientifica. – Vol. 35, № 03. – P. 777–786. – URL: <https://www.lamjol.info/index.php/NEXO/article/view/15007/17688>.
  - Fomina, E. E. Metodika obrabotki rezul'tatov anketirovaniya s ispol'zovaniem metodov mnogomernoj i parametricheskoy statistiki [Methodology for processing survey results using methods of multidimensional and parametric statistics] / E. E. Fomina, N. K. Zhiganov. – DOI 10.15593/2224-9354/2017.1.9 // Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Sotsial'no-ehkonomicheskie nauki [Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Socio-economic sciences]. – 2017. – № 1. – P. 106–115.

УДК 69.05

DOI: 10.54950/26585340\_2023\_3\_80

## Информационное моделирование зданий как фактор риска проекта

Building Information Modeling as a Project Risk Factor

### Лapidus Азарий Абрамович

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

Lapidus 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, lapidus58@mail.ru

### Чapidze Отари Джемалиевич

Аспирант кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, cod95@inbox.ru

Chapidze Otari Dzhemalievich

Postgraduate student of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, cod95@inbox.ru

### Рatomская Вера Сергеевна

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

Ratomskaya Vera Sergeevna

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, ratomskaya.vera@mail.ru

**Аннотация.** Современные технологии в строительстве, такие как BIM, позволяют улучшить качество проектирования и строительства, сократить сроки и затраты на проекты. Однако внедрение BIM может также стать фактором риска в проекте.

В данной статье мы рассмотрим причины, почему BIM может стать фактором риска, а также предложим рекомендации по снижению этого риска.

В статье рассмотрена актуальная для России в последнее

время тема – BIM-технологии. Рассматриваются положительные стороны данной платформы, как она помогает облегчить работу в строительной отрасли и с какими трудностями могут столкнуться компании, решившие перейти на BIM.

Проблема внедрения программных комплексов BIM является важной и крайне актуальной для проектных и строительных компаний нашей страны. Информационный подход в разработке проектов открывает новые горизонты в вопросах экономии ресурсов, особенно финансовых и временных.

**Цель исследования.** Необходимо определить и исключить параметры, препятствующие реализации BIM, которые могут привести к фактору риска.

**Материалы и методы.** Для написания данной статьи был проведен анализ научной литературы по теме BIM и рисков в проектах. Были проанализированы научные статьи, книги, отчеты и другие источники, связанные с данной темой.

**Результат.** Данные исследования показывают, что BIM – как фактор риска – играет важную роль в жизненном цикле проекта и занимает особую роль в компании, занимающейся проектной

**Abstract.** Modern technologies in construction, such as BIM, can improve the quality of design and construction, reduce the time and cost of projects. However, the implementation of BIM can also become a risk factor in the project. In this article, we will look at the reasons why BIM can be a risk factor, as well as offer recommendations to reduce this risk.

The article deals with a topic that has recently been relevant for Russia - BIM technologies. The positive aspects of this platform are considered, how it helps to facilitate the work in the construction industry and what difficulties companies may face when they decide to switch to BIM.

The problem of implementing BIM software systems is important and extremely relevant for design and construction companies in our country. The informational approach to project development opens up new horizons in terms of saving resources, especially financial and time.

**Purpose of the study.** Identify and eliminate parameters hindering the implementation of BIM, which can lead to a risk factor.

**Materials and Methods.** To write this article, an analysis of the scientific literature on the topic of BIM and risks in projects was

### Введение

Строительная отрасль является ключевым элементом в экономике развитых стран [1; 2], следовательно, строительная отрасль оказывает существенное влияние на рост населения. В течение десятилетий строительная отрасль страдает от множества проблемных факторов и отстает от других отраслей. Требования заказчика, как правило, не всегда могут достигаться, сдвигаются сроки, затраты превышают бюджет, низкая производительность труда, неэффективная технология производства работ [3], недостаточная защита окружающей среды, плохие условия труда, потеря контроля над безопасностью.

Мы можем заметить, как в последнее время в строительной отрасли появляются все более совершенные механизмы труда, новые технологии, совершенные программные комплексы, постоянные изменения в цепях поставок, и все это ведет к более сложному управлению строительным производством [4]. Многие исследователи стали рассматривать BIM как некую платформу для улучшения координации и сотрудничества между всеми ключевыми участниками строительного производства.

Системы BIM основаны на создании полной параметрической модели, уникальной и централизованной для проектируемого здания или инфраструктуры. Модель состоит из всех необходимых элементов для ее построения, и каждый элемент определяется необходимыми параметрами для его определения (материалы, геометрия, конструктивные системы, оценки...). В BIM-системах представление элемента не рисуется (как, например, четыре линии для столба) – указанный элемент проектируют и включают в модель, оценивая и определяя все его конструктивные параметры. При проектировании с помощью BIM создаются «цифровая конструкция» каждого элемента и его связи с окружающей средой. Более того, модель одновременно подготавливается для разных специалистов и содержит всю необходимую информацию для строительства инфраструктуры или зданий (материалы, расчеты, конструктивные системы, измерения и т. д.). Эта информация параметризована и подлежит отслеживанию изменений, производится управление и контроль документов [5].

В данной статье описано множество проблем, с которыми компании могут столкнуться и понести большие финансовые убытки. В результате исследования определены основные причины, по которым BIM может стать фактором риска в проекте, также даны рекомендации по их смягчению либо устранению.

**Вывод.** С ускорением глобального процесса информатизации инженерно-строительная отрасль переживает значительную технологическую революцию. Важную роль в этой революции играет уровень информатизации строительной отрасли. Результаты, представленные в этом исследовании, могут быть использованы в качестве хорошего фундамента для начала реализации платформы BIM в компании, отображены реальные факторы, которые препятствуют успешному внедрению и реализации BIM-технологий.

**Ключевые слова:** AEC, BIM, BIM-барьеры, BIM-технологии, CAD, информационное моделирование, управление строительством.

carried out. Scientific articles, books, reports and other sources related to this topic were analyzed.

**Result.** These studies show that BIM as a risk factor plays an important role in the life cycle of a project and has a special role in a project company. This article describes many problems that companies can face and suffer large financial losses. As a result of the study, the main reasons why BIM can become a risk factor in a project are identified, as well as recommendations are given for their mitigation or elimination.

**Conclusion.** With the acceleration of the global informatization process, the engineering and construction industry is undergoing an important technological revolution. An important role in this revolution is played by the level of informatization of the construction industry. The results presented in this study can be used as a good foundation for starting the implementation of the BIM platform in a company, showing the real factors that hinder the successful implementation and implementation of BIM technologies.

**Keywords:** AEC, BIM, BIM barriers, BIM technologies, CAD, information modeling, construction management.

Вопросы внедрения BIM (Building Information Modeling) начал свое существование еще в 1970-х годах, первое массовое внедрение пришло вместе с программным комплексом ArchiCAD в 1984 году. Кстати, CAD-технологии были применены в 1982 году, всем нам известный программный комплекс AutoCAD – CAD-технология. Но мы должны понимать, что все это не является звеньями одной эволюционной цепи, массово строительная отрасль начала использовать BIM в 2000-х годах, и с тех пор несколько стран признали преимущества BIM-технологий [6; 7].

