

ISSN 2658-5340 (Print)



СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с 2010 г.

**№3
2020**

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

Журнал включен в Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ)



**Лapidус
Азарий Абрамович**
ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

- АБРАМОВ И. Л.** - канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
- ГИНЗБУРГ А. В.** - д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
- ГУРЬЕВА В. А.** - д-р техн. наук, доцент, ГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»
- ЗЕЛЕНЦОВ Л. Б.** - д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»
- ИБРАГИМОВ Р. А.** - канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»
- ИГНАТЬЕВ А. А.** - канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Ярославский 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»
- ЛЕОНИЧ С. Н.** - д-р техн. наук, профессор, Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь
- ЛОГАНИНА В. И.** - д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
- МАИЛЯН Л. Р.** - д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»
- МАЛАЕВ В. Ф.** - канд. техн. наук, доцент, Ливанский Университет, факультет Искусств и Архитектуры, Ливанская Республика
- МАКАРОВ К. Н.** - д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Сочинский государственный университет»
- МЕНЕЙЛЮК А. И.** - д-р техн. наук, профессор, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Республика Украина
- МОЛОДИН В. В.** - д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет» (Сибстрин)
- МОНДРУС В. Л.** - д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
- ОЛЕЙНИК П. П.** - д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
- ПИКУС Г. А.** - канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет
- ПОПОВА О. Н.** - канд. техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова»
- СУЛЕЙМАНОВА Л. А.** - д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова»
- ТАМРАЗЯН А. Г.** - д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
- ТЕР-МАРТИРОСЯН А. З.** - д-р техн. наук, профессор кафедры «Механика грунтов и геотехника», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
- ХАВИН Д. В.** - д-р эконом. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
- ЦОПА Н. В.** - д-р эконом. наук, профессор, ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Академия строительства и архитектуры
- ЮДИНА А. Ф.** - д-р техн. наук, профессор ГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»



Содержание:

ФАКТОРЫ И ИСТОЧНИКИ РИСКА В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
Лapidус А. А., Чапидзе О. Д. 2

РОБОТИЗАЦИЯ РАБОТ ПО АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЕ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА И ОЦЕНКА ИХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
Никишкин А. А., Синенко С. А. 10

МЕТОДИКА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ СТУДЕНЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ОТРЯДА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
Воронков И. Е., Островский Р. В. 14

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ В НАУЧНОМ ИССЛЕДОВАНИИ. НЕОБХОДИМОЕ КОЛИЧЕСТВО ЭКСПЕРТОВ
Загорская А. В., Лapidус А. А. 21

ОПТИМИЗАЦИЯ КАЛЕНДАРНО-РЕСУРСНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
Щерба Н. В., Кужин М. Ф. 35

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ И СТОИМОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ
Зеленцов Л. Б., Шогенов М. С., Пирко Д. В. 41

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В НИГЕРИИ
Огидан О. Т., Лapidус А. А. 46

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПОСОБА «СВЕРХУ ВНИЗ» ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ
Олейник П. П., Мааруф А. Г. 53

ДИНАМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ И СТОИМОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ
Зеленцов Л. Б., Шогенов М. С., Ассайра М. М. 61

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОБЪЕМОВ РАБОТ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ РАЗРУШЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В СИРИЙСКОЙ АРАБСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ
Ларионов А. Н., Ибрагим Р. 65

ВЫБОР ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ОГРАЖДЕНИЯ КОТЛОВАНА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
Митин В. В., Экба С. И. 70

УДК 658.2

Факторы и источники риска в жилищном строительстве

Factors and Risks in Residential Construction

Лепидус Азарий Абрамович

Профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Технологии и организация строительного производства», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26, lapidus58@mail.ru

Lapidus Azarij Abramovich

Professor, Doctor of Technical Sciences, the head of the Department «Technologies and Organizations of Construction Production», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, lapidus58@mail.ru

Чапидзе Отари Джемалиевич

Аспирант кафедры «Технологии и организация строительного производства», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26, cod95@inbox.ru

Chapidze Otari Dzhemalievich

Postgraduate student, Department «Technology and Organization of Construction Production», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, cod95@inbox.ru

Аннотация

Данное исследование направленно на разработку модели жизненного цикла многоэтажного жилого здания с учетом технических факторов риска. Эта модель дает возможность выявить основные факторы риска на разных этапах жизни проекта и спрогнозировать его поведение. В результате изучения обширного списка литературы становится очевидным, что систематизация и классификация жизненного цикла строительного объекта в условиях факторов технических рисков является актуальной задачей в строительной отрасли.

Исследование основывается на обширном обзоре научной литературы, сосредоточено внимание на технических рисках при строительстве жилых зданий, рассмотрены и проанализированы этапы жизненного цикла зданий, также использованы метод аналогий и метод диаграмм.

Проблема анализа технических рисков в строительной индустрии играет существенную роль: это связано с возведением значительного числа современных сооружений – уникальных в своем роде как с архитектурной точки зрения, так и с точки зрения неординарности конструктивных решений.

Будущие исследования в этой области необходимо сосредоточить на выявлении факторов риска. Для этого требуется вести электронную базу данных факторов риска – за счет этого мы сможем снизить процент проявления рисков, увеличив успех при реализации проекта.

Ключевые слова: жизненный цикл, источник риска, проект, риск, строительство, строительный объект, технический риск, фактор риска.

Abstract

This study is aimed at developing a model of the life cycle of a multi-storey residential building, taking into account technical risk factors. This model makes it possible to identify the main risk factors at different stages of a project's life and predict its

behavior. After examining the extensive list of literature, it is clear that the systematization and classification of the life cycle of a construction object in conditions of technical risk factors is an urgent task in the construction industry.

The study is based on an extensive review of scientific literature, focuses on technical risks in the construction of residential buildings, considers and analyzes the stages of the life cycle of buildings, also uses the method of analogies and the method of diagrams.

The problem of analyzing technical risks in the construction industry has a significant role, this is due to the construction of a significant number of modern structures that are unique in their kind, both from an architectural point of view, and from the point of view of the extraordinary design solutions.

Future research in this area needs to focus on identifying risk factors. This requires maintaining an electronic database of risk factors, due to this we will be able to reduce the percentage of risk manifestations, increasing the success of the project.

Keywords: life cycle, source of risk, project, risk, construction, construction site, technical risk, risk factor.

Введение

Строительная индустрия развивается, проекты становятся все более уникальными, что значительно повышает степень проявления факторов риска. Определение основных источников и факторов технического риска приводит к рассмотрению условий осуществления проекта, которые, в свою очередь, воздействуют на этапы жизненного цикла строительного объекта.

Многие авторы по-разному определяют риски проекта. Риск может иметь как положительный, так и отрицательный эффект, влияющий на жизненный цикл объекта [12; 13; 15]. Риск тесно связан с состоянием неопределенности, но справедливо отметить, что он, в большинстве случаев, оказывает негативное влияние на параметры проекта [14].

Существует множество факторов возникновения рисков на всех этапах жизненного цикла объекта: организационные, технологические, технические, экономические. И, конечно же, помимо организационных и технических сложностей, руководители должны учитывать растущее число дополнительных параметров, в число которых также входят экологические и социальные, и т. д.

Зачастую строительные проекты начинаются в динамических условиях, что приводит к множественному проявлению факторов технического риска.

Важно понимать реальную практику анализа рисков, оценивать развитие тех или иных факторов, влияющих на жизненный цикл проекта, моделировать и проводить оценку рисков в попытке исследовать реальные, благоприятные пути развития на каждом этапе жизненного цикла строительного объекта.

На сегодняшний день тема технических рисков в строительстве является актуальной и приоритетной задачей, вектор исследования в этой области должен быть направлен на разработку методик по сокращению рисков в жизненном цикле объекта и достижению требуемых результатов.

Научная новизна исследования заключается в формировании модели жизненного цикла строительного объекта в условиях проявления технических рисков, что позволит оценить влияние риска, определить его тип и применить

различные методы управления им либо устранить риск.

Методы исследования

Данное исследование основывается на обширном обзоре научной литературы, сосредоточено внимание на технических рисках при строительстве жилых зданий, рассмотрены и проанализированы этапы жизненного цикла зданий, также использованы метод аналогий и метод диаграмм.

Основная часть

Объектом исследования являются многоэтажные жилые дома. По официальным данным за 2019 год, в Российской Федерации в течение последних пяти лет в среднем строится 80,5 млн м² общей жилой площади в год [9; 11].

Совершенствование строительной индустрии в стране ведет к усовершенствованию инфраструктуры города: формирование многоэтажных жилых комплексов, строительство зданий социально-культурного назначения – все это ведет к значительному повышению уровня жизни населения.

Для достижения успеха в функционировании и развитии строительной отрасли необходимо повышать эффективность взаимодействия между строительными компаниями, заказчиками и государством.

Предмет исследования – факторы риска, проявляющиеся на этапах жизненного цикла строительного объекта.

Современное управление строительным проектом требует новых методов и инструментов для дифференциации определенных факторов на пути его развития, которые могут варьироваться в зависимости от участников, целей и времени.

Информация о факторе риска будет играть все более важную роль в будущем. Ускоренно меняющаяся рыночная среда, знание важного факта в нужное время приводят к прогнозированию ситуации в будущем, например, в рамках процесса комплексной проверки проектной документации, проходящей экспертизу. Жизненно важно получать информацию в нужном месте, в нужном формате, с нужным уровнем детализации. До сих пор в Российской Федерации отсутствует модель жизненного цикла строительного объекта с входящими в него факторами техническо-

го риска на каждом этапе развития объекта, в то время как полная и актуальная документация, например, снижает риск проявления фактора технического, производственного и природного фактора риска. Наличие актуальной и полной документации может помочь уменьшить значительное число факторов риска.

Эксперты в своих отраслях – не только в строительстве, но и в других – нередко применяют такой термин, как «риск», при этом важно понимать, что данный термин используют и в значении «опасный».

Технический риск – риск, причинами возникновения которого является непредсказуемое и (или) неконтролируемое функционирование (поведение или свойства) технических систем [5].

Жизненный цикл строительного объекта – это период времени, в течение которого он существует как объект управления, период

от зарождения инвестиционного замысла до редевелопмента.

На рисунке 1 изображен жизненный цикл многоэтажного жилого здания.

Основные этапы жизненного цикла объекта включают 7 этапов развития объекта:

- планирование,
- предпроектная стадия,
- проектная стадия,
- строительство,
- эксплуатация,
- снос.
- редевелопмент.

Одними из основных и самых важных этапов являются предпроектная стадия и проектная стадия – именно на этих этапах происходит формирование будущего объекта, на этих этапах решается большинство важных вопросов, касающихся не только самого объекта строительства, но и его влияния на окружающую среду.



Рис. 1. Жизненный цикл строительного объекта
Fig. 1. Life cycle of the construction object

Этап	Процесс
Планирование	Бизнес-план
	Технико-экономическое обоснование
	Техническое задание
Предпроектная стадия	Подготовка градостроительного обоснования
	Подготовка градостроительного плана земельного участка (ГПЗУ)
	Определение генпроектировщика
	Эскиз проекта
	Подготовка титульного списка ПИР
	Проведение инженерно-геологических изысканий
Проектная стадия	Подготовка проектной документации
	Проведение экспертизы проектной документации
	Подготовка рабочей документации
	Прохождение повторной экспертизы
	Получение разрешений на строительство
	Определение генподрядчика
Строительство	Производство
	Логистика
	Монтаж
	Ввод объекта в эксплуатацию
Эксплуатация	Содержание
	Техническое обслуживание
	Текущий ремонт
	Решение о капитальном ремонте, реконструкции или ликвидации
	Капитальный ремонт
Редевелопмент	Реконструкция
	Реконцепция
	Модернизация
	Выведение объекта из эксплуатации для ликвидации

Табл. 1. Процессы на этапе жизненного цикла строительного объекта
Tab. 1. Processes at the stage of the life cycle of a construction object

На этапе планирования необходимо точно определить время, необходимое для создания календарного плана с указанием приемлемых сроков выполнения и дополнительного времени в случае непредвиденных факторов риска.

Любой этап жизненного цикла объекта требует не только значительных экономических ресурсов, но и создание информационной базы, поскольку при планировании объекта заказчика будут интересовать следующие вопросы:

- срок строительства и его оптимизация,
- материальные затраты,
- трудозатраты,
- технико-экономические показатели.

Планирование этапов строительства – непростая задача, требующая произвести внушительные расчеты для рентабельного результата, при котором можно выполнить большие работы. Зная этапы жизненного цикла объекта строительства и факторы, которые могут негативно повлиять на завершение этапа, у компаний появится представление о том, на каком этапе им надо обратить внимание на фактор риска.

При строительстве объекта капитального строительства возможны следующие основные факторы риска:

- низкая проработка материала и информации об объекте;
- техническое задание низкого качества, неверные задачи;
- частая корректировка проектной документации во время проектирования;
- согласование и утверждение проекта;
- внесение изменений после экспертизы проектной документации;
- низкая безопасность объекта при его эксплуатации;
- строительные процессы;
- ввод объекта в эксплуатацию;
- адекватная оценка текущего состояния объекта.

Также совершенная иерархия рисков была представлена в работе [4].