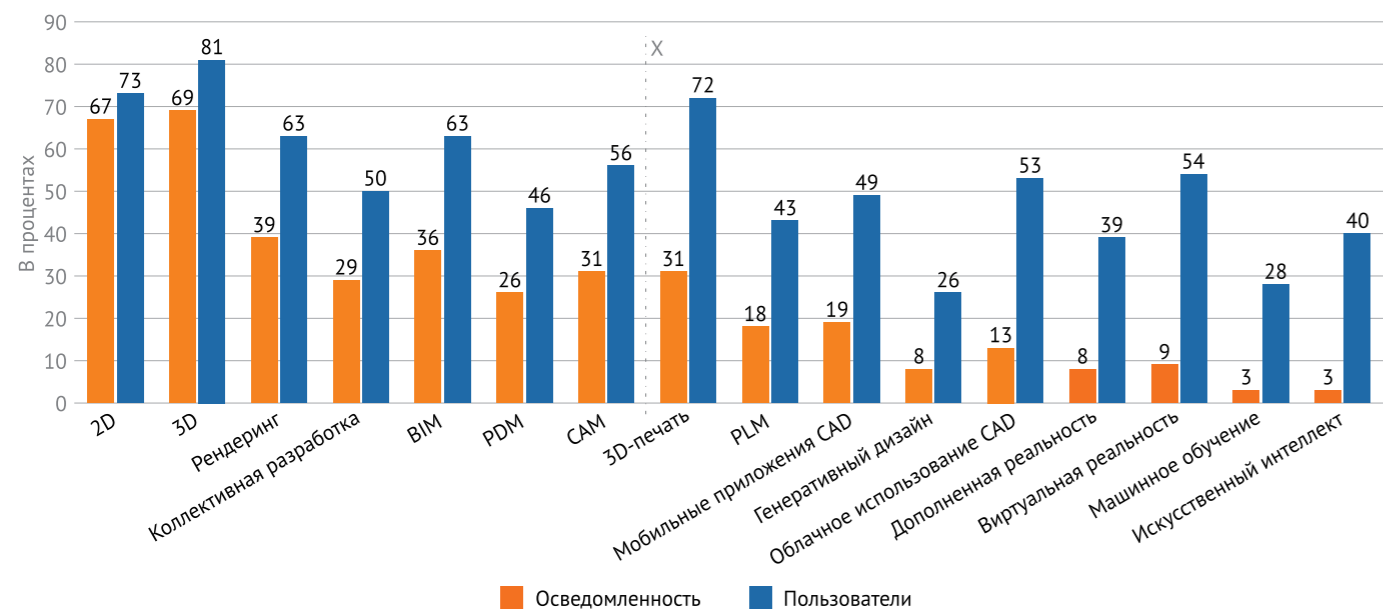


Рис. 1. Диаграмма опроса респондентов  
Fig. 1. Respondent Survey Diagram

Информационное моделирование зданий – BIM – было описано как некий инструмент для управления строительством [8], процессов управления строительством [9; 10] и системы управления строительством [11; 12] с положительным воздействием на строительные проекты, такие как устранение ошибок в проекте, визуализация и обеспечение конструктивного обзора проекта, интеграция процессов и обнаружение коллизий [11; 13].

Кроме того, платформа BIM для разных специалистов содержит всю необходимую информацию для строительства инфраструктуры или зданий (материалы, смета, конструктивные системы, измерения и т. д.). Эта информация параметризирована и подлежит отслеживанию изменений, управлению и контролю рабочих документов.

В этих условиях естественным и оправданным является появление значительного количества исследований, посвященных рискам. Цель этих исследований – изучить влияние технических рисков на безопасность строительства и достижения требуемых характеристик.

#### Материалы и методы

В настоящее время BIM продемонстрировало свою пригодность в улучшении производительности и повышении сотрудничества между различными участниками проекта. BIM считается революционной технологией и процессом управления, зачастую предлагается в качестве потенциального решения текущих важных вопросов [15]. BIM было предложено в качестве инструмента для поддержки стадии предварительного проектирования, визуализации пересечений (они же коллизии), демонстрации последовательности строительства, оценки стоимости, изготовления чертежей, проверки кода и анализа данных. Оно также поддерживает планирование строительства, конструктивность и анализ, скачки стоимости проекта, планирование ресурсов предприятия [16], управление недвижимостью [17], управление проектами, дополненную реальность (VR) для интерактивной визуализации. Кроме того, BIM может обеспечить и безопасность при строительстве [18].

Ежегодно британская фирма Business Advantage проводит опрос среди пользователей САПР о технологиях, которые они используют и планировали бы использовать

в будущем. Для отчета за 2021 год Business Advantage собрала 626 ответов от респондентов по шестнадцати темам (рисунок 1). Опрашиваемым задавались вопросы: знакомы ли они с технологией, важна ли она, используют ли они ее сегодня и планируют ли использовать в будущем.

Среднее значение коэффициента принятия – 44 %. Тенденция для значений выше среднего на графике (слева): осведомленность приводит к использованию.

Тенденция для значений ниже среднего (справа): одной осведомленности еще недостаточно для использования – самые новые технологии используются заметно реже.

Примечательно, что около 27 % не знают о 2D-чертеже, а искусственный интеллект по востребованности на последнем месте, на первом же – 3D-моделирование.

Business Advantage проводит такие исследования каждые пять лет, поэтому они уже могут отслеживать тенденции – какие процессы САПР набирают силу, а какие ослабевают.

Ни одно исследование не обходится без диаграммы разброса, Business Advantage приводит также уровень использования технологий в сопоставлении с факторами. В таком представлении лидирует 3D-моделирование, а искусственный интеллект заметно отстает (рисунок 2).

Из представленной диаграммы видно, что рынок по-прежнему стремится к 3D-моделированию и 2D-чертежам, безусловно растет значимость BIM, важность технологии значительно увеличилась с 2019 года.

Строительная отрасль, как и другие отрасли, извлекает выгоду из информационных и коммуникационных технологий, возможности BIM могут быть предопределены по-разному, в зависимости от того, что требуется заказчику. Основные преимущества по мнению специалистов [6] отображены в таблице 1.

Из этого следует вывод, что около 96 % опрошенных экспертов видят преимущество в использовании BIM-технологии, также можно отметить, что заказчик является единственной стороной, которая получит наивысшую выгоду от использования BIM, что и подтверждает теорию [7].

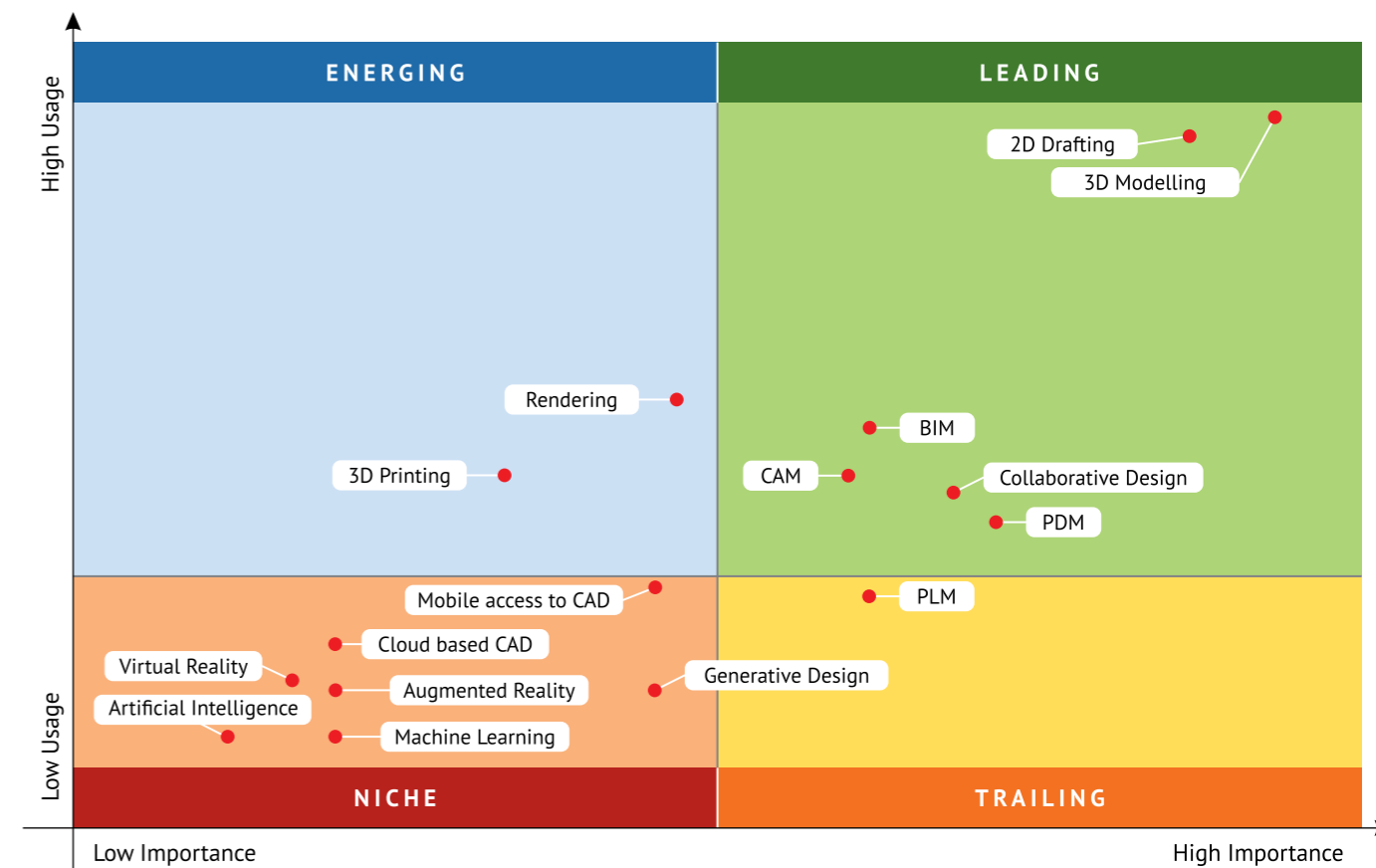


Рис. 2. Диаграмма разброса по версии журнала Business Advantage  
Fig. 2. Scatterplot according to Business Advantage Magazine

Несмотря на преимущества внедрения BIM в строительных проектах и быстрый рост принятия BIM, несколько организаций в развивающихся странах сталкиваются с различными проблемами и препятствиями, мешающими внедрению BIM, что делает его трудоемкой задачей. Барьеры BIM воспринимаются по-разному с разных точек зрения – пользователей BIM и пользователей, не имеющих понятие, что такое BIM вообще [21].

Прежде всего, сопротивление переменам и постоянная привязанность к старым методам работы были отмечены как основные причины непринятия BIM в строительной отрасли. Согласно [21], имеется семь главных барьеров, препятствующих внедрению BIM: совместимость платформ, неверное восприятие функциональности программных комплексов и BIM в целом, непонятные результаты BIM, отказ заказчика от BIM, нехватка компетентных, квалифицированных кадров BIM и потребность в 3D-строительстве.

Пользователи, не использующие на практике BIM, проанализировали существенные проблемы [22], препятствующие реализации BIM, поскольку существует недостаточный опрос, не было достаточного количества времени для оценки BIM, поскольку стремительно меняются технологии и время принятия, адекватной оценки до сих пор получить тяжело. Кроме того, обновления программного и аппаратного обеспечения слишком дорогостоящие. Люди, которые не используют BIM, утверждают, что BIM-функциональность не очень подходит для того, чем они занимаются в профессиональной области, и недостаточно совместима с их форматом производства. В качестве причин [23], препятствующих распространению и внедрению технологий информационного моделирования, называют:

1. Недостаточные знания о BIM, касающиеся текущих и новых технологий;
2. Не все заинтересованные стороны используют BIM;
3. Правовые и договорные проблемы;
4. Изменение рабочих процессов, отсутствие эффективного сотрудничества между участниками проекта;
5. Отсутствие индивидуальных стандартов и четких рекомендаций;
6. BIM требует решительных изменений в структуре компаний;
7. Затраты в начале реализации BIM, приобретение программного комплекса, обновление оборудования и обучение сотрудников;
8. Нехватка специалистов в области BIM, дефицит квалифицированных кадров, подготовленных для работы с BIM-технологиями.

Результаты опроса в группе организаций, не использующих BIM:

1. На вопрос о причинах отказа организации от внедрения BIM-технологии на момент проведения исследования 57 % респондентов в качестве такой причины отметили высокую стоимость внедрения, 50 % – дефицит квалифицированных кадров. Среди данной группы респондентов 1/3 считает работу своей организации на данный момент эффективной и без применения технологий информационного моделирования.
2. 60 % респондентов данной группы планируют внедрение BIM-технологий в перспективе. Для этих целей многие организации планируют обучение и

№	Преимущество BIM	Участники строительства				
		Заказчик	Проектировщик	Подрядчик	Снабжение	Иные заинтересованные стороны
1	Экономия времени	X	X	X	–	X
2	Снижение затрат	X	X	X	–	X
3	Улучшенная оценка бюджетных средств	X	X	X	–	X
4	Улучшение качества работ	X	X	X	X	X
5	Принятие быстрых и правильных решений	X	X	X	X	X
6	Обнаружение пересечений	X	X	X	X	X
7	Улучшенная визуализация, симуляция в интегрированной среде	X	X	X	X	X
8	Одновременная работа нескольких структур	X	X	X	X	X
9	Контроль на всем жизненном цикле объекта	X	X	X	X	X
10	Уменьшение рисков	X	X	X	X	X
11	Поддержка строительного производства и контроль ведения работ	X	X	X	X	X
12	Повышение безопасности	X	–	X	–	X
13	Сокращение запросов на информацию	X	X	X	X	X
14	Заинтересованные стороны всегда в курсе продвижения объекта	X	X	X	X	X
15	Максимум КПД	X	X	X	X	X
16	Доступность данных на всем жизненном цикле проекта	X	X	X	X	X
17	Минимизация изменений	X	X	X	X	X
18	Улучшение логистики	X	–	X	X	X
19	Повышение уровня цена – качество	X	X	X	X	X
20	Улучшенный анализ устойчивости зданий	X	X	X	X	X
21	Креативные и инновационные решения	X	X	X	X	X
22	Автоматизация при сборке	X	–	X	X	X
23	Сокращение отходов	X	X	X	X	X
24	Полное управление объектом	X	X	X	X	X
25	Эксплуатация объекта	X	X	X	X	X
26	Уменьшение судебных дел	X	X	X	X	X
27	Улучшенная точность	X	X	X	X	X
28	Повышение прибыли	X	X	X	X	X
29	Пунктуальность закупки (корректная инвентаризация)	X	X	X	X	X
30	Улучшенное распределение человеческих ресурсов	X	X	X	X	X
31	Быстрая интеграция новой команды (проект, бригада)	X	X	X	X	X
32	Увеличение конкуренции среди проектировщиков	X	X	X	X	X
33	Общая международная платформа	X	X	X	X	X
34	Использование сборных чертежей	X	X	X	–	X
35	Внешняя доступность к модели из любого места и устройства	X	X	X	X	X
36	Соответствие нормативной документации	X	X	X	X	X
37	Применение VR	X	X	X	X	X

Табл. 1. Преимущества BIM по мнению экспертов [19]

Tab. 1. Benefits of BIM according to experts [19]

повышение квалификации сотрудников по технологиям и инструментам BIM.

3. На вопрос о том, какие внутренние или внешние мотивы могут привести организацию к внедрению BIM, основными ответами стали:

- наличие бюджета на внедрение и реорганизацию;
- требования заказчика;
- снижение стоимости программного обеспечения.

Таким образом, финансовый вопрос, связанный с дефицитом финансового ресурса на внедрение, по результатам проведенного исследования стал занимать очень значимое место.

4. 45 % респондентов считают, что BIM позволит им повысить эффективность и укрепить положение на

рынке. 43 % утверждают, что в настоящих условиях переход на BIM экономически не оправдан.

#### Результат

Данные исследования показывают, что BIM – как фактор риска – играет важную роль в жизненном цикле проекта и занимает особую роль в компании, занимающейся проектной деятельностью. В данной статье описано множество проблем, с которыми компании могут столкнуться и понести большие финансовые убытки.