Рис. 2. Факторы, вызывающие технический риск в строительстве
Fig. 2. Factors causing technical risk in construction

Проектные риски:

А. Внутренние

а. Заказчик

1. Задержка оплаты
2. Необоснованное навязывание сроков работ
3. Вмешательство в проектные решения
4. Корректировки проекта
5. Препятствия для доступа на объект
6. Нарушение условий договора

б. Проектировщик

1. Ошибки в проектных решениях
2. Квалификация сотрудника
3. Частая корректировка проектных решений
4. Задержка выпуска документации

с. Подрядчик

1. Производственный травматизм
2. Низкое качество выполненных работ
3. Низкая продуктивность
4. Технические проблемы
5. Отсутствие квалифицированных кадров
6. Некомпетентность подрядчика

д. Субподрядчик

1. Нарушение договорных отношений
2. Низкое качество выполненных работ

е. Снабжение

1. Качество поставляемого материала
2. Задержки в поставках

В. Внешние риски

а. Политические

б. Социальные

с. Экономические

д. Природные

е. Иные

Кошелев В. А. приводит свою схему факторов, вызывающих риск [7], представленную на рисунке 2.

Технический риск – комплексный показатель надежности элементов техносферы. Он выражает вероятность аварии или катастрофы при

эксплуатации машин, механизмов, реализации технологических процессов, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений: идентичных технических систем и объектов, подверженных общему фактору риска [10].

Источниками технического риска в строительстве могут выступать как внешние, так и внутренние факторы и их процессы. При этом их влияние может отражаться не только на стоимости, но и на таких показателях, как срок, качество и безопасность [1].

Выявление и ограничение факторов риска позволят сконцентрировать усилия на контроле за их воздействием и выборе оптимального, жизнеспособного пути развития проекта.

Ранее модель жизненного цикла не учитывала факторы риска, теперь же мы можем полу-

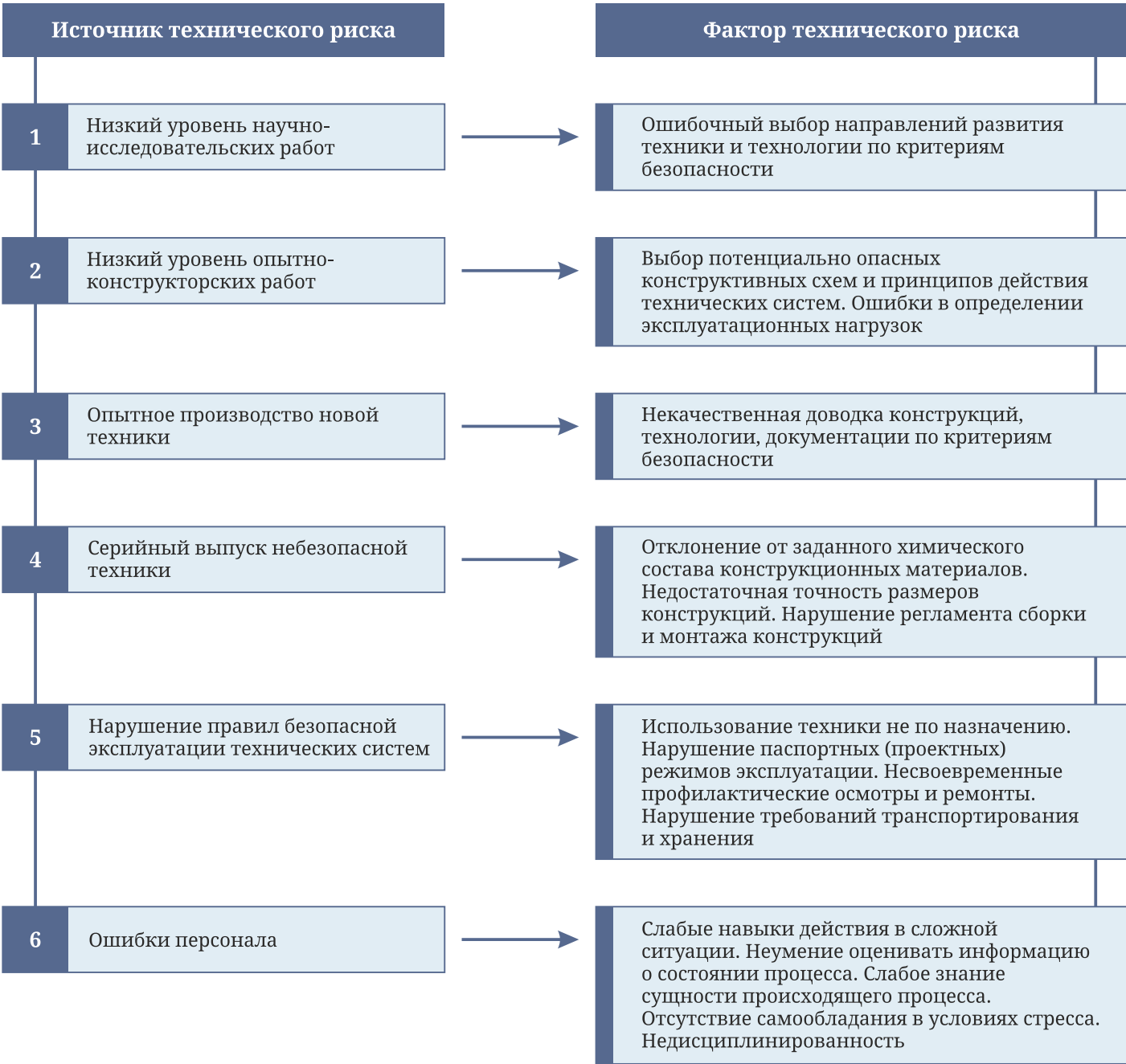


Рис. 3. Источники и факторы технического риска
Fig. 3. Sources and factors of technical risk

чить совершенную модель жизненного цикла строительного объекта, представленную на рисунке 4.

Благодаря совершенной модели жизненного цикла строительного объекта мы сможем на каждом этапе увидеть факторы риска, которые могут повлиять в той или иной степени на прогресс этапа либо проявить себя как негативный процесс в будущем. Данная модель позволяет проанализировать фактор риска на каждом этапе, оценить его влияние, определить тип риска и применить различные методы управления либо устранения рисков.

Вывод

Данное исследование направленно на разработку модели жизненного цикла многоэтажного жилого здания с учетом факторов риска. Эта

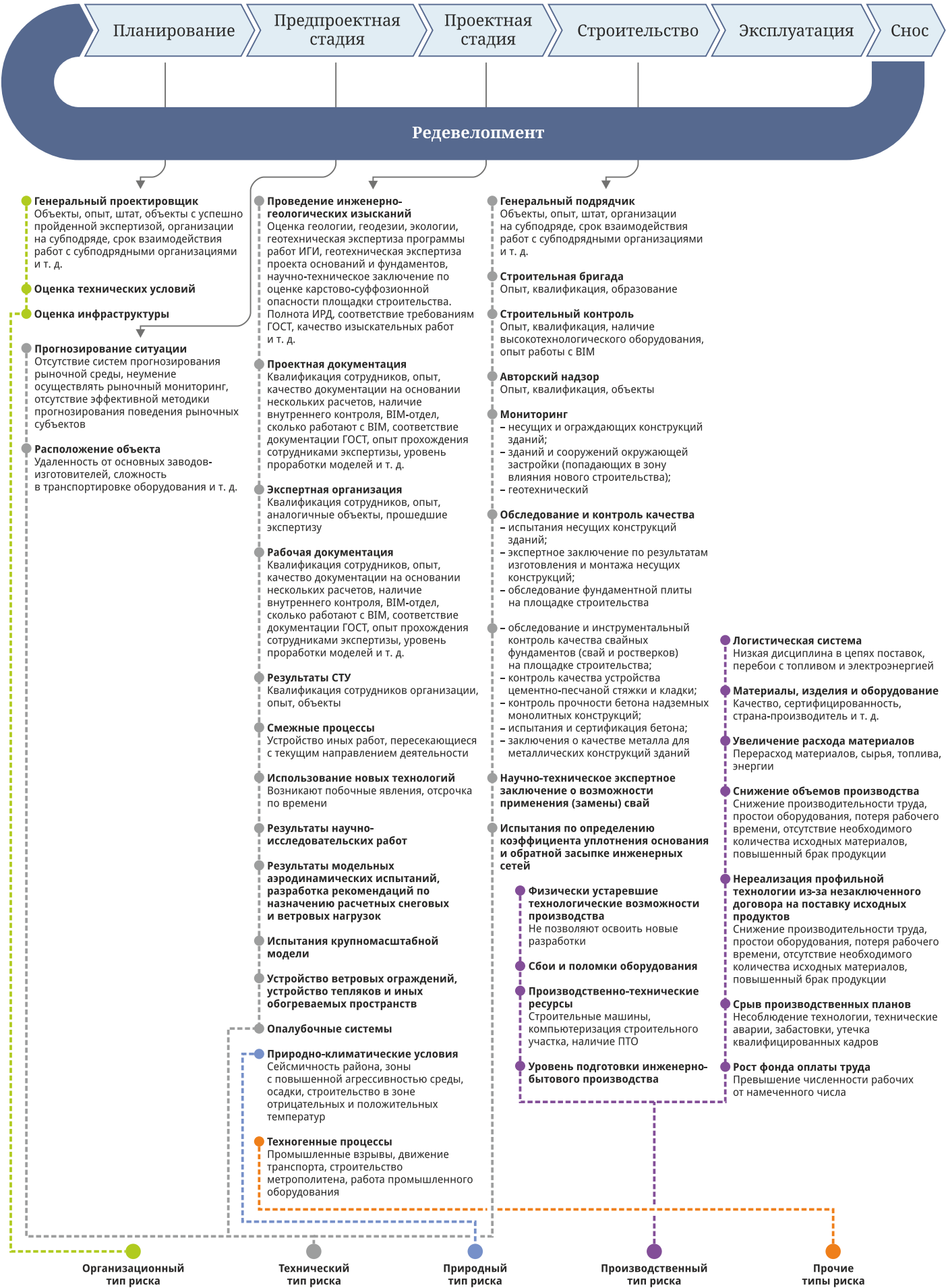


Рис. 4. Совершенная модель жизненного цикла строительного объекта
Fig. 4. Perfect model of a construction object

модель дает возможность выявить основные факторы риска на разных этапах жизни проекта и спрогнозировать его поведение.

В результате изучения обширного списка литературы стало очевидным, что систематизация и классификация жизненного цикла строительного объекта в условиях риска являются актуальной задачей в строительной отрасли. Проблема анализа технических рисков в строительной индустрии играет существенную роль – это связано с возведением значительного числа

современных сооружений, уникальных в своем роде как с архитектурной точки зрения, так и с точки зрения неординарности конструктивных решений.

Будущие исследования в этой области необходимо сосредоточить на выявлении факторов риска. Для этого требуется вести электронную базу данных факторов риска, за счет этого мы сможем снизить процент проявления рисков, увеличив успех при реализации проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Adedokun O. A. Evaluation of qualitative risk analysis techniques in selected large construction companies in Nigeria / O. A. Adedokun, D. R. Ogunsemi, I. O. Aje, O. A. Awodele, D. O. Dairo // Journal of Facilities Management. – 2013. – № 11 (2). – P. 123–135.
2. Wang S. Q. Risk management framework for construction projects in developing countries / S. Q. Wang, M. F. Dulaimi, M. Y. Aguria // Construction Management and Economics. – 2004. – № 22 (3). – P. 237–252.
3. Лapidus A. A. Анализ факторов риска в строительной отрасли / А. А. Лapidus, О. Д. Чапидзе // Русский инженер. – 2020. – № 2 (67). – С. 45–48.
4. Строительство в России : стат. сб. / Под ред. А. Л. Кевеша [и др.]. – Москва : Росстат, 2018. – 119 с.
5. Дорожкина Т. В. Управление рисками : учебно-методическое пособие / Т. В. Дорожкина, В. К. Крутиков, Е. В. Алексеева. – Калуга : Издательство «Ваш Домъ», 2014. – 233 с.
6. Загородний А. М. Проблемы технического надзора в строительстве / А. М. Загородний, П. П. Олейник // Научное обозрение. – 2017. – № 14. – С. 103–105.
7. Кошелев В. А. Источники рисков в строительстве // Наукoведение. – 2015. – № 1 (26). – С. 14.
8. Надежность технических систем и техногенный риск : метод. указания к выполнению практических работ по курсу «Надежность технических систем и техногенный риск» / Н. Ю. Луговцова ; Юргинский технологический институт. – Юрга. – 2015. – 94 с.
9. Асаул А. Н. Риски в деятельности строительной организации // Экономические проблемы и организационные решения по совершенствованию инвестиционно-строительной деятельности : сб. науч. тр. / С.-Петерб. гос. архитектур.-строит. ун-т ; отв. ред. Ю. П. Панибратов [и др.]. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2004. – С. 8–12.
10. Богоявленский С. Б. Управление риском в социально-экономических системах : учебное пособие / С. Б. Богоявленский. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 144 с.
11. Гусаков А. А. Системотехника строительства / А. А. Гусаков. – Москва : Стройиздат, 2004. – 368 с.
12. Ишин А. В. Обязательная аттестация специалистов компаний – гарантия безопасности и качества выполняемых ими работ // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 3 (4). – С. 23–24.
13. Лapidus A. A. Влияние современных технологических и организационных мероприятий на достижение планируемых результатов строительных проектов // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 2 (3). – С. 1.
14. Лapidus A. A. Количественный анализ моделирования рисков производственно-логистических процессов в строительстве / А. А. Лapidus, Г. Б. Сафарян // Технология и организация строительного производства. – 2017. – № 3 (4). – С. 6–9.
15. Sarkar, D. Integrated interpretive structural modeling and fuzzy approach for project risk management of