Определены основные причины, по которым BIM может стать фактором риска в проекте:

1. Недостаточная подготовка персонала. Внедрение BIM требует от персонала новых знаний и навыков. Если персонал не готов к работе с BIM, это может привести к ошибкам и задержкам в проекте.

2. Некорректное использование BIM. BIM может быть использовано неправильно, что может привести к ошибкам в проекте. Например, если модель BIM не соответствует реальным условиям строительства, это может привести к ошибкам в проектировании и строительстве.

3. Недостаточная интеграция BIM в проект. BIM должно быть интегрировано во все этапы проекта – от проектирования до строительства и эксплуатации. Если BIM не интегрировано в проект правильно, это может привести к ошибкам и задержкам в проекте.

4. Недостаточная координация между участниками проекта. BIM требует от участников проекта более тесного сотрудничества и координации. Если участники проекта не сотрудничают правильно, это может привести к ошибкам и задержкам в проекте.

#### Рекомендации

Для снижения риска, связанного с BIM в проекте, можно применить следующие рекомендации:

1. Персонал должен быть обучен работе с BIM и получить необходимые знания и навыки, в обязательном порядке провести повышение квалификации сотрудников.
2. BIM должно быть использовано по прямому назначению, с учетом реальных условий строительства и стандартов, необходимо разработать стандарт по проектированию в компании, обозначить правила и шаблоны.
3. Разработать стандарт-координацию между участниками проекта. Участники проекта должны сотрудничать и координировать свои действия, чтобы избежать ошибок и задержек в проекте.

#### Вывод

BIM может стать фактором риска в проекте, если не будет использовано правильно. Однако, если применить информацию, описанную в данной статье, можно снизить

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. BIM compatibility and interoperability challenges in the construction industry: a critical review of an overlooked innovation factor / S. Shirowzhan, S. M. E. Sepasgozar, D. J. Edwards, H. Li, B. Zhong, C. Wang. – DOI 10.1016/j.autcon.2020.103086 // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 112, Iss. 103086.
2. Elhendawi, A. Methodology for BIM implementation in the Kingdom of Saudi Arabia / A. Elhendawi, A. Smith, E. Elbeltagi. – DOI 10.54216/IJBES.020101 // International Journal of BIM and Engineering Science. – 2019. – Vol. 2, Iss. 1. – P. 1–20.
3. Чапидзе, О. Анализ факторов риска в строительной отрасли / О. Чапидзе, А. Липидус // Русский инженер. – 2020. – № 2 (67). – С 45–48.
4. Olugboyege, O. Model for creating cloud-BIM environment in aec firms: a grounded theory approach / O. Olugboyege, E. D. Omopariola, O. J. Ilori. – DOI 10.12691/ajcea-7-3-5 // American Journal of Civil Engineering and Architecture. – 2019. – Vol. 7, № 3. – P. 146–151.
5. SPHERE: BIM Digital Twin Platform / R. Alonso, M. Borrás, R. H. E. M. Koppelaar, A. Lodigiani, E. Loscos, E. Yöntem. – 2019. – Vol. 20 (1), Iss. 9. – URL: <https://doi.org/10.3390/proceedings2019020009>.
6. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling / C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston. – 2nd ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2011. – 624 p.
7. BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, architects, engineers, contractors, and

риск, связанный с BIM в проекте. Внедрение BIM может привести к улучшению качества проектирования и строительства, сокращению сроков и затрат на проекты.

Результаты, представленные в этом исследовании, могут быть использованы в качестве хорошего фундамента для начала реализации платформы BIM в компании, отображены реальные факторы, которые препятствуют успешному внедрению и реализации BIM-технологий.

Государство должно активнее сотрудничать с частными компаниями, принимать участие по внедрению и реализации BIM, особенно это касается повышения качества образования в этой области, сотрудничества с поставщиками программных комплексов, университеты должны тесно сотрудничать с такими корпорациями.

В настоящее время в строительной отрасли основное внимание уделяется устранению потерь и неэффективности для повышения качества и прибыльности. В этом исследовании подробно описаны преимущества и недостатки BIM, и именно поэтому данная платформа рассматривается как фактор риска.

Стремительное развитие информационных технологий в строительстве позволяет обмениваться информацией на протяжении всего жизненного цикла строительных проектов.

С ускорением глобального процесса информатизации инженерно-строительная отрасль переживает важную технологическую революцию. Важную роль в этой революции играет уровень информатизации строительной отрасли.

Применение технологии BIM в области строительства станет неизбежной тенденцией и будет широко использоваться в будущем при проектировании и строительстве зданий. Считается, что с развитием и совершенствованием технологии BIM машиностроение и строительство смогут войти в новую эру.

- fabricators / C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston. – 1st ed. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, Inc., 2008. – 490 p.
8. Aligning building information model tools and construction management methods / T. Hartmann, H. Van Meerveld, N. Vosseveld, A. Adriaanse // Automation in Construction. – 2012. – Vol. 22. – P. 605–613.
9. Chen, L. A BIM-based construction quality management model and its applications / L. Chen, H. Luo // Automation in Construction. – 2014. – Vol. 46. – P. 64–73.
10. Omar, H. Creating a sustainable future: Solutions for the construction waste in the Greater Cairo / H. Omar, M. Dulaimi // The first international conference of the CIB-MENA research network, Abu Dhabi University, 14–16 December 2014. – 2015. – P. 281–305.
11. Olugboyege, O. A building information modelling-integrated model of construction project performance indicators / O. Olugboyege, A. Windapo // The Construction Industry in the Fourth Industrial Revolution: Construction Industry Development Board Postgraduate Research Conference CIDB 2019, Springer, Cham; Eds C. Aigbavboa, W. Thwala. – 2019. – P. 144–157.
12. A framework for proactive construction defect management using BIM augmented reality and ontology-based data collection template / C. S. Park, D. Y. Lee, O. S. Kwon, X. Wang // Automation in Construction. – 2013. – Vol. 33. – P. 61–71.
13. Al-Saeed, Y. Automating construction manufacturing procedures using BIM digital objects (BDOs): Case study of knowledge transfer partnership project in UK / Y. Al-Saeed,

- D. Edwardsand, S. Scaysbrook. – DOI 10.1108/CI-12-2019-0141 // Construction Innovation. – 2020. – Vol. 20, № 3. – P. 345–377.
14. Чапидзе, О. Д. Влияние факторов риска на параметры жизненного цикла многоэтажного жилого здания / О. Д. Чапидзе // Строительное производство. – 2022. – № 1. – С. 59–62.
15. Azhar, S. Building information modelling (BIM): now and beyond / S. Azhar, M. Khalfan, T. Maqsood. – DOI <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v12i4.3032> // Construction Economics and Building. – 2015. – Vol. 12, № 4. – P. 15–28.
16. Elbeltagi, E. Integrated visualized time control system for repetitive construction projects / E. Elbeltagi, M. Dawood. – DOI 10.1016/j.autcon.2011.03.012 // Automation in Construction. – 2011. – Vol. 20, Iss. 7. – P. 940–953.
17. Ganah, A. Integrating building information modeling and health and safety for onsite construction / A. Ganah, G. John. – DOI 10.1016/j.shaw.2014.10.002 // Safety and health at work. – 2015. – Vol. 6, Iss. 1. – P. 39–45.
18. Practical approach for paving the way to motivate BIM non-users to adopt BIM / A. Elhendawi, H. Omar, E. Elbeltagi, A. Smith. – DOI 10.54216/IJBES.020201 // International Journal of BIM and Engineering Science. – 2019. – Vol. 2,