REFERENCES

1. Adedokun O. A. Evaluation of qualitative risk analysis techniques in selected large construction companies in Nigeria / O. A. Adedokun, D. R. Ogunsemi, I. O. Aje, O. A. Awodele, D. O. Dairo // Journal of Facilities Management. – 2013. – № 11 (2). – P. 123–135.
2. Wang S. Q. Risk management framework for construction projects in developing countries / S. Q. Wang, M. F. Dulaimi, M. Y. Aguria // Construction Management and Economics. – 2004. – № 22 (3). – P. 237–252.
3. Lapidus A. A. Analiz faktorov riska v stroitel'noj otrasli [Analysis of engineer factors in the construction industry] / A. A. Lapidus, O. D. Chapidze // Russkij inzhener [Russian Engineer]. – 2020. – № 2 (67). – P. 45–48.
4. Stroitel'stvo v Rossii [Construction in Russia] / Ed. by A. L. Kevesh [et. al.]. – Moscow : Rosstat, 2018. – 119 p.
5. Dorozhkina T. V. Upravlenie riskami [Management of Risks] / T. V. Dorozhkina, V. K. Krutikov, E. V. Alekseeva. – Kaluga : Izdatel'stvo «Vash Dom», 2014. – 233 p.
6. Zagorodnij A. M. Problemy tekhnicheskogo nadzora v stroitel'stve [Problems of Technical Supervision in Construction] / A. M. Zagorodnij, P. P. Olejnik // Nauchnoe Obzrenie [Scientific Review]. – 2017. – № 14. – P. 103–105.
7. Koshelev V. A. Istochniki riskov v stroitel'stve [Sources of Risks in Construction] // Naukovedenie [Science of Science]. – 2015. – № 1 (26). – P. 14.
8. Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem i tekhnogennyj risk [Reliability of technical systems and technogenic risk: method. instructions for the implementation of practical work on the course «Reliability of technical systems and technogenic risk»] / N. Yu. Lugovtsova ; Yurginskij tekhnologicheskij institute [Yurga Technological Institute]. – Yurga. – 2015. – 94 p.
9. Asaul A. N. Riski v deyatel'nosti stroitel'noj organizatsii [Risks in the activity of a construction organization] // Ehkonomicheskie problemy i organizatsionnye resheniya po sovershenstvovaniyu investitsionno-stroitel'noj deyatel'nosti [Economic problems and organizational solutions for improving investment and construction activities] / Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering ; ed. by Yu. P. Panibratov [et. al.]. – Saint Petersburg, 2004. – P. 8–12.
10. Bogoyavlenskij S. B. Upravlenie riskom v sotsial'no-ehkonomicheskikh sistemakh [Risk management in socio-economic systems] / S. B. Bogoyavlenskij. – Saint Petersburg, 2010. – 144 p.
11. Gusakov A. A. Sistemotekhnika stroitel'stva [System engineering of construction] / A. A. Gusakov. – Moscow : Strojizdat, 2004. – 368 p.
12. Ishin A. V. Obyazatel'naya attestatsiya spetsialistov kompanij – garantiya bezopasnosti i kachestva vypolnyaemykh imi rabot [Mandatory certification of specialists of companies – guarantee of the safety and quality of their work] // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and Organization of Construction Production]. – 2013. – № 3 (4). – P. 23–24.
13. Lapidus A. A. Vliyanie sovremennykh tekhnologicheskikh i organizatsionnykh meropriyatij na dostizhenie

ports / D. Sarkar, S. Panchal // International Journal of Construction Project Management. – 2015. – № 7 (1). – P. 17–31.

planiruemyykh rezul'tatov stroitel'nykh proektov [The influence of modern and organizational measures on the achievement of the planned results of construction projects] // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and Organization of Construction Production]. – 2013. – № 2 (3). – P. 1.

14. Lapidus A. A. Kolichestvennyj analiz modelirovaniya riskov proizvodstvenno-logisticheskikh protsessov v stroitel'stve [Quantitative analysis of risk modeling of production and logistics processes in construction] / A. A. Lapidus, G. B. Safaryan // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and Organization of Construction Production]. – 2017. – № 3 (4). – P. 6–9.
15. Sarkar D. Integrated interpretive structural modeling and fuzzy approach for project risk management of ports / D. Sarkar, S. Panchal // International Journal of Construction Project Management. – 2015. – № 7 (1). – P. 17–31.

НОВОСТЬ

Строительной отрасли необходима полноценная подпитка кадрами

Об этом сказал министр строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации Владимир Якушев на Российском форуме изыскателей. Мероприятие прошло на площадке НИУ МГСУ в октябре 2020 года. Организаторами форума выступили Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет и Национальное объединение изыскателей и проектировщиков (НОПИРЗ).

Российский форум изыскателей – первая конференция такого направления и уровня. Мероприятие объединило профессионалов в сфере инженерных изысканий для обмена опытом, развития новых коммуникаций, обсуждения передовых практик, проблемных вопросов, предложений по совершенствованию законодательства и нормативных технических документов.

Обращаясь к участникам форума, глава Минстроя России Владимир Якушев отметил:

– За два года реализации национального проекта «Жилье и городская среда» мы получили положительные результаты. В рамках Указа Президента Российской Федерации о расширении сроков реализации нацпроектов до 2030 года у нас появилась возможность проанализировать уже исполненные мероприятия, выявить наиболее эффективные практики, определить реперные точки, где требуется усилить работу. Такой анализ уже ведется специалистами Минстроя, что помогает нам скорректировать план действий по реализации мероприятий нацпроекта в дальнейшем. Для получения объективных выводов необходимо участие представителей профессионального сообщества.

Министр также назвал символичным проведение форума на площадке НИУ МГСУ как ведущего строительного вуза страны с традициями преподавания изыскательских дисциплин.

«Проведение форума еще и призвано активизировать взаимодействие с наукой. Какие бы новеллы в нашей производственной деятельности сегодня ни принимались, без полноценной подпитки кадрами развитие строительной отрасли и внедрение новых технологий осуществить будет трудно. Поэтому министерство рассчитывает, что МГСУ станет главной площадкой по формированию центра профессиональных компетенций. Мы готовы принимать в этом процессе самое активное участие», – подчеркнул Владимир Якушев.

Участники форума обсудили направления, от которых зависит качество проектных решений. В частности, речь шла о цифровизации и ведении геоинформационных баз данных в крупных городах, внедрении современных технологий и прогрессивных методов производства работ, об укреплении производственного взаимодействия между изыскателями и проектировщиками.

«Сегодня отрасли необходима эволюция нормативной базы в области инженерных изысканий. Это то направление, по которому строители ждут конкретных действий. Сейчас мы закладываем основу в будущее системы организации изыскательских работ. И от того, какие усилия будут приложены к выработке конкретных стратегий и шагов, зависит и весь технологический процесс строительства, выбор оборудования, материалов, их долговечность, а также безопасность и надежность возведенных сооружений», – подытожил Владимир Якушев.

На форуме изыскателей глава Минстроя России вручил ведомственные награды представителям профессионального сообщества. Одним из первых почетный знак министерства получил заведующий кафедрой инженерных изысканий и геоэкологии, профессор Андрей Лаврусевич.

Источник: сайт Минстроя России <https://minstroyrf.gov.ru>

УДК 624.05

Роботизация работ по антикоррозионной защите внутренней поверхности стального резервуара и оценка их экономической эффективности

Robotization of Anti-corrosion Protection of the Inner Surface of the Steel Tank and Evaluation of their Economic Efficiency

Никишин Александр Александрович

Магистрант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26, nikishin_a@mail.ru

Nikishin Aleksandr Aleksandrovich

Undergraduate, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavlshosse, 26, nikishin_a@mail.ru

Синенко Сергей Анатольевич

Доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии и организация строительного производства», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26, sasin50@gmail.com

Sinenko Sergej Anatol'evich

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technologies and Organizations of Construction Production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavlshosse, 26, sasin50@gmail.com

Аннотация

Роботизация строительных процессов является одним из направлений повышения качества, снижения сроков строительства и повышения безопасности труда. В статье на примере стального вертикального резервуара объемом 5000 м³ предложено техническое решение в виде схемы производства работ и определена экономическая эффективность интегрирования роботов для выполнения работ по антикоррозионной защите его внутренней поверхности. Вычислена сметная стоимость эксплуатации робота для данного типоразмера резервуара. Представлена циклограмма производства всего комплекса работ. Определено влияние организационно-производственных факторов на сметную стоимость работ с применением роботов. Методом сравнения оценена сметная стоимость работ для двух вариантов – с применением ручного труда и роботов. Применение робота дало экономию 41 % от сметной стоимости. Сделаны выводы, позволяющие с максимальной эффективностью внедрить роботов для антикоррозионной защиты внутренней поверхности резервуаров. Предложен системный подход к роботизации работ в целом, дающий дополнительную экономию за счет вовлечения в автоматизацию не только работ по антикоррозионной защите, но и других их видов, например, сварки металлических конструкций резервуара.

Ключевые слова: организация работ, антикоррозионная защита, роботизация, стальной резервуар, экономическая эффективность, сметная стоимость эксплуатации робота.

Abstract

Robotization of construction processes is one of the ways to improve quality, reduce construction time and improve labor safety. In the article, using the example of a steel vertical tank with a volume of 5000 m³, a technical solution is proposed in the form of a work flow diagram and the economic efficiency of integrating robots to perform work on the anti-corrosion protection

of its internal surface is determined. The estimated cost of operating the robot for this tank size is calculated. The cyclogram of production of the entire complex of works is presented. The influence of organizational and production factors on the estimated cost of work using robots is determined. The estimated cost of work for two variants with the use of manual labor and robots is estimated by comparison. The use of the robot resulted in savings of 41 % of the estimated cost. Conclusions are made that allow to implement robots for anticorrosive protection of the internal surface of tanks with maximum efficiency.

Keywords: organization of work, anti-corrosion protection, robotization, steel tank, economic efficiency, estimated cost of operation the robot.

Введение

Роботизация строительных процессов является одним из направлений повышения качества, снижения сроков строительства и повышения безопасности труда. Исследования по интеграции роботов в строительный комплекс ведутся уже не одно десятилетие практически во всех развитых странах мира [1–4].

Основная проблема, связанная с предполагаемым внедрением новой техники, – выбор направления решения данной технической задачи [5].

Организация выполнения работ с применением роботизированных систем по антикоррозионной защите является эффективной при использовании роботов на конструкциях зданий и сооружений, в которых преобладают плоские поверхности, выполненные из металла, и где в качестве антикоррозионного покрытия используются системы окрасочного типа [6]. Стальной вертикальный резервуар объемом 5000 м³ по своим характеристикам наиболее соответствует области рационального применения роботов.

Методика

Исследование выполнено методом сравнения затрат на выполнение работ с использованием непосредственно труда человека и при применении роботов.

Основная часть

Наша цель – определить экономическую эффективность роботизации процесса антикоррозионных работ на примере стального вертикального резервуара объемом 5000 м³ по предложенному авторами варианту организации работ.

В данном случае мы исследуем роботизацию работ по антикоррозионной защите, и предметом исследования является эффективность работ по антикоррозионной защите стального вертикального резервуара объемом 5000 м³.

Основная задача – определить оптимальные организационно-производственные решения, позволяющие максимально эффективно роботизировать работы по антикоррозионной защите стального вертикального резервуара объемом 5000 м³.

Авторами предлагается полностью роботизировать весь процесс по антикоррозионной защите, состоящий из этапов: абразивоструйной очистки, обеспыливания, обезжиривания и нанесения 2 слоев окрасочного покрытия. Процесс роботизируется на базе манипулятора серии TX250 Paint производства Stäubli (Швейцария), вертикальное и радиальное перемеще-

ние которого обеспечивают модули линейного перемещения серии PAR 220 производства Rollon (Италия), установленные на раме, вращение которой, в свою очередь, осуществляется вокруг оси резервуара за счет привода на катки через мотор-редукторы (рисунок 1).

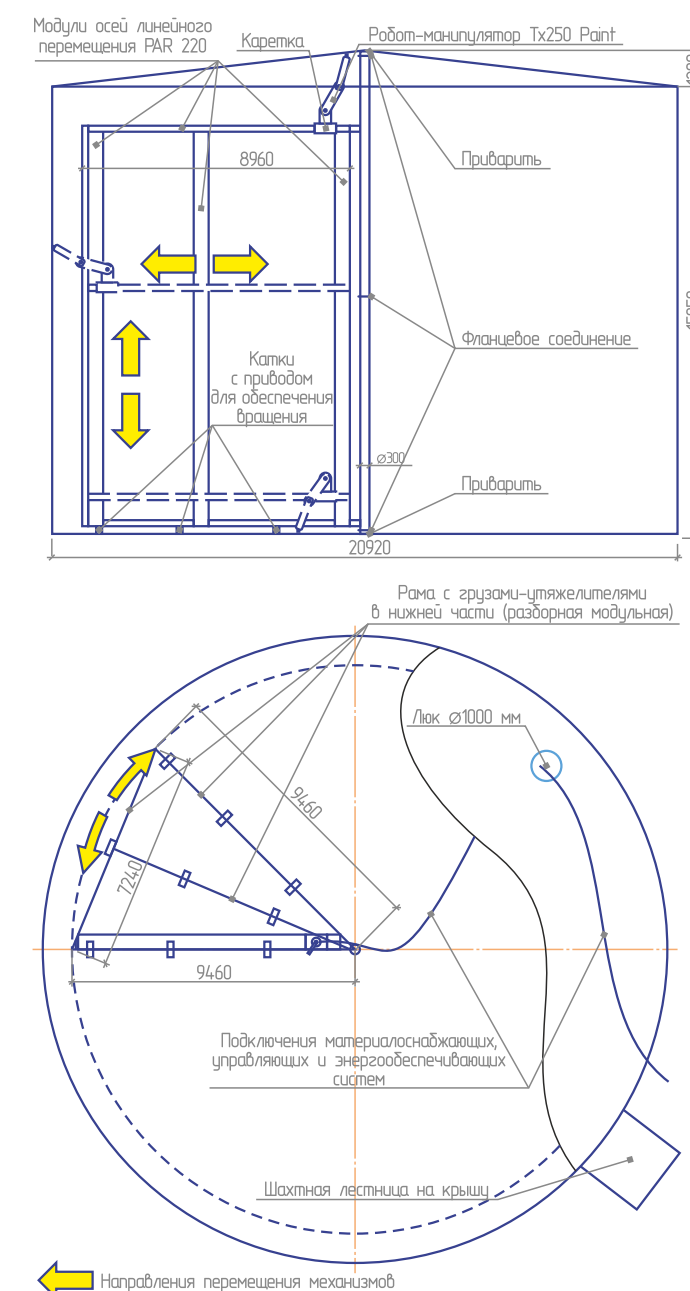


Рис. 1. Схема роботизации процесса антикоррозионной защиты

Fig. 1. Scheme of robotization of the anti-corrosion protection process

Конструкция модульная и позволяет масштабировать ее на резервуары других размеров. Стоимость оборудования, обеспечивающего роботизацию работ для данного типоразмера резервуара, составляет 13,5 млн рублей.

Сметная стоимость эксплуатации робота определена согласно методике определения сметных цен на эксплуатацию машин и механизмов [7]. Результат расчетов при рентабельности 30 % и оплате труда двух специалистов, обслуживающих данный робот по 750 руб/ч, представлен в виде графика на рисунке 2.



Рис. 2. График зависимости сметной стоимости эксплуатации робота для резервуара объемом 5000 м³ от количества часов его использования в месяц
Fig. 2. Graph of the estimated cost of robot operation for a 5000 m³ tank depending on the number of hours of its use per month

На основе эксплуатационных характеристик оборудования определены затраты времени для выполнения всех операций и для удобства представлены на циклограмме работ по устройству антикоррозионной защиты (рисунок 3).

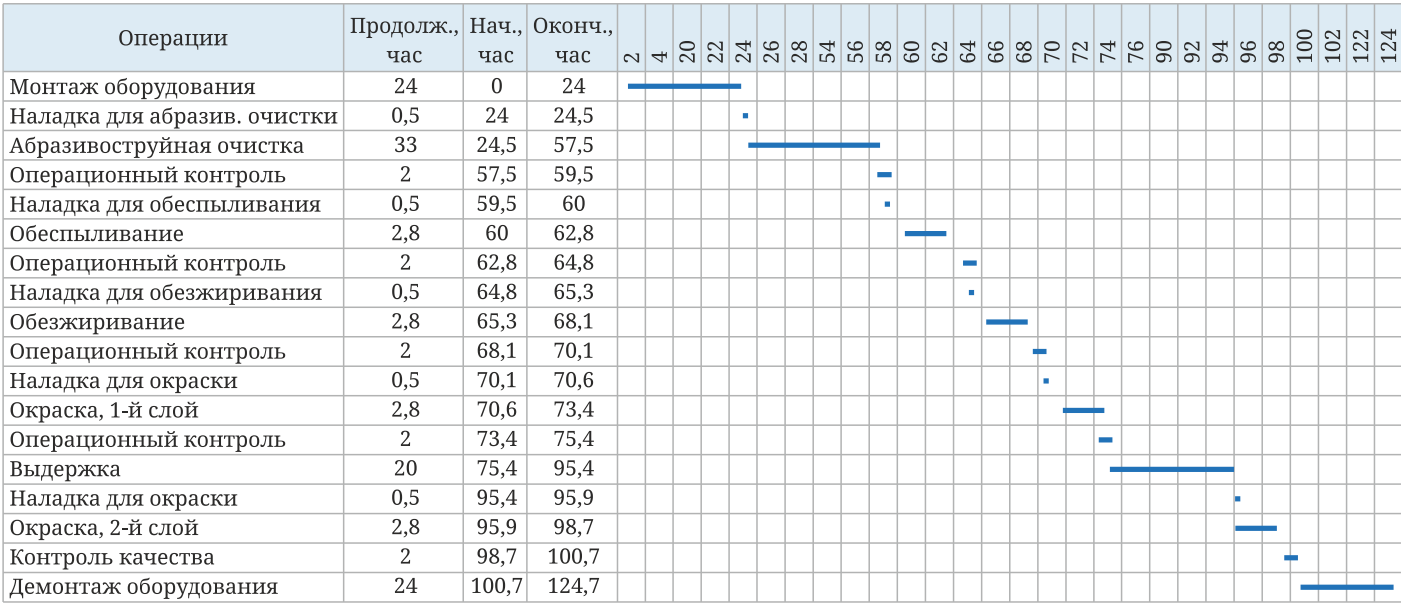


Рис. 3. Циклограмма работ по нанесению антикоррозийной защиты (АКЗ) с применением робота
Fig. 3. Cyclogram of works on applying anti-corrosion protection (AKZ) using a robot

Из циклограммы видно, что основными сдерживающими операциями являются абразивоструйная очистка и выдержка для межслойной сушки покрытий.

Статья затрат	Ручной труд, руб	Робот, руб
Эксплуатация машин	1 101405,00	817 915,00
Заработная плата машинистов	452 083,00	373 378,00
Основная заработная плата рабочих	1 082 098,00	308 450,00
Стоимость материальных ресурсов (всего)	1 508 635,00	1 517 508,00
Накладные расходы	1 391 303,00	590 000,00
Сметная прибыль	1 076 978,00	446 971,00
Всего с накладными расходами и сметной прибылью	6 160 419,00	3 680 844,00

Табл. 1. Сравнение сметной стоимости работ при ручном труде и при использовании робота
Tab. 1. Comparison of the estimated cost of work for manual labor and using a robot

Сметная стоимость для двух вариантов производства работ определена и представлена в таблице 1. Из нее видно, что экономия составит в абсолютных величинах 2 551 575,00 руб, или 41 % от первоначальной стоимости работ.

За счет применения робота и непрерывности выполнения операций значительно сократилось время эксплуатации основных строительных машин. Так, например, время работы дорогостоящего компрессора (стоимость 726,00 руб/маш.-ч.) уменьшилось с 1064,4 маш.-ч. до 124,7 маш.-ч. при применении робота, что в денежном выражении дает экономию по статье

расходов «эксплуатация машин» 682 222,00 руб, несмотря на использование дорогих роботов (за стоимость принята средняя 4050,00 руб/маш.-ч).

Выводы
Максимально эффективно роботизировать работы по антикоррозионной защите внутренней поверхности стальных резервуаров можно за счет операций:
1. Снижение стоимости оборудования: манипулятора, устройств линейного перемещения.
2. Увеличение времени использования оборудования, что снижает сметную стоимость его эксплуатации.
3. Уменьшение времени самых продолжительных операций: при абразивоструйной

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загороднюк В. Т. Строительная робототехника / В. Т. Загороднюк, Д. Я. Паршин. – Москва : Стройиздат, 1990. – 271 с.
2. Okazaki H. Current Development and Issues inConstruction Robot Technology. – DOI 10.22260/ISARC1996/0002 // Proceedings of the 13th International Symposium on Automation and Roboticsin Construction. – 1996.
3. Zavadskas E. K. Automation and robotics inconstruction: International research and achievements / E. K. Zavadskas, V. S. Laguta, S. V. Kalinichenko, V. E. Kuznecov. – DOI 10.1016/j.autcon.2009.12.011 // Automation in Construction. – 2010. – Vol. 19, Issue 3. – P. 286–290.
4. Кравцов А. Г. Промышленные роботы : учебное пособие / А. Г. Кравцов, К. В. Марусич. – Саратов : АйПиАрМедиа, 2019. – 95 с. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/85795.htm> (дата обращения: 31.07.2020).
5. Лагута В. С. Оценка возможности и целесообразности создания строительного РТК укладки газобетонных блоков / В. С. Лагута, С. В. Калининченко, В. Э. Кузнецов // Вестник МГСУ. – 2020. – Том 15, Вып. 9. – С. 1450–1460.
6. Никишин А. А. Определение рациональной области применения роботизации при выполнении антикоррозионных работ на конструкциях зданий и сооружений / А. А. Никишин, С. А. Синенко // Наука и бизнес: пути развития. – Москва : ТМБпринт, 2020. – № 9 (111). – С. 32–34.
7. Методические рекомендации по определению сметных цен на эксплуатацию машин и механизмов : Приказ № 51/пр от 4 сентября 2019 г. : утверждены Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации 4 сентября 2019 г.

очистке – применение высокопроизводительных пескоструйных сопел; при межслойной сушке – применение окрасочных материалов с минимальными интервалами перекрытия.

Кроме того, можно значительно повысить эффективность внедрения роботов, применив системный подход, то есть задействовать их, помимо окраски, для выполнения сварочных работ при сборке резервуара. Стоит отметить, что роботизация работ повысит не только их качество, но и выведет их документирование на новый уровень, так, например, появляется техническая возможность полного протоколирования всех операций.

REFERENCES

1. Zagorodnyuk V. T. Stroitel'naya robototekhnika [Construction robotics] / V. T. Zagorodnyuk, D. Ya. Parshin. – Moscow : Sroyzdat, 1990. – 271 p.
2. Okazaki H. Current Development and Issues inConstruction Robot Technology. – DOI 10.22260/ISARC1996/0002 // Proceedings of the 13th International Symposium on Automation and Roboticsin Construction. – 1996.
3. Zavadskas E. K. Automation and robotics inconstruction: International research and achievements / E. K. Zavadskas, V. S. Laguta, S. V. Kalinichenko, V. E. Kuznecov. – DOI 10.1016/j.autcon.2009.12.011 // Automation in Construction. – 2010. – Vol. 19, Issue 3. – P. 286–290.
4. Kravtsov A. G. Promyshlennye roboty [Industrial robots] : a textbook / A. G. Kravtsov, K. V. Marusich. – Saratov : IPiArMedia, 2019. – 95 p. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/85795.htm> (accessed: 31.07.2020).
5. Laguta V. S. Otsenka vozmozhnosti i tselesoobraznosti sozdaniya stroitel'nogo RTK ukladki gazobetonnykh blokov [Assessment of the possibility and feasibility of creating a construction RTC for laying gas-concrete blocks] / V. S. Laguta, S. V. Kalinichenko, V. Eh. Kuznetsov // Vestnik MGSU. – 2020. – Vol. 15, Issue 9. – P. 1450–1460.
6. Nikishin A. A. Opredelenie ratsional'noj oblasti primeneniya robotizatsii pri vypolnenii antikorrozionnykh rabot na konstruksiyakh zdaniy i sooruzhenij [Determination of the rational scope of robotics application when performing anti-corrosion works on structures of buildings and structures] / A. A. Nikishin, S. A. Sinenko // Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and business: ways of development]. – Moscow : TMBprint, 2020. – № 9 (111). – P. 32–34.
7. Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu smetnykh tsen na ehspluatatsiyu mashin i mekhanizmov [Guidelines for determining estimated prices for the operation of machines and mechanisms] : Order № 51/pr of September 4, 2019: utverzhdeny Ministerstvom stroitel'stva i zhilishhno-kommunal'nogo khozayajstva Rossijskoj Federatsii 4 sentyabrya 2019 [approved by the Ministry of construction and housing and communal services of the Russian Federation on September 4, 2019].

УДК 336.5:69

Методика преобразования организационной структуры студенческого строительного отряда образовательной организации

Method of Transforming Organizational Structure of Student Construction Unit of Educational Organization

Воронков Иван Евгеньевич

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство объектов тепловой и атомной энергетики», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26, voronkovie@mgsu.ru

Voronkov Ivan Evgen'evich

Associate Professor of the Department of «Construction of Thermal and Atomic Power Industry Buildings», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavl'skoe Shosse, 26, voronkovie@mgsu.ru

Островский Роман Вадимович

Специалист 1 категории, Управление мониторинга и контроля сроков, АО Инжиниринговая компания «АСЭ», 603006, Россия, Нижний Новгород, площадь Свободы, 3, rchkp@rambler.ru

Ostrovskij Roman Vadimovich

First category specialist, Department of monitoring and control of terms, ASE Joint Stock Engineering Company, 603006, Russia, Nizhnij Novgorod, ploshhad' Svobody, 3, rchkp@rambler.ru

Аннотация

Введение. Реализация масштабных проектов в строительной отрасли возможна только при наличии солидного кадрового потенциала, подготовленного как к решению стандартных рутинных задач, так и к принятию уникальных решений. Среди множества инструментов формирования и пополнения кадрового потенциала строительной отрасли для углубленного изучения авторами исследования выделяется институт студенческих строительных отрядов (ССО).

Материалы и методы. Эффективность функционирования ССО образовательной организации находится в прямой зависимости от избрания наиболее перспективного типа организационной структуры (ОС) ССО, а также своевременного осуществления мероприятий по ее преобразованию в зависимости от изменений внешних условий и внутренней среды самой системы. Авторами исследования формулируется теория, согласно которой ССО вуза в своем развитии проходит через несколько стадий развития, формирующих его жизненный цикл (ЖЦ). Используя модели ЖЦ компаний и корпораций, разработанные И. Адизесом и Е. Емельяновым, С. Поварницыной, исследователями разработана методика преобразования ОС ССО в рамках образовательной организации и даны предложения по своевременной интеграции в ОС ССО вуза новых элементов.

Результаты. Представленная методика преобразования ОС ССО была разработана и успешно апробирована Штабом ССО НИУ МГСУ в 2011–2019 годах. На обозначенный период пришелся расцвет стройотрядовского движения в НИУ МГСУ, а подготовленные ССО НИУ МГСУ строительные кадры были чрезвычайно востребованы в строительной отрасли.

Выводы. В случае избрания наиболее перспективного типа ОС ССО и реализации системных мероприятий по ее совершенствованию перед всеми участниками взаимодействия – предприятиями строительной отрасли, вузами, обучающимися – открываются новые возможности и перспективы, а также становится возможным достижение синергетического эффекта от реализации совместных проектов.