## REFERENCES

1. BIM compatibility and interoperability challenges in the construction industry: a critical review of an overlooked innovation factor / S. Shirowzhan, S. M. E. Sepasgozar, D. J. Edwards, H. Li, B. Zhong, C. Wang. – DOI 10.1016/j.autcon.2020.103086 // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 112, Iss. 103086.
2. Elhendawi, A. Methodology for BIM implementation in the Kingdom of Saudi Arabia / A. Elhendawi, A. Smith, E. Elbeltagi. – DOI 10.54216/IJBES.020101 // International Journal of BIM and Engineering Science. – 2019. – Vol. 2, Iss. 1. – P. 1–20.
3. Chapidze, O. Analiz faktorov riska v stroitel'noj otrasli [Analysis of engineer factors in the construction industry] / O. Chapidze, A. Lapidus // Russkij inzhener [Russian Engineer]. – 2020. – № 2 (67). – P. 45–48.
4. Olugboyega, O. Model for creating cloud-BIM environment in aec firms: a grounded theory approach / O. Olugboyega, E. D. Omopariola, O. J. Ilori. – DOI 10.12691/ajcea-7-3-5 // American Journal of Civil Engineering and Architecture. – 2019. – Vol. 7, № 3. – P. 146–151.
5. SPHERE: BIM Digital Twin Platform / R. Alonso, M. Borrás, R. H. E. M. Koppelaar, A. Lodigiani, E. Loscos, E. Yöntem. – 2019. – Vol. 20 (1), Iss. 9. – URL: <https://doi.org/10.3390/proceedings2019020009>.
6. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling / C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston. – 2nd ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2011. – 624 p.
7. BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, architects, engineers, contractors, and fabricators / C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston. – 1st ed. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, Inc., 2008. – 490 p.
8. Aligning building information model tools and construction management methods / T. Hartmann, H. Van Meerveld, N. Vossebeld, A. Adriaanse // Automation in Construction. – 2012. – Vol. 22. – P. 605–613.
9. Chen, L. A BIM-based construction quality management model and its applications / L. Chen, H. Luo // Automation in Construction. – 2014. – Vol. 46. – P. 64–73.
10. Omar, H. Creating a sustainable future: Solutions for the construction waste in the Greater Cairo / H. Omar, M. Dulaimi // The first international conference of the CIB-MENA research network, Abu Dhabi University, 14–16 December 2014. – 2015. – P. 281–305.

Iss. 2. – P. 01–22.

19. Building information modelling adoption: an analysis of the barriers to implementation / R. Eadie, H. Odeyinka, M. Browne, C. Mckeown, M. Yohanis // Journal of Engineering and Architecture. – 2014. – Vol. 2, Iss. 1. – P. 77–101.
20. The business value of BIM in North America: multi-year trend analysis and user ratings (2007-2012) : Smart Market Report. – New York : McGraw-Hill Construction, 2012. – 70 p.
21. Banawi, A. Barriers to Implement Building Information Modeling (BIM) in Public Projects in Saudi Arabia / A. Banawi // Advances in Human Factors, Sustainable Urban Planning and Infrastructure : International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE 2017. – 2017. – Vol. 600. – P. 119–125.
22. Особенности внедрения BIM-технологии в отечественные организации / А. Е. Перцева, А. А. Волкова, Н. С. Хижняк, Н. С. Астафьева // Интернет-журнал «Науковедение». – 2017. – Т. 9, № 6. – С. 51.
23. A principal-agent theory perspective on PPP risk allocation / A. Shrestha, J. Tamosaitiene, I. Martek, M. R. Hosseini, D. Edwards. – DOI 10.3390/su11226455 // Sustainability. – 2019. – Vol. 11. – P. 6455.
24. Olugboyega, O. A building information modelling-integrated model of construction project performance indicators / O. Olugboyega, A. Windapo // The Construction Industry in the Fourth Industrial Revolution : Construction Industry Development Board Postgraduate Research Conference CIDB 2019, Springer, Cham ; Eds C. Aigbavboa, W. Thwala. – 2019. – P. 144–157.
25. A framework for proactive construction defect management using BIM augmented reality and ontology-based data collection template / C. S. Park, D. Y. Lee, O. S. Kwon, X. Wang // Automation in Construction. – 2013. – Vol. 33. – P. 61–71.
26. Al-Saeed, Y. Automating construction manufacturing procedures using BIM digital objects (BDOs): Case study of knowledge transfer partnership project in UK / Y. Al-Saeed, D. Edwardsand, S. Scaysbrook. – DOI 10.1108/CI-12-2019-0141 // Construction Innovation. – 2020. – Vol. 20, № 3. – P. 345–377.
27. Chapidze, O. D. Vliyaniye faktorov riska na parametry zhiznennogo tsikla mnogoetazhnogo zhilogo zdaniya [The Influence of Risk Factors on the Parameters of the Life Cycle of a Construction Object] / O. D. Chapidze // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2022. – № 1. – P. 59–62.
28. Azhar, S. Building information modelling (BIM): now and beyond / S. Azhar, M. Khalfan, T. Maqsood. – DOI <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v12i4.3032> // Construction Economics and Building. – 2015. – Vol. 12, № 4. – P. 15–28.
29. Elbeltagi, E. Integrated visualized time control system for repetitive construction projects / E. Elbeltagi, M. Dawood. – DOI 10.1016/j.autcon.2011.03.012 // Automation in Construction. – 2011. – Vol. 20, Iss. 7. – P. 940–953.
30. Ganah, A. Integrating building information modeling and health and safety for onsite construction / A. Ganah, G. John. – DOI 10.1016/j.shaw.2014.10.002 // Safety and health at work. – 2015. – Vol. 6, Iss. 1. – P. 39–45.
31. Practical approach for paving the way to motivate BIM non-users to adopt BIM / A. Elhendawi, H. Omar, E. Elbeltagi, A. Smith. – DOI 10.54216/IJBES.020201 // International Journal of BIM and Engineering Science. – 2019. – Vol. 2, Iss. 2. – P. 01–22.
32. Building information modelling adoption: an analysis of the barriers to implementation / R. Eadie, H. Odeyinka, M. Browne, C. Mckeown, M. Yohanis // Journal of Engineering and Architecture. – 2014. – Vol. 2, Iss. 1. – P. 77–101.
33. The business value of BIM in North America: multi-year trend

analysis and user ratings (2007-2012) : Smart Market Report. – New York : McGraw-Hill Construction, 2012. – 70 p.

21. Banawi, A. Barriers to Implement Building Information Modeling (BIM) in Public Projects in Saudi Arabia / A. Banawi // Advances in Human Factors, Sustainable Urban Planning and Infrastructure : International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE 2017. – 2017. – Vol. 600. – P. 119–125.
22. Osobennosti vnedreniya BIM-tehnologii v otechestvennyye

УДК 69

## Влияние уровня спортивной подготовки на профессиональную деятельность строителя

Influence of the Level of Sports Training for the Professional Activity of a Builder

Муря Вадим Александрович

Кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Технологии и организация строительного производства», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, v.murya@niexp.com

Murya Vadim Aleksandrovich

Candidate of Engineering Sciences, Lecturer of the Department of Technologies and Organization Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, v.murya@niexp.com

Топчий Даниил Дмитриевич

Студент балакавриата, ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», РУТ (МИИТ), Россия, 127994, ГСП-4, Москва, улица Образцова, 9, строение 9, danya.topchij@yandex.ru

Topchiy Daniil Dmitrievich

Student, Russian University of Transport, RUT (MIIT), Russia, 127994, GSP-4, Moscow, Obratsova ulitsa, 9, building 9, danya.topchij@yandex.ru

Валитова Юлия Рустемовна

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

Valitova Yulia Rustemovna

Student, Department of Technologies and Organization Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Russia, 129337, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, valitovamf@mail.ru

**Аннотация.** Испокон веков человек вел активный образ жизни. И вне зависимости от того, жил ли он собирательством или активно охотился, вел оседлый или же кочевой образ жизни, весь день человек, как сказали бы сейчас, «активно сжигал калории».

Но несмотря на кажущуюся примитивность жизни древнего человека, постепенно в лидеры выходили самые выносливые и меткие охотники, самые сильные и ловкие воины. Именно им по праву «вожаков» доставались в жены самые красивые и здоровые девушки. В результате подобных браков рождались еще более сильные дети, подтверждающие право их семей быть лидерами общин на протяжении веков.

Столетиями физиологические способности человека повышались. Это нашло свое отражение в различных сферах деятельности. Наравне со строительной деятельностью, наиболее ярким примером подобного развития стали спортивные дости-

**Abstract.** From time immemorial, man has led an active lifestyle. And regardless of whether he lived by gathering or actively hunting, led a sedentary or nomadic lifestyle, all day a person, as they would say now, «actively burned calories».

But despite the seeming primitiveness of the life of ancient man, the most hardy and accurate hunters, the strongest and most agile warriors gradually became leaders. It was they who, by right of the «leaders», got the most beautiful and healthy girls as wives.

organizatsii [Features of the implementation of BIM technology in domestic organizations] / A. E. Pertseva, A. A. Volkova, N. S. Khizhnyak, N. S. Astafyeva // Internet-zhurnal «Naukovedenie» [Online journal of Science Studies]. – 2017. – Vol. 9, № 6. – P. 51.

23. A principal-agent theory perspective on PPP risk allocation / A. Shrestha, J. Tamosaitiene, I. Martek, M. R. Hosseini, D. Edwards. – DOI 10.3390/su11226455 // Sustainability. – 2019. – Vol. 11. – P. 6455.

DOI: 10.54950/26585340\_2023\_3\_87

workers were the creation of norms describing the need for labor resources for a certain type of work.

It is advisable to compare the growth of labor productivity during construction and installation works and the growth of sports achievements in which there is no or minimal use of auxiliary tools or sports equipment.

### Введение

Если посмотреть на советскую эпоху, то уже начиная с 20-х годов прошлого века началось формирование норм производительности труда, основанных на физических возможностях выполнения тех или иных строительных работ рабочими [1]. В разные годы эти нормы назывались по-разному. В 1929 году молодой советской властью были созданы «Временные правила и нормы проектирования и возведения зданий и сооружений» [2]. В 1930 году они претерпели ряд изменений и дополнений и получили название «Правила и нормы застройки населенных мест, проектирования и возведения зданий и сооружений» [3]. И в 1954 году впервые были изданы «Строительные нормы и правила» [4].

### Материалы и методы

Одновременно с данными нормативными документами создавалась и активно развивалась базовая система хронометража и нормирования каждого отдельного вида работ – от разработки грунта вручную до монтажа панельных зданий башенными кранами. Но при первых попытках определить производительность труда появилось несколько проблем. И одной из наиболее сложной из них оказалась разная физическая подготовка людей, привлеченных для замеров. Одна бригада каменщиков производила каменные работы за 8-часовую рабочую смену больше, чем другая, аналогичная по численному составу. Также в ходе подобных замеров выяснилось, что не каждая бригада смогла повторить вчерашнюю производительность и на следующий день. Люди настолько уставали в первый день замеров, что на следующий день просто физически не могли выйти на работу.

В спорте подобная проблематика была к этому времени уже хорошо изучена. И с научной, и с практической точек зрения тренеры знали, как подготовить и оценить физические способности человека. Однако применить имеющийся опыт в гражданских профессиях еще не могли. Именно поэтому для создания системного подхода к формированию нормативной документации по производительности труда в различных сферах в 1955 году был создан Научно-исследовательский институт труда, сейчас он называется Всероссийский научно-исследовательский институт труда Минтруда (ФГБУ «ВНИИ труда»).

Именно эта организация стала во главе совершенствования и развития целого ряда норм. В строительной отрасли таким документом стали Единые нормы и расценки (ЕНиРы), которые на основе производительности рабочих определяли объем производимой продукции в единицу времени и, как следствие, стоимость этих работ.

### Результаты

В революционный период развития строительной отрасли требования по расходу строительных материалов, потребности в инструменте, оборудовании и затратах труда были описаны в Урочных положениях, которые стали прообразом нормативной документации.

Для расчета производительности труда была сформирована и утверждена методика определения норм затрат

The article considers a comparison of the productivity growth of a bricklayer and the improvement of records in the discipline of high jumping among men.

**Keywords:** labor intensity, labor productivity, physiological development, human development, uniform norms, prices.

труда. Основой расчета этих норм стало определение способности отдельного человека выполнять работы. При этом рассчитывалось, какое количество калорий сжигает человек и способен ли организм этого же человека перерабатывать аналогичное количество калорий в следующие дни.

Подобный подход был взят из классической советской методики подготовки спортсменов, на основе которой формировали планы тренировки. И продолжая аналогию со спортом, в строительстве приняли структуру подготовки специализированных бригад, которые изо дня в день выполняли одинаковую работу. При этом их производительность повышалась по двум соображениям. В-первых, оттачивались навыки и уходили так называемые «паразитные» действия, т. е. те, что не относятся к самой работе [5]. Во-вторых, тренировались определенные мышцы и общая выносливость организма, позволяющая выполнять большее количество производственных действий с меньшими энергетическими потерями.

В качестве примера можно рассмотреть изменения производительности труда при осуществлении каменных работ [6]. В IX разделе приведены каменные работы. Если не рассматривать затраты труда на подготовку (обтесывание камней), то в III главе параграфа 396 потребность в рабочей силе указана 1,8 человеко-дня на один кубический сажень, что соответствует 1,92 м<sup>3</sup>. Соответственно, производительность каменщика в 1869 году была 1,067 м<sup>3</sup>/чел.-смену. Стоит отметить, что продолжительность смены в тот период времени не нормировалась.

В послевоенный период впервые нормативная документация была обновлена в 1954 году выходом строительных норм и правил, согласно которым затраты звена каменщика составляли 5,51 м<sup>3</sup>/чел.-смену, что соответствует 1,84 м<sup>3</sup>/чел.-смену на каждого специалиста.

В ЕНиРе 1984 года, разработанных институтом МНИИТЭП ГлавАПУ Мосгорисполкома под методическим руководством НИИЭС Госстроя СССР и отделом сметных норм и ценообразования в строительстве Госстроя СССР, затраты труда составили 5,89 м<sup>3</sup>/чел.-смену. Однако стоит учесть, что затраты приведены на выполнение работ звеном-тройкой, т. е. в пересчете на одного каменщика – 1,96 м<sup>3</sup>/чел.-смену.

В обновленных ЕНиРе 1986 года «Сборник ЕЗ. Каменные работы», разработанных Центральным бюро нормативов по труду в строительстве (ЦБНТС) при Всесоюзном научно-исследовательском и проектном институте труда в строительстве (ВНИПИ труда) Госстроя СССР,

№ пп.	Годы выпуска нормативной документации	Производительность труда* м <sup>3</sup> /чел.-смену
1	1869	1,067
2	1954	1,84
3	1984	1,96
4	1986	2,02

\*Данные приведены из расчета на одного каменщика в звене

Табл. 1. Изменение производительности труда каменщика  
Tab. 1. Change in labor productivity of a bricklayer

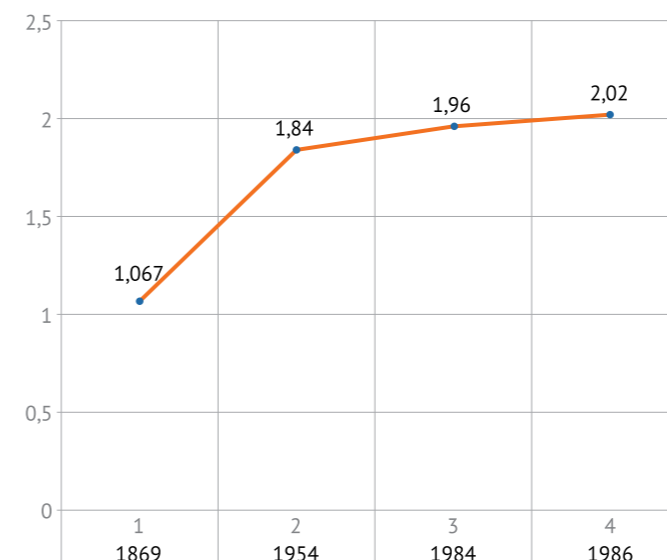


Рис. 1. Производительность труда, м<sup>3</sup>/чел.-смену  
Fig. 1. Labor productivity, m<sup>3</sup>/person-shift

затраты труда в пересчете на одного каменщика уже 2,02 м<sup>3</sup>/чел.-смену.