Ключевые слова: студенческие строительные отряды, штаб ССО, организационная структура, организационное проектирование, трансформация организационной структуры, жизненный цикл студенческого строительного отряда.

Abstract

Introduction. The implementation of large-scale projects in this area is possible only if there is a solid human resources potential in the construction industry, prepared for solving both standard routine tasks and making unique decisions. Among the many tools for forming and replenishing the personnel potential of the construction industry, the authors of the study highlight the Institute of Student Construction Units (SCU).

Materials and methods. The effectiveness of the SCU of the educational organization is directly dependent on the selection of the most promising type of organizational structure (OS) of the SCU, as well as the timely implementation of measures to transform it depending on changes in external conditions and the internal environment of the system itself. The authors of the study formulate a theory according to which the SCU of the university in its development goes through several stages of development that form its Life Cycle (LC). Using the LC models of companies and corporations developed by I. Adizes and E. Emelyanov, S. Povarnitsyna, the researchers developed a methodology for transforming the SCU OS within the educational organization and made proposals for the timely integration of new elements into the SCU OS of the university.

Results. The presented SCU OS conversion methodology was developed and successfully tested by the SCU Headquarters of the Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE) in 2011-2019. The designated period was the heyday of the SCU movement at the MSUCE, and the construction personnel prepared by the SCU of the MSUCE were extremely in demand in the construction industry.

Conclusions. In case of selection of the most promising type of SCU OS and implementation of system measures for its improvement before all participants of interaction - enterprises of the construction industry, universities, students, new opportunities and prospects are opened, as well as it becomes possible to achieve a synergistic effect from the implementation of joint projects.

Keywords: student construction units, SCU headquarters, organizational structure, organizational design, organizational structure transformation, life cycle of student construction unit.

Именно грамотно организованная практика является залогом усвоения теоретических знаний, формирующих профессиональные компетенции [1]. При этом следует отметить, что ее современные формы не позволяют уделить должного внимания как процессу определения места практики, так и сопровождению прохождения данной практики с оценкой достигнутых результатов и освоенных компетенций.

Студенческие строительные отряды, имевшие широкое распространение в период СССР, одновременно являлись не просто формой временной занятости обучающихся и производственной практики, а своего рода механизмом форсированной социализации человека [2] и школой подготовки молодых специалистов. Роль данного движения в становлении квалифицированного специалиста отмечали многие выходцы из ССО, ставшие впоследствии известными руководителями.

Успех и популярность движения ССО во времена СССР обуславливались, в первую очередь, мощной идеологической основой социалистического общества и высоким уровнем возможного материального дохода. Демократические преобразования 1990-х свели на нет данные стимулы, однако институт ССО продолжил свое существование, пусть и в меньшем составе и в ином профессиональном качестве. В современных условиях, когда развитие техники и технологии затрагивает все области народного хозяйства, а внедрение автоматизированных программных комплексов, интеллектуальных систем [3] происходит с высокой интенсивностью, строительная отрасль остро нуждается в молодых, активных, квалифицированных специалистах.

Решение данной задачи только по пути совершенствования теоретической составляющей образовательного процесса в вузах может быть

признано не обеспечивающим достижение поставленной цели. Остро стоит задача поиска дополнительных инструментов подготовки профессионально компетентных кадров в точном соответствии с перспективными потребностями строительной отрасли.

Материалы и методы

По мнению авторов исследования, одним из драйверов развития строительной отрасли является совершенствование процессов формирования и функционирования студенческих строительных отрядов как достаточно эффективного инструмента подготовки квалифицированных специалистов. При соответствующей организации институт ССО может быть использован образовательными организациями в качестве инструмента профессиональной подготовки обучающихся, а также реализации программ воспитательной работы. Предприятия строительной отрасли, в свою очередь, получают – как промежуточный результат – возможность использовать мобильный трудовой ресурс ССО в летний период для решения собственных задач и, в конечном итоге, средство обеспечить себя в ближайшей перспективе компетентными и опытными специалистами из числа выпускников вузов.

Чрезвычайно амбициозные планы, стоящие перед одним из крупнейших отечественных потребителей трудовых ресурсов строительных специальностей – Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» (ГК «Росатом», Росатом, Госкорпорация), требуют системного повышения кадрового потенциала всех предприятий, входящих в дивизионы Госкорпорации.

Как фактический потребитель трудовых ресурсов, Госкорпорация остро нуждается в кадрах высокой квалификации и, как следствие, заинтересована в совершенствовании институ-

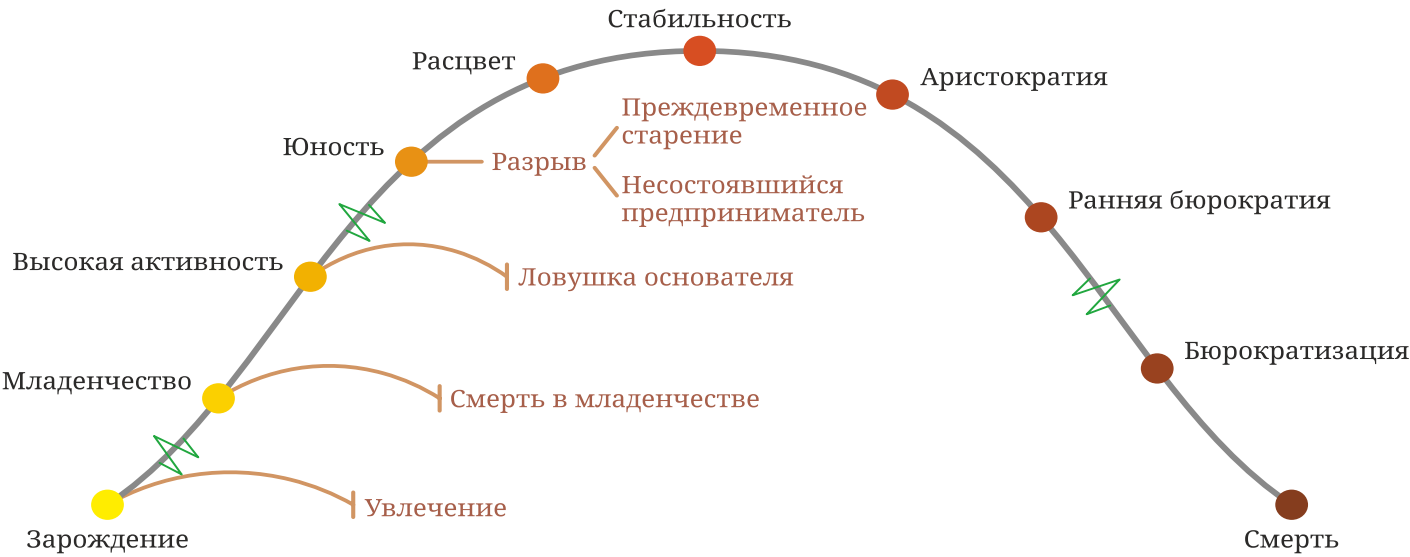


Рис. 1. Кривая жизненного цикла организации И. Адизеса
Fig. 1. Organization life cycle curve of I. Adizez

та ССО. Демонстрацией данного обстоятельства является не только организация в 2013–2019 гг. на площадках сооружения АЭС всероссийских и зональных студенческихстроек, но и формирование из числа наиболее опытных и квалифицированных представителей движения ССО международных студенческих строительных отрядов (МССО). В 2015–2019 годах МССО принимали участие в возведении Тяньваньской АЭС (в Китае), АЭС Куданкулам (в Индии), АЭС Руппур (в Бангладеш), АЭС Ханхикиви-1 (в Финляндии), АЭС Аккую (в Турции). Таким образом, стоит признать высокую заинтересованность и вовлеченность ГК «Росатом», а также широкого круга прочих крупнейших игроков строительной отрасли в процесс совершенствования и развития движения ССО.

С целью соответствия данному тренду образовательные организации и функционирующие на их основе штабы ССО должны обеспечивать соответствие создаваемого трудового ресурса существующим и перспективным потребностям отрасли. Важными условиями достижения данного соответствия, по мнению авторов исследования, являются избрание для ССО, функционирующего в рамках вуза, наиболее эффективного типа организационной структуры [4], а также эволюционное ее преобразование в процессе развития и расширения стройотрядов вуза.

Изучение теории и практики организации стройотрядовского движения позволяет авторам исследования утверждать, что ССО вуза (либо штаб ССО вуза), как и любая организация, подобно живому организму, проходит через схожие стадии жизненного цикла и демонстрирует прогнозируемые и повторяющиеся модели поведения [5]. Наибольшую популярность данная теория приобрела после выхода фундаментальных трудов Л. Е. Грейнера, И. Адизеса, Р. Куинна и К. Кэмерона, посвященных теории и практике управления жизненным циклом компаний и корпораций [6]. Кривая жизненного цикла

организации по И. Адизесу представлена на рисунке 1.

В отечественной литературе известны схожие работы Е. Емельянова и С. Поварницыной. Согласно предложенной им модели, развитие организации состоит из четырех стадий, подразделяющихся на шесть внутретапных этапов: 1) формирование, 2) рост, 3) стабилизация, 4) стагнация, 5) кризис, 6) распад или реформирование [7]. Кривая организационного развития Е. Емельянова и С. Поварницыной представлена на рисунке 2. Каждая из теорий предполагает не только необходимость системной адаптации организации к изменяющимся внешним условиям, но и реализацию структурных преобразований в зависимости от уровня зрелости организации, т. е. состояния ее внутренней среды [8]. Только необходимые преобразования могут обеспечить выход организации из кризиса и переход на следующий уровень (стадию) ее жизненного цикла.

Подобно организации, ССО также сталкивается с кризисами развития и трансформации. В этих условиях управляющая система ССО должна обладать необходимыми знаниями и опытом для преодоления данных кризисных явлений. Одним из наиболее актуальных в данном вопросе представляется процесс трансформации организационной структуры ССО (штаба ССО) образовательной организации.

Дополняя представленную в работе [9] концепцию избрания для ССО профильных вузов штабного типа ОС на основании опыта штаба ССО НИУ МГСУ 2011–2019 гг., предлагается следующая последовательность преобразований ОС штаба ССО образовательной организации с момента образования до стадии «Стабильность» модели И. Адизеса или этапа «Управление качеством» модели Е. Емельянова и С. Поварницыной. Дополняя представленную в работе [9] концепцию избрания для ССО профильных вузов штабного типа ОС на основании опыта штаба ССО НИУ

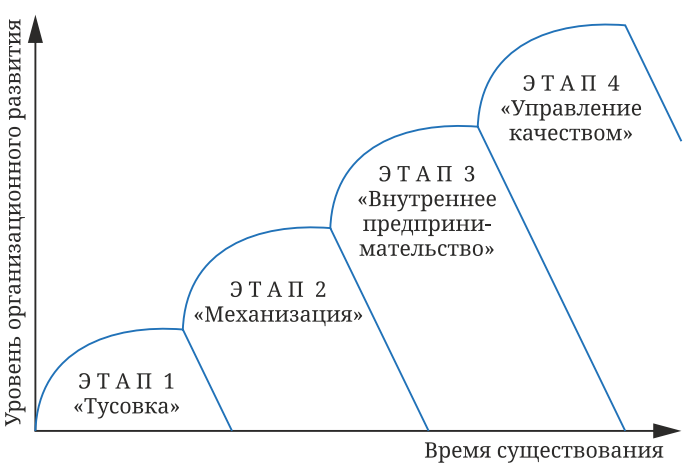


Рис. 2. Кривая организационного развития Е. Емельянова и С. Поварницыной
Fig. 2. Organizational development curve of E. Emelyanov and S. Povarinin

МГСУ 2011–2019 гг., предлагается следующая последовательность преобразований ОС штаба ССО образовательной организации с момента образования до стадии «Стабильность» модели И. Адизеса или этапа «Управление качеством» модели Е. Емельянова и С. Поварницыной.

С появлением в образовательной организации линейного студенческого строительного отряда происходит зарождение отрядного дви-

жения. Чаще всего в основе данного зарождения лежит подкрепленная ресурсами, в том числе административными, инициатива и креативность одного человека, консолидирующего вокруг себя единомышленников, стремящихся реализовать идею – впервые принять участие в третьем трудовом семестре ССО [10]. На волне эмоций и впечатлений, новых знакомств, приобретенного опыта коллектив отряда проживает стадию «Младенчество», или «Тусовка». В этот период стройотрядовское движение не обладает еще четкой структурой и системой распределения полномочий, но именно на этом этапе происходит заложение основ этих систем.

На данном этапе в коллективе преобладают неформальные отношения, равноправие участников, осуществляется дружеское управление. Для успешного перехода на новую стадию ЖЦ требуется высокая вовлеченность и концентрация руководителей на развитии движения. Уверенность в идее, твердость руки, самоотверженный труд руководителей являются залогом выживания ССО на данном этапе.

Движение в озвученном направлении предопределяет необходимость и целесообразность усиления централизации ресурсов и полномочий и, как следствие, формирования аппарата штаба ССО. Отобранные из числа лучших представителей движения, сотрудники аппарата

Табл. 1. Последовательность преобразования ОС штаба ССО образовательной организации
Tab. 1. Sequence of transformation OS SCU headquarters of educational organization

Год функционирования штаба ССО	Наименование элемента ОС	Целевые функции	Стадия ЖК ССО по модели И. Адизеса	Стадия ЖК ССО по модели Е. Емельянова и С. Поварницыной
1	Линейный студенческий строительный отряд (ЛСО)	• Заложение традиций • Импорт внешнего опыта • Формирование организационно-управленческого и кадрового потенциала	Зарождение	Тусовка
2	Аппарат штаба (командир, комиссар, инженер)	• Управление ССО • Построение и совершенствование процессной деятельности	Младенчество	Механизация
2–3	Сводный ССО	• Реализация процессной деятельности • Участие в трудовых проектах • Пополнение организационно-управленческого и кадрового потенциала	Высокая активность (детство)	Механизация
3–4	Совет ССО	• Консолидация накопленного опыта • Внутренний и внешний трансферт технологий • Представительство во внешних мероприятиях • Разработка и реализация новых проектов	Юность	Внутреннее предпринимательство
3–5	Совет ветеранов ССО	• Консолидация традиций • Систематизация истории • Наградная политика • Выработка рекомендаций по совершенствованию процессной деятельности	Расцвет	Внутреннее предпринимательство

штаба, полностью разделяющие идею, обладающие необходимым опытом, осуществляют построение процессной деятельности, систематически внося изменения в различные аспекты деятельности движения. Формирование аппарата штаба ССО можно считать переходом на стадию «Высокая активность» («Детство»), или «Механизация».