Таким образом, можно сформировать определенную зависимость (таблица 1) возрастания производительности труда практически за 100 лет, с конца XIX до конца XX веков, пока нормы регулярно актуализировались.

В спорте развитие физиологических возможностей человека также проходило активно [7]. Для оценки темпов развития человека рассмотрим рекорды Олимпийских игр в прыжке с шестом у мужчин [8]. Для наглядности

№ пп.	Год проведения Олимпиады	Результат, м
1	1896	3,30
2	1900	3,30
3	1904	3,30
4	1908	3,71
5	1912	3,95
6	1920	4,09
7	1924	3,95
8	1928	4,20
9	1932	4,315
10	1936	4,35
11	1948	4,30
12	1952	4,55
13	1956	4,56
14	1960	4,70
15	1964	5,10
16	1968	5,40
17	1972	5,50
18	1976	5,50
19	1980	5,78
20	1984	5,75
21	1988	5,90
22	1992	5,80
23	1996	5,92
24	2000	5,90
25	2004	5,95
26	2008	5,96
27	2012	5,97
28	2016	6,03
29	2020	6,02

Табл. 2. Результаты победителей Олимпийских игр по прыжкам с шестом среди мужчин

Tab. 2. The results of the winners of the Olympic Games in pole vault among men

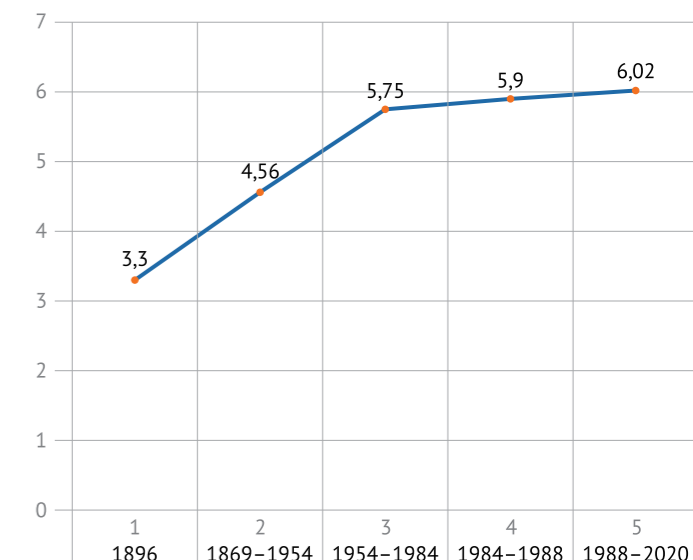


Рис. 2. Результаты победителей Олимпийских игр по прыжкам с шестом среди мужчин  
Fig. 2. Results of the winners of the Olympic Games in men's pole vault

сведем результаты победителей в табличную форму (таблица 2).

Как мы видим, прослеживается аналогия повышения спортивных результатов [9]. Причем так же, как и в каменной кладке, стоит отметить изменение применяемого инвентаря, который также влияет на повышение производительности, однако не кардинальным способом.

Произведя графическое сравнение повышения производительности каменщиков и повышения результатов у спортсменов, можно утверждать об одинаковом характере и общем темпе развития человека (рисунок 3).

Стоит отметить, что начиная с 50-х годов прошлого века, т. е. с момента системного формирования затрат труда в строительстве, производительность труда многократно изменялась. Связано это было не только с изменением уровня оснащённости инструментом и оборудованием, но и с увеличением физического развития и выносливости

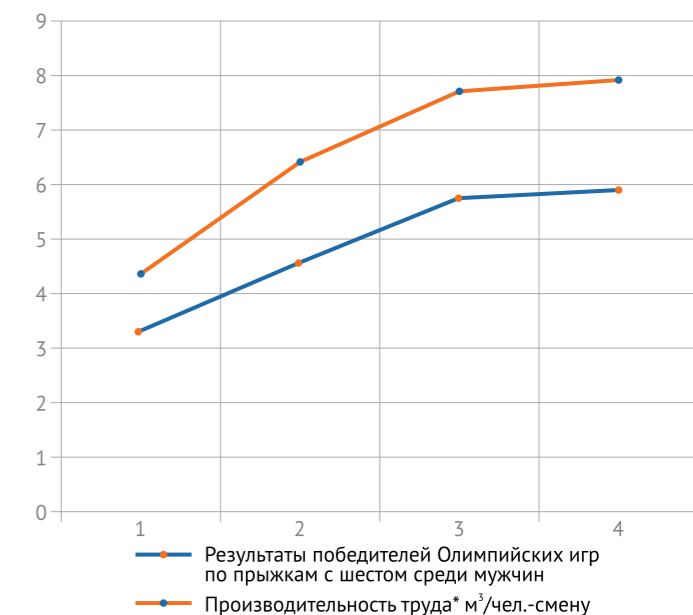


Рис. 3. Сравнение повышения производительности каменщиков и повышения результатов у спортсменов  
Fig. 3. Comparison of performance enhancement in bricklayers and performance enhancement in athletes

людей. Так же, как и в спорте, невозможно сравнивать спортивные результаты в различных видах, полученные в середине прошлого века и сегодня.

#### Заключение

К сожалению, в настоящее время изучением физиологии в строительстве никто не занимается. Актуализация ЕНиРов остановилась в конце 90-х годов [7]. И обновление всей нормативной базы в строительстве производится исключительно на основе производительности машин, механизмов и оборудования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aggelousis, N. Modifications of neuromuscular activity and improvement in performance of a novel motor skill / N. Aggelousis, G. Mavromatis, V. Gourgoulis // *Perceptual and Motor Skills*. – 2001. – Vol. 93, № 1. – P. 239–248.
2. Временные правила и нормы проектирования и возведения зданий и сооружений / Строительная комиссия РСФСР. – Москва : «Плановое хозяйство» Госплана СССР, 1929 (3-я тип. Транспечати). – 40 с. – Издание официальное.
3. Правила и нормы застройки населенных мест, проектирования и возведения зданий и сооружений / Строительная комиссия РСФСР. – Москва : Гос. техн. изд-во, 1930 (10-я тип. Мосполиграф «Заря коммунизма»). – 87 с. – Издание официальное.
4. Строительные нормы и правила : для обязательного применения с 1 янв. 1955 г. / Гос. ком. Совета Министров СССР по делам строительства. – Москва : Гос. изд-во лит. по стр-ву и архитектуре, 1954–1958. – 10 т.
5. Балабанова, Г. Г. Подходы к пониманию производительности труда и факторов, влияющих на ее рост / Г. Г. Балабанова, Е. Н. Чижова // *Вестник Алтайской академии экономики и права*. – 2022. – № 10 (часть 2) – С. 221–228.