На данном этапе происходит формализация отношений, процедур, углубляется разделение труда, осуществляются попытки стандартизации и оптимизации процессов. На данном этапе крайне важно обеспечить системное управляемое функционирование административно-управленческого аппарата, так как противодействие формирующимся правилам будет оказывать существенное влияние на процессы трансформации и функционирования ССО.

Наряду с аппаратом штаба в рамках стадии «Механизация» в вузовском движении ССО может быть сформирован *сводный студенческий строительный отряд*, объединяющий все линейные отряды и являющийся ключевым исполнителем решений аппарата штаба. Функционирующий круглогодично сводный ССО решает вопросы процессной деятельности и является основной действующей силой движения. В соответствии с моделью И. Адизеса, появление в составе стройотрядовского движения вуза сводного ССО соответствует переходу на стадию «Юность».

Важной особенностью данной стадии является снижение централизации управления и частичное делегирование аппаратом штаба полномочий сводному ССО. Возможными кризисными явлениями на данной стадии могут являться конфликт «старых» и «новых» руководителей. Преодоление данных противоречий возможно путем построения четких процедур деятельно-

сти, распределения обязанностей, полномочий и ответственности, определения и признания всеми участниками приоритетов движения.

Успешное прохождение стадий «Детство» и «Юность» (по И. Адизесу) и стадии «Механизация» (По Е. Емельянову и С. Поварницыной) свидетельствует о переходе ССО к стадии «Расцвет», или «Внутреннее предпринимательство», рассматриваемых моделей соответственно. На данных стадиях стратегически важно не утратить стремления к развитию, подменив его стремлением к сохранению достигнутых результатов.

Наиболее целесообразно на данных стадиях поддерживать инициативы и начинания участников движения, создавая благоприятную среду для развития новых проектов. Реализация данной идеи может быть осуществлена путем учреждения Совета ССО и Совета ветеранов ССО, объединяющих наиболее опытных и системных представителей движения. Совет ССО становится площадкой консолидации ресурсов и развития новых идей, в то время как Совет ветеранов объединяет наиболее заслуженных участников движения, большая часть из которых, завершив обучение, больше не может принимать участие в решении повседневных задач ССО.

В рамках данных стадий крайне важно не останавливаться на достигнутых результатах, продолжать работу по совершенствованию производственных процессов, поиску и развитию новых идей и проектов, расширению сфер деятельности и географии работ. При успешном выполнении данных условий возможно обеспечение нахождения ССО на данной стадии достаточно продолжительное время.

Обращаясь к опыту НИУ МГСУ, можно заключить, что формирование ОС штаба ССО НИУ МГСУ в 2010–2019 годах происходило в соответствии с представленной последовательностью,

однако сроки интеграции в ОС новых элементов были несколько большими, что определялось недостаточной подготовленностью вузовского движения, необходимостью обеспечения устойчивого функционирования формируемой ОС и нехваткой квалифицированных управленческих кадров. ОС штаба ССО НИУ МГСУ с 2017 по 2019 годы представлена на рисунке 3.

Результаты

Представленная методика последовательного преобразования ОС движения ССО образовательной организации была разработана и апробирована штабом ССО НИУ МГСУ в 2011–2019 годах. Внедрение передового опыта организационно-управленческой деятельности, систематическое и последовательное совершенствование производственных процессов, реализация меритократических принципов назначения и выбора руководителей, формирование к 2017 году эффективной организационной структуры вузовского движения ССО позволило штабу ССО НИУ МГСУ:

- 1) обеспечить увеличение числа бойцов до 222 человек;
- 2) за 2015–2018 годы дать приобрести свыше 650 обучающимся НИУ МГСУ рабочие профессии;
- 3) трижды (в 2014, 2017 и 2018 гг.) быть удостоенным титула «Лучший Штаб студенческих отрядов образовательной организации города Москвы»;
- 4) став основой команды Центрального федерального округа, дважды становиться победителем Всероссийского конкурса профессионального мастерства среди студенческих отрядов #ТРУДКРУТ (в 2016-м и 2017-м);
- 5) ежегодно получать до 50 % общероссийской квоты ГК «Росатом» при формировании МССО.

Следует отметить, что данные результаты были достигнуты усилиями 5 штатных сотрудников штаба ССО НИУ МГСУ, четверо из которых являлись обучающимися и выполняли профессиональную деятельность в условиях частичной занятости. Взаимодействуя с ГК «Росатом», штабом ССО НИУ МГСУ было обеспечено участие обучающихся университета во всех крупных современных инвестиционно-строительных проектах Гос-корпорации, в том числе и международных. С 2015 года штабом ССО НИУ МГСУ совместно с НОУ «Учебный центр профес-

сиональной подготовки рабочих строительномонтажного комплекса атомной отрасли» реализовывалась программа «Инженеру – рабочую профессию», обеспечивающая существенное повышение профессиональных компетенций бойцов ССО. В 2018 году в рамках взаимодействия ССО НИУ МГСУ и АО ИК «АСЭ» было впервые проведено обучение участников движения ССО университета Производственной системе «Росатом».

Выводы

Разработанная и апробированная в процессе развития движения ССО НИУ МГСУ методика преобразования организационной структуры студенческого строительного отряда является действующей и эффективной моделью. Ее применимость и результативность подтверждена приведенными высокими количественными и качественными показателями деятельности ССО НИУ МГСУ в 2011–2018 годах.

Фактическое отсутствие в настоящее время схожих результатов, достигнутых движением студенческих отрядов иных образовательных организаций, подчеркивает не только потенциал, заложенный в штабной тип ОС ССО, но и необходимость, и целесообразность осуществления долгосрочного стратегического планирования деятельности ССО с использованием представленной методики преобразования ОС ССО.

Студенческие отряды, при соответствующей организации деятельности, могут обеспечить совершенствование процессов производственной практики, открыть для обучающихся новые возможности и, тем самым, повысить качество подготовки молодых специалистов. Строительномонтажные, проектно-изыскательские организации, в свою очередь, смогут обеспечить формирование собственного кадрового потенциала, отвечающего самым современным требованиям.

По своей природе ССО является чрезвычайно зависимым от внешних условий участником образовательных и производственных процессов, однако наряду с этим данное движение позволяет использовать колоссальный потенциал инициативы, креативности, географической и профессиональной мобильности учащейся молодежи и при умелом использовании открывает новые возможности как перед образовательными организациями, так и перед предприятиями строительной отрасли.

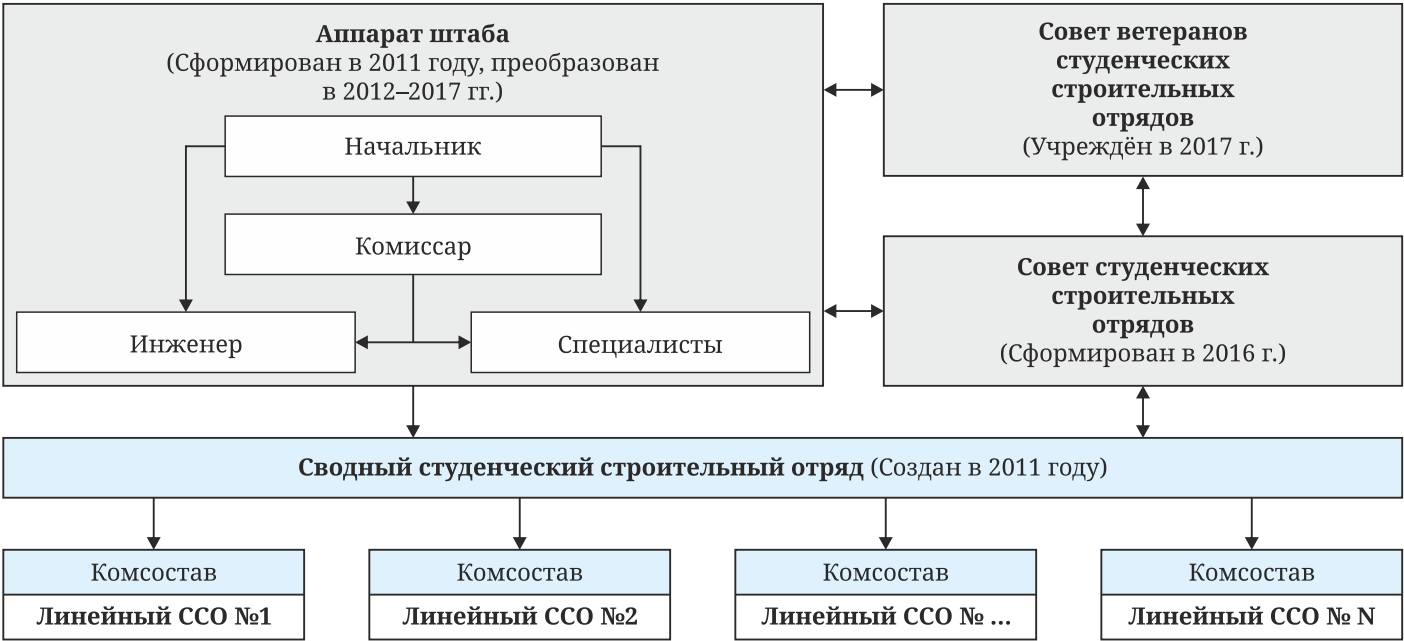


Рис. 3. Организационная структура штаба ССО НИУ МГСУ (по состоянию на 2019 г.)
Fig. 3. Organizational structure of headquarters in SCU MSUCE (as of 2019 year)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарькин И. Н. Производственная практика: формирование профессиональных компетенций бакалавров / И. Н. Гарькин, Л. М. Медведева, О. М. Назарова // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. – 2017. – № 1 (4). – С. 54–57.
2. Подгайный В. И. Студенческие строительные отряды как один из инструментов подготовки квалифицированных рабочих кадров для строительной отрасли страны / В. И. Подгайный, Б. З. Тутаришев // Научные труды КубГТУ. – 2016. – № 8. – С. 335–346.
3. Волков А. А. Национальный исследовательский Мо-

REFERENCES

1. Gar'kin I. N. Proizvodstvennaya praktika: formirovanie professional'nykh kompetentsij bakalavrov [Professional practice: formation of professional competence bachelor] / I. N. Gar'kin, L. M. Medvedeva, O. M. Nazarova // Vestnik PGUAS: stroitel'stvo, nauka i obrazovanie [PGUAS Bulletin: construction, science and education]. – 2017. – № 1 (4). – P. 54–57.
2. Podgajnyj V. I. Studencheskie stroitel'nye otryady kak odin iz instrumentov podgotovki kvalifitsirovannykh rabochikh kadrov dlya stroitel'noj otrasli strany [Student construction teams as a tool for training of skilled workers for the

- сковский государственный строительный университет // Недвижимость: экономика, управление. – 2018. – № 1. – С. 6–8.
4. Морозенко А. А. Аналитический расчет надежности участников инвестиционно-строительных проектов как элементов организационной структуры / А. А. Морозенко, И. Е. Воронков // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – № 8. – С. 27–29.
 5. Адизез И. К. Управление жизненным циклом корпорации / Перев. с англ. В. Кузина под науч. ред. А. Г. Сеферяна. – Москва : Издательский дом «Питер», 2007. – 383 с.
 6. Бархатов В. И. Интеграция теорий жизненных циклов в эволюционную теорию корпорации / В. И. Бархатов, Д. А. Плетнев // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2013. – № 3 (119). – С. 150–157.
 7. Емельянов Е. Н. Психология бизнеса / Е. Н. Емельянов, С. Е. Поварницына. – Москва : Армада, 1998. – 511 с.
 8. Воронков И. Е. Основы механизмов оценки надежности предприятий – участников инвестиционно-строительных проектов как элементов организационной структуры // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13, № 2 (113). – С. 249–257.
 9. Воронков И. Е. Типология организационных структур современных студенческих строительных отрядов / И. Е. Воронков, Р. В. Островский // Строительное производство. – 2020. – № 2. – С. 86–94.
 10. Хорошилова Т. В. Студенческие городские отряды вузов Дальнего Востока (вторая половина 1950-х гг. – 1991 г.) // Власть и управление на Востоке России. – 2011. – № 1 (54). – С. 123–128.
 - construction industry of the country] / V. I. Podgajnyj, B. Z. Tutarishev // Nauchnye trudy KubGTU [Scientific works of the Kuban State Technological University]. – 2016. – № 8. – P. 335–346.
 3. Volkov A. A. Natsional'nyj issledovatel'skij Moskovskij gosudarstvennyj stroitel'nyj universitet [Moscow State University of Civil Engineering] // Nedvizhimost': ekonomika, upravlenie [Real estate: Economics, Management]. – 2018. – № 1. – P. 6–8.
 4. Morozenko A. A. Analiticheskij raschet nadezhnosti uchastnikov investitsionno-stroitel'nykh proektov kak ehlementov organizatsionnoj struktury [Analytical calculation of reliability of participants in investment and construction projects as elements of organizational structure] / A. A. Morozenko, I. E. Voronkov // Nauchno-tekhnicheskij vestnik Povolzh'ya [Scientific and Technical Volga region Bulletin]. – 2018. – № 8. – P. 27–29.
 5. Adizez I. K. Upravlenie zhiznennym tsiklom korporatsii [Managing corporate lifecycles] / Russ. ed.: V. Kuzina, G. Seferyan. – Moscow : Izdatel'skij dom «Piter», 2007. – 383 p.
 6. Barkhatov V. I. Integratsiya teorii zhiznennykh tsiklov v ehvolyutsionnuyu teoriyu korporatsii [Integration theory of life cycles in evolutionary theory of corporation] / V. I. Barkhatov, D. A. Pletnev // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye nauki [Tambov university review. Series: Humanities]. – 2013. – № 3 (119). – P. 150–157.
 7. Emel'yanov E. N. Psikhologiya biznesa [Psychology of business] / E. N. Emel'yanov, S. E. Povarnitsyna. – Moscow : Armada, 1998. – 511 p.
 8. Voronkov I. E. Osnovy mekhanizmov otsenki nadezhnosti predpriyatij – uchastnikov investitsionno-stroitel'nykh proektov kak ehlementov organizatsionnoj struktury [Fundamentals of mechanisms for assessing the reliability of enterprises - participants in investment and construction projects as elements of the organizational structure] // Vestnik MGSU [MGSU Bulletin]. – 2018. – № 2 (113). – P. 249–257.
 9. Voronkov I. E. Tipologiya organizatsionnykh struktur sovremennykh studencheskikh stroitel'nykh otryadov [Typology of organizational structures of modern student construction units] / I. E. Voronkov, R. V. Ostrovskij // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 2. – P. 86–94.
 10. Khoroshilova T. V. Studencheskie gorodskie otryady vuzov Dal'nego Vostoka (vtoraya polovina 1950-kh gg. – 1991 g.) [Student town teams of the institutes of higher education of the Far East (second-half of the 1950-1991th)] // Vlast' i upravlenie na Vostoke Rossii [The Power and Administration in the East of Russia]. – 2011. – № 1 (54). – P. 123–128.



УДК 658.5.011

Применение методов экспертной оценки в научном исследовании. Необходимое количество экспертов

Application of Expert Judgments Methods in Scientific Research. Determination of the Required Number of Experts

Загорская Ангелина Владимировна

Аспирант, кафедра «Технологии и организация строительного производства», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26, lina.zagorskaya@gmail.com

Zagorskaya Angelina Vladimirovna

Post graduate student of the Department of Technologies and Organizations of Construction Production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavl'skoe Shosse, 26, lina.zagorskaya@gmail.com

Липидус Азарий Абрамович

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологии и организация строительного производства», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26, lapidusAA@mgsu.ru

Lapidus Azarij Abramovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, head of the Department of Technologies and Organizations of Construction Production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavl'skoe Shosse, 26, lapidusAA@mgsu.ru

Аннотация

Методы экспертной оценки широко применяются в научных исследованиях. В различных областях науки разработаны подходы к организации экспертного опроса и формализованы способы обработки результатов. При этом один из ключевых вопросов изучен недостаточно – сколько экспертов нужно привлечь, чтобы результаты экспертной оценки соответствовали цели исследования. В статье поставлена задача определения минимального количества экспертов, необходимого для ранжирования объектов, рассмотрены существующие подходы к определению минимального количества экспертов, сделаны выводы об отсутствии универсального способа определения количества экспертов, приведен обзор практического опыта зарубежных исследований. С целью определения необходимого количества экспертов, в зависимости от целей и задач исследования, на основании методов математической статистики предложен универсальный алгоритм определения минимального количества экспертов. С применением предложенного алгоритма рассчитано минимальное количество экспертов для поставленной задачи априорного ранжирования, а также предложен алгоритм проведения экспертного опроса при априорном ранжировании.

Ключевые слова: экспертный анализ, количество экспертов, априорное ранжирование, критерий Пирсона, коэффициент конкордации Кендалла.

Abstract

Expert judgments methods are widely used in scientific research. In various fields of science, approaches to organizing expert surveys have been developed and methods for processing results have been formalized. At the same time, one of the key issues

has not been sufficiently studied – how many experts need to be involved in order for the results of the expert judgments to meet the research goal. The article sets the task of determining the minimum number of experts required for ranking objects, examines existing approaches to determining the minimum number of experts, concludes that there is no universal method for determining the number of experts, and provides an overview of the practical experience of foreign research. In order to determine the required number of experts, depending on the goals and objectives of the study, a universal algorithm for determining the minimum number of experts is proposed based on the methods of mathematical statistics. Using the proposed algorithm, the minimum number of experts for the task of a priori ranking is calculated, and an algorithm for conducting an expert survey for a priori ranking is proposed.

Keywords: expert judgments, number of experts, prior ranking, Pearson's test, Kendall's coefficient of concordance.

Введение

Методы экспертной оценки используются в научных исследованиях, когда известных сведений недостаточно, требуется перейти от качественных показателей к порядковым, целесообразно уточнить параметры математической модели, отсеять несущественные факторы при планировании эксперимента, а также для решения ряда подобных задач.

В различных областях науки разработаны подходы к организации экспертного опроса, формализованы способы обработки, оценки точности и достоверности экспертных оценок, установлены требования к квалификации экспертов [1]. При этом один из важных для исследователя вопросов изучен недостаточно – сколько экспертов нужно привлечь, чтобы результаты экспертной оценки соответствовали цели исследования.

Данная статья посвящена вопросу определения необходимого количества экспертов, который в настоящий момент не раскрыт в полном объеме.

Вопросы, рассмотренные в настоящей статье, возникли при исследовании аспектов научно-технического сопровождения проектирования. В ходе исследования была поставлена задача определения минимального количества экспертов для ранжирования факторов, оказывающих влияние на состав работ научно-технического сопровождения проектирования. Для целей статьи задача сформулирована в общем виде.

Постановка задачи

Необходимо ранжировать 10 объектов в порядке возрастания некоторого присущего им свойства. Требуется определить минимальное количество экспертов для участия в экспертном опросе.

Структура статьи

Статья состоит из введения, четырех разделов и заключения.

В разделе 1 осуществлена попытка поиска универсального способа определения количества экспертов, выполнен обзор существующих способов. Различными способами рассчитано минимальное количество экспертов для решения поставленной задачи и сформулированы выводы о возможности применения существующих способов для целей исследования.

В разделе 2 приведен обзор практического опыта зарубежных исследований с применением экспертных оценок, раскрыты особенности

различных подходов к формированию квалифицированной экспертной группы.

В разделе 3 приведен алгоритм определения необходимого количества экспертов на основе методов планирования эксперимента и математической статистики.

В разделе 4 приведено решение поставленной задачи.

По результатам исследования вопроса определения необходимого количества экспертов сделан вывод об отсутствии надежного универсального способа, предложен универсальный алгоритм, основанный на методах планирования эксперимента и математической статистики. Предложено решение поставленной задачи определения минимального количества экспертов.

Раздел 1. Поиск универсального метода определения количества экспертов

В отечественных учебниках [2], специализированной литературе [3] и публикациях [4; 5] описаны различные подходы к определению состава экспертной группы и предложены способы расчета требуемого количества экспертов.

В таблице 1 выполнено сравнение известных способов определения количества экспертов, рассчитано минимальное количество экспертов для поставленной задачи и сформулированы выводы о возможности применения способов в исследовании для решения поставленной задачи.

На рисунке 1 наглядно представлены результаты расчета минимального количества экспертов рассмотренными в таблице 1 способами.

По результатам анализа подходов к определению минимального количества экспертов, с учетом различия в полученных результатах, можно сделать вывод, что ни один из представленных способов не является универсальной гарантией достоверности и статистической значимости исследования.

Следует отметить, что способы № 4, № 8–11 предполагают проведение «пилотного» экспертного опроса или наличие экспертиз-аналогов, на основании которых могут быть назначены необходимые для расчета показатели и уточнено количество экспертов.

Наибольший интерес для авторов представляет распространенный способ № 6, вытекающий из способа № 5. Авторами был проведен детальный анализ формулы, предложенной в способе № 6, и подтверждено утверждение [5], что для поставленной задачи показатель «S», ко-

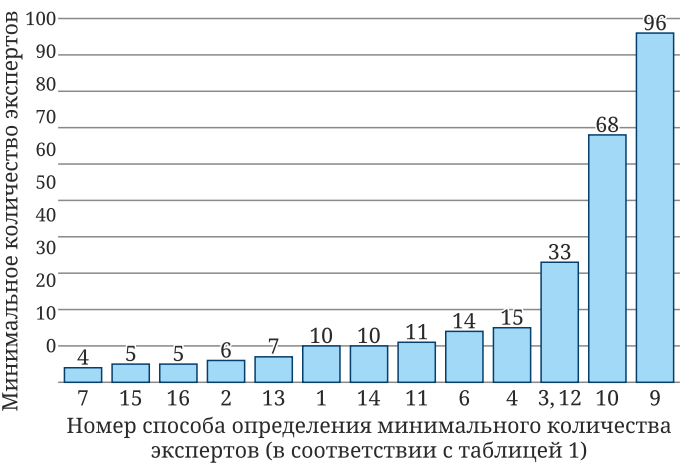


Рис. 1. Результаты расчета минимального количества экспертов для решения поставленной задачи различными способами

Fig. 1. The results of the calculation of the minimum number of experts for solving tasks in various ways

торый назван «показателем зависимости от количества оцениваемых экспертами объектов к сумме квадратов отклонения от среднего», имеет квадратическую зависимость от количества экспертов, принимающих участие в опросе (чем больше экспертов, тем больше значение «S»).

При этом авторы не могут согласиться с [5], что для расчета необходимого количества экспертов можно принять значение «S» произвольным или в предложенном диапазоне от 10 до 100, а определяющим фактором минимального значения количества экспертов для надежного принятия решения нужно считать размер коэффициента конкордации Кендалла. Парадокс данного подхода заключается в следующем:

- Во-первых, чем выше предполагаемое значение коэффициента конкордации (чем более согласованы экспертные мнения), тем меньше требуется экспертов. Очевидно, что для максимальной согласованности достаточно узнать мнение одного эксперта.
- Во-вторых, максимальное значение показателя «S», которое могло бы увеличить количество необходимых экспертов, невозможно корректно установить до проведения исследования. Кроме того, как уже было отмечено, значение «S» имеет прямую зависимость от значения « m^2 », где m – количество экспертов, принимающих участие в исследовании.
- В-третьих, данный подход противоречит мнению авторитетного в изучаемом вопросе ученого [18, начало цитаты, перевод автора]: «научный подход заключается в получении согласованного экспертного мнения, однако экспертный опрос не может предвосхищать эту роль и, следовательно, не может иметь своей целью экспертное согласие».

Выводы по разделу 1

1. Рассмотренные способы могут применяться в частных случаях, однако универсальный

метод расчета необходимого количества экспертов, обеспечивающий достоверность и статистическую значимость исследования, отсутствует.

2. Ни один из рассмотренных способов не может быть однозначно применен для решения поставленной задачи.

Раздел 2. Зарубежный опыт проведения исследований с применением экспертных оценок

Анализ опыта Западной Европы, Китая и США интересен с точки зрения применения экспертных оценок в практических исследованиях различных областей науки. Однако в большинстве опубликованных исследований не раскрывается методика определения количества экспертов. В данной статье приведены фактические материалы, иллюстрирующие количество экспертов, принимавших участие в зарубежных исследованиях.

Одним из лидирующих научно-исследовательских учреждений в сфере экспертных оценок является Университет TU Delft (Делфтский технологический университет, Нидерланды). В работах Университета по изучаемому вопросу рассмотрены методики проведения экспертного опроса и обобщения полученных результатов. Важное значение имеют работы ученого Роджера Кука, который в 1991 году предложил и затем неоднократно дорабатывал «классическую модель» [18] подтверждения экспертных суждений.

С точки зрения формирования экспертной группы, особенность «классической модели» заключается в качественной «калибровке» экспертов и их компетенции в части «целевых» (интересующих исследователя) вопросов. Процесс организован следующим образом:

1. На основании данных статистики составляются «калибровочные» вопросы, близкие к теме исследования, но с известными «правильными» ответами.
2. Эксперт отвечает сначала на «калибровочные», затем на «целевые» вопросы (по которым на момент проведения исследования отсутствует возможность эмпирической проверки ответов).
3. При обобщении результатов экспертной оценки по «целевым» вопросам наибольший вес будет иметь мнение эксперта, который дал наиболее точные ответы на «калибровочные» вопросы.

Подход Кука широко применяется на практике. На рисунке 2 представлены результаты анализа 32 исследований [18], в основе которых лежит «классическая модель».

Из рисунка 2 видно, что вне зависимости от области исследования и количества «целевых» вопросов, в опросах принимали участие не более 31 эксперта. Однако следует отметить, что в соответствии с [18] при обработке результатов исследования в области влияния радиации на почву (244 «целевых» вопроса) количество экспертов (4 человека) было признано недостаточным.