#### REFERENCES

1. Aggelousis, N. Modifications of neuromuscular activity and improvement in performance of a novel motor skill / N. Aggelousis, G. Mavromatis, V. Gourgoulis // *Perceptual and Motor Skills*. – 2001. – Vol. 93, № 1. – P. 239–248.
2. Vremennye pravila i normy proektirovaniya i vozvedeniya zdaniy i sooruzhenij [Temporary rules and norms for the design and construction of buildings and structures] / Stroitel'naya komissiya RSFSR [Construction Commission of the RSFSR]. – Moscow : «Planovoe khozayjstvo» Gosplana SSSR, 1929 (3-ya tip. Transpechati). – 40 p. – The publication is official.
3. Pravila i normy zastrojki naselennykh mest, proektirovaniya i vozvedeniya zdaniy i sooruzhenij [Rules and norms for the development of settlements, design and construction of buildings and structures] / Stroitel'naya komissiya RSFSR [Construction Commission of the RSFSR]. – Moscow : State Technical University publishing house, 1930 (10th type. Mospoligraph «Dawn of Communism»). – 87 p. – The publication is official.
4. Stroitel'nye normy i pravila [Building codes and regulations] : dlya obyazatel'nogo primeneniya s 1 yanv. 1955 g. [for mandatory use from January 1, 1955] / Gos. kom. Soveta Ministrov SSSR po delam stroitel'stva [State. com. Council of Ministers of the USSR for Construction]. – Moscow : State Publishing House lit. on the page and architecture, 1954–1958. – 10 vols.
5. Balabanova, G. G. Podkhody k ponimaniyu proizvoditel'nosti truda i faktorov, vliyayushhikh na ee rost [Approaches to understanding labor productivity and factors affecting its growth] / G. G. Balabanova, E. N. Chizhova // *Vestnik Altajskoj akademii ehkonomiki i prava* [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law]. – 2022. – № 10 (part 2) – P. 221–228.

Но положительным наследием прошлых лет стало особое отношение к спортивным кафедрам во всех строительных учебных заведениях, которые основывались на физическом развитии и воспитании специалистов рабочих и инженерных специальностей. Стоит и дальше уделять особое место физическому воспитанию молодежи, поскольку повышение уровня труда и производительности напрямую зависит от физического развития человека [10].

6. Урочное положение для строительных работ : Высочайше утверждено 17-го Апрѣля 1869 года. – С.-Петербург : Типографія Правительствующаго Сената, 1895.
7. Использование комплексных бригад с целью оптимизации сроков строительства и ввода в эксплуатацию многоэтажных жилых домов / А. А. Лapidус, В. С. Ратомская, В. С. Зенов, А. Н. Романенков // *Московский экономический журнал*. – 2019.
8. Mironov, V. V. The levels of the methodology knowledge as the scientific basis of the empirical investigations in the sphere of physical training // V. V. Mironov, V. L. Pashuta / *Актуальные проблемы физической подготовки силовых структур*. – 2007. – № 1. – P. 26–31.
9. Marishchuk, V. L. The expression of psycho cognitive processes and behavioural reactions while the expressed emotions // V. L. Marishchuk, L. V. Marishchuk, E. N. Kurjanovich / *Актуальные проблемы физической подготовки силовых структур*. – 2007. – № 2. – P. 65–67.
10. Цыганенко, Э. И. Пути повышения эффективности и качества преподавания физической культуры в вузе / Э. И. Цыганенко // *Вестник московского университета МВД России*. – 2007. – № 4. – С. 135–136.

6. Urochnoe polozhenie dlya stroitel'nykh rabot [The fixed position for construction works] : Vysochajshje utverzhdeno 17-go Aprĕlya 1869 goda [Most highly approved on April 17, 1869]. – St. Petersburg : Tipografiya Pravitel'stvuyushhago Senata [Printing house of the Governing Senate], 1895.
7. Ispol'zovanie kompleksnykh brigad s tsel'yu optimizatsii srokov stroitel'stva i vvoda v ehkspluatatsiyu mnogoetazhnykh zhilykh domov [The use of complex brigades in order to optimize the timing of construction and commissioning of multi-storey residential buildings] / A. A. Lapidus, V. S. Ratomskaya, V. S. Zenov, A. N. Romanenkov // *Moskovskij ehkonomicheskij zhurnal* [Moscow Economic Journal]. – 2019.
8. Mironov, V. V. The levels of the methodology knowledge as the scientific basis of the empirical investigations in the sphere of physical training // V. V. Mironov, V. L. Pashuta / *Aktual'nye problemy fizicheskoy podgotovki silovykh struktur* [Actual problems of physical training of power structures]. – 2007. – № 1. – P. 26–31.
9. Marishchuk, V. L. The expression of psycho cognitive processes and behavioural reactions while the expressed emotions // V. L. Marishchuk, L. V. Marishchuk, E. N. Kurjanovich / *Aktual'nye problemy fizicheskoy podgotovki silovykh struktur* [Actual problems of physical training of power structures]. – 2007. – № 2. – P. 65–67.
10. Tsyganenko, E. I. Puti povysheniya ehffektivnosti i kachestva prepodavaniya fizicheskoy kul'tury v vuze [Ways to improve the efficiency and quality of teaching physical culture at the university] / E. I. Tsyganenko // *Vestnik moskovskogo universiteta MVD Rossii* [Bulletin of the Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia]. – 2007. – № 4. – P. 135–136.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Статья или ее части не должны быть ранее опубликованы или находиться на рассмотрении в других изданиях. Автор несет ответственность за соответствие информации, содержащейся в представленных документах.
2. Статьи должны содержать результаты научных исследований, аналитику, описание проектов и др. в области технического регулирования в строительстве.
3. Статью необходимо представить в электронном виде.
4. Перед названием статьи должен быть указан индекс УДК.
5. Название статьи, Ф. И. О. авторов, аннотацию, ключевые слова, название таблиц и иллюстраций следует приводить на русском и английском языках.
6. На отдельном листе нужно представить сведения об авторах: фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, звание, должность, место работы, почтовый адрес, телефон и адрес электронной почты.
7. Объем рукописи не должен превышать 20 страниц (файл в формате .doc в MS Word).
8. Текст статьи должен быть напечатан следующим образом: с подрисовочными подписями, номерами рисунков и необходимыми пояснениями к ним; шрифт – Times New Roman, 12 пт., межстрочный интервал – полуторный.
9. Рисунки с подрисовочными подписями и номерами следует направлять отдельными файлами в формате .jpeg (разрешение не менее 300 dpi). Имя файла должно соответствовать наименованию или номеру рисунка в тексте статьи.
10. Библиографический список на русском и английском языках должен включать только литературу, цитируемую в статье. Ссылки на источники следует приводить в тексте в квадратных скобках. Список оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.5 - 2008.

Страна: Россия    Город: Москва  
ПЕРИОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ (4 ВЫПУСКА В ГОД)

ISSN 2658-5340 (Print)

## Научно-технический журнал «Строительное производство» издается с 2010 года под следующими наименованиями:

с 2010 года – «Техническое регулирование. Строительство.  
Проектирование. Изыскания»

с 2012 года – «Технология и организация строительного производства»

с 2019 года – «Строительное производство»

**Издатель: ООО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР»**

**Учредитель Ефимов В. В.**

**Главный редактор Липидус А. А.**

**Выпускающий редактор Бабушкина Д. Д.**

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере  
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор)

**Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77 – 75299  
от 25.03.2019 Эл № ФС 77 – 75165 от 22.02.2019**

Цитирование, частичное или полное воспроизведение материалов  
только с согласия редакции

Авторы опубликованных материалов несут ответственность  
за достоверность приведенных в статьях сведений, точность данных  
по цитируемой литературе и за использование в статьях данных,  
не подлежащих открытой публикации

Редакция может опубликовать статьи в порядке обсуждения,  
не разделяя точку зрения автора

Редакция не несет ответственности за содержание рекламы  
и объявлений

**СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО 3 (47) 2023**  
Дата публикации: 18 июня 2023 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 верстка: Соколов А. Е.



Телефон: +7 (495) 162 61 02  
e-mail: [info@build-pro.press](mailto:info@build-pro.press)  
сайт журнала: [www.build-pro.press](http://www.build-pro.press)

127018, РФ, Москва, Суцевский вал,  
д. 16, стр. 5, этаж 4, кабинет 405  
сайт издательства: [www.mosnec.com](http://www.mosnec.com)

© Редакция научно-технического журнала «Строительное производство», 2023