Табл. 1. Сравнение подходов к определению минимального количества экспертов
Tab. 1. Comparison of approaches to determining the minimum number of experts

№	Способ	Источник	Первоисточник	Формула	Где	Ограничения и преимущества
1	2	3	4	5	6	7
1	По количеству оцениваемых объектов	[4]	[6]	$m \geq n$	n – количество оцениваемых объектов	—
2	По допустимой ошибке экспертного анализа	[5]	[6]	$m=0,5(0,33/b+5)$	b – ошибка результата экспертного анализа	—
3		[2]	[3]	$m=0,5(3/b+5)$	b – ошибка результата экспертного анализа	В соответствии с [2], применим к экспертному опросу методом Дельфи
4	По количеству экспертов в предварительно сформированной группе и компетентности экспертов	[4]	[6]	$m \leq \frac{3}{2Q_{\max}} \sum_{i=1}^m Q_i$	m^* – количество экспертов в предварительно сформированной группе Q_i – компетентность i -го эксперта, которая оценивается в баллах, например, рекомендуется от 1 до 5 баллов	—
5	По величине дисперсии предполагаемой выборки и минимальной величине коэффициента согласованности	[5]	—	$m = \sqrt{\frac{12 \sum_{i=1}^n D_i^2}{W(n^3 - n)}}$	n – количество оцениваемых объектов, m – число экспертов, участвующих в проведении экспертного опроса, D – дисперсия отклонений от среднего	Для использования данной формулы необходимо знать дисперсию выборки
6		[5,9]	—	$m = \sqrt{\frac{S}{W}}$	S – показатель зависимости от количества оцениваемых экспертами объектов к сумме квадратов отклонения от среднего, W – коэффициент конкордации Кендалла	Чем ниже ожидаемый коэффициент согласованности, тем больше экспертов необходимо привлечь для принятия обоснованного решения, и наоборот, чем более единогласны эксперты, тем меньше их нужно
7	По количеству оцениваемых объектов	[5]	—	$m = \sqrt{n}$	n – количество оцениваемых объектов	Работает только, если эксперты имеют высочайшую квалификацию по данному вопросу. Формула предложена автором исходя из формул, приведенных в п. 4 на основании квадратической зависимости между дисперсией и количеством экспертов
8	Исходя из заданного уровня ошибки измерений и среднеквадратического разброса	[5]	—	$m = \left(\frac{t\sigma}{M} \right)^2$	t – коэффициент Стьюдента; σ – среднеквадратический разброс; M – уровень ошибки	Среднеквадратический разброс возможно принять на основании результатов предыдущих экспертиз. Уровень ошибки назначается с учетом требований к ожидаемым результатам
9	Исходя из заданного коэффициента вариации и ошибки среднего (мнение экспертов учитывается по нормальному закону распределения)	[5]	—	$m = \left(\frac{tV}{M\%} \right)^2$	V – коэффициент вариации, $M\%$ – ошибка среднего, %	Уровень ошибки назначается с учетом требований к ожидаемым результатам. Зависимость коэффициента Стьюдента от значения вероятности установлена для бесконечного количества результатов (не совсем корректно применять ее к выборке из n -значений)

Минимальное количество экспертов	Значения, принятые при расчете	Примечание	Возможность применения
8	9	10	11
10	$n=10$	Не представляется возможным проверить область применения данной формулы – первоисточник [6] цитируют более 50-ти работ, однако он отсутствует в научной электронной библиотеке e-library, каталоге Российской государственной библиотеки и в поисковой системе Академия Google	Скорее нет, чем да
6	Принята допустимая ошибка в 5 %, $b = 0,05$	Вероятно, в формуле опечатка, т. к. в [3] формула имеет другой вид	Нет
33	Принята допустимая ошибка в 5 %, $b = 0,05$	В первоисточнике отсутствуют комментарии о возможности применения формулы исключительно для метода Дельфи	Скорее да, чем нет
15	m^* принята равной 10. Принята максимальная квалификация, равная 5. Принято, что все эксперты имеют наивысшую квалификацию	В дополнительном источнике [8] данная формула трактуется как формула для определения максимального, а не минимального количества экспертов	Скорее нет, чем да
—	$w = 0,5$ (согласованность средняя), $n = 10$, задать D не представляется возможным	Количество экспертов определяется исходя из статистических показателей результатов экспертной оценки. На стадии планирования экспертного опроса данные результаты отсутствуют. Кроме того, может отсутствовать практический опыт проведения аналогичных экспертных опросов, на основании которого можно было бы принять вероятностные характеристики. Также не представляется возможным оценить корректность принимаемых в расчет характеристик	Скорее нет, чем да
14	$w = 0,5$ (среднее значение коэффициента согласованности), $s = 100$ (максимальное значение из предложенных в [5])		Скорее нет, чем да
4	$n=10$		Скорее нет, чем да
—	Не представляется возможным корректно задать среднеквадратический разброс	Количество экспертов определяется исходя из статистических показателей результатов экспертной оценки. На стадии планирования экспертного опроса данные результаты отсутствуют. Кроме того, может отсутствовать практический опыт проведе-	Скорее нет, чем да
96	Коэффициент вариации принят равным $V = 50\%$; значение вероятности – 0,95, соответствующий ей коэффициент Стьюдента 1,96. Ошибка среднего – 10 %		Скорее нет, чем да

Продолжение таблицы 1

№	Способ	Источник	Первоисточник	Формула	Где	Ограничения и преимущества
1	2	3	4	5	6	7
10	Исходя из заданного коэффициента вариации и ошибки среднего (мнение экспертов соответствует гамма-распределению)	[5]	—	$m = \left(\frac{V U_p}{M} \right)^2$	V – коэффициент вариации; U_p – квантиль нормального распределения, определяемый в зависимости от требуемой вероятности	Требуется меньше экспертов, чем при расчете по нормальному распределению, т. к. точность выше
11	Исходя из отношения дисперсии к средней ошибке выборки	[4]	—	$m = \frac{\sigma^2}{\mu^2}, \text{ если } m > 30$ $m + \frac{\sigma^2}{\mu^2} = 1, \text{ если } m < 30$	μ^2 – это дисперсия возможных значений выборочной средней; σ^2 – дисперсия	Исходя из практического опыта рассчитано количество экспертов для ряда типовых значений ($\mu/2\sigma$) и получен рекомендуемый количественный состав экспертной группы. Отмечено, что в случаях, когда необходимо получить «более достоверные» результаты, количество может быть увеличено
12	Установление максимальной и минимальной границ численности группы экспертов	[3]	—	1.Максимальная численность экспертов определяется из условия высокой средней компетентности экспертов $m_{\max} = \frac{3 \sum_{i=1}^n K_i}{2k_{\max}}$	Где K_i –компетентность i -го эксперта, $K_{\max}$ – максимально возможная компетенция	—
				2. Минимальная численность экспертной группы определяется исходя из условия стабилизации средней оценки прогнозируемой характеристики (включение или исключение одного эксперта незначительно влияет на среднюю оценку) $m_{\min} + 0,5 \left(\frac{3}{\varepsilon} = 5 \right)$	Где ε – допустимая величина изменения средней оценки	
13	На основании практического опыта	[4]	—	Не менее 7 и не более 20 человек	—	—
14		[4]	—	Не менее 10 и не более 30	—	—
15		[16]	—	Оптимальное количество экспертов лежит в диапазоне от 8 до 12 человек, при этом доказано, что наиболее оптимальным является количество экспертов равное 5	Отмечено, что обрабатывать математически индивидуальные суждения экспертов более эффективно, чем добиваться единого мнения группы экспертов	5
16	Подход к определению количества экспертов на основании требований к полноте результатов	[17]	—	Состав группы экспертов должен быть таким, чтобы были освещены все «релевантные аспекты» для решения поставленного вопроса, т. е. 3 эксперта, освещающих разные стороны вопроса, дадут более точную оценку, чем 5 экспертов, специализирующихся на одной стороне вопроса	b – ошибка результата экспертного анализа	—

Минимальное количество экспертов	Значения, принятые при расчете	Примечание	Возможность применения
8	9	10	11
68	Коэффициент вариации принят равным $V = 50\%$; значение вероятности – 0,95, соответствующий ей коэффициент Стьюдента 1,96. Ошибка среднего – 10 %	ния аналогичных экспертных опросов, на основании которого можно было бы принять вероятностные характеристики. Также не представляется возможным оценить корректность принимаемых в расчет характеристик	Скорее нет, чем да
21	Значение $\mu/2\sigma$ принято равным 0,05 – наиболее точное из предложенных авторами		Скорее нет, чем да
50	Принята допустимая ошибка в 5 %, $b = 0,05$. Принята максимальная квалификация, равная 5. Принято, что все эксперты имеют максимальную квалификацию (если часть экспертов будет иметь квалификацию ниже максимальной, максимальная численность экспертов будет расти)	Максимальное количество экспертов имеет прямую зависимость от принятого в расчет количества экспертов (т. к. вычисляется сумма их компетенций). Не представляется возможным определить, как использовать полученный результат	Скорее нет, чем да
33		Аналогично способу № 3 – по допустимой ошибке экспертного анализа	Скорее да, чем нет
7	—	—	Скорее нет, чем да
10	—	—	Скорее нет, чем да
10	—	—	Скорее нет, чем да
6	Принята допустимая ошибка в 5 %, $b = 0,05$	Вероятно, в формуле опечатка, т. к. в [3] формула имеет другой вид	Нет

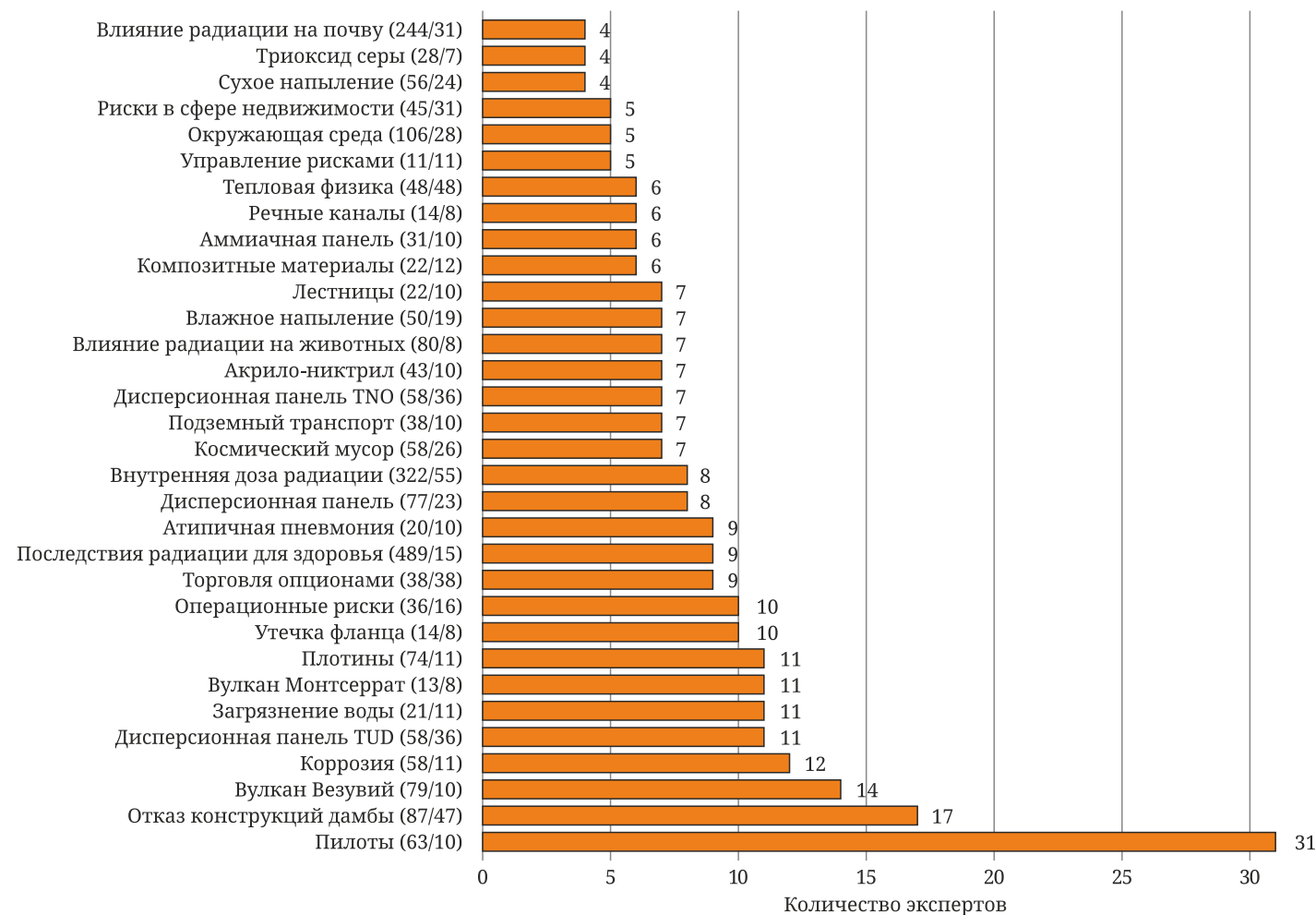


Рис. 2. Количество экспертов, принимавших участие в исследованиях с применением «классической модели». По оси ординат указана область исследования, в скобках приведено количество исследуемых вопросов в формате («целевые» вопросы / «калибровочные» вопросы)

Fig. 2. The number of experts who participated in the research using the «classical model». The ordinate axis indicates the research area, and the number of questions studied in parentheses is shown in the format («target» questions / «calibration» questions)

На рисунке 3 представлены примеры еще 8 исследований с применением различных методов экспертной оценки [19–27].

Некоторые из приведенных на рисунке 3 исследований, по мнению авторов, представляют интерес с точки зрения формирования экспертной группы и обоснования относительно небольшого количества экспертов, привлекаемых к решению задачи исследования.

Так, в исследовании 8 [19] принимало участие 26 экспертов. Эксперты ответили на вопросы и провели самооценку уровня компетенции. Затем каждый из принимавших участие в опросе ученых в течение двух лет занимался изучением проблемы исследования. Спустя два года экспертный опрос был проведен повторно, и 13 экспертов изменили свое первоначальное мнение.

В исследовании 4 [20] принимало участие 10 человек, каждый из которых был представителем комитета или неофициальной группы лиц, заинтересованной в проблеме исследования. Таким образом, каждый эксперт представлял не только свое мнение, но и мнение группы, к которой принадлежал.

В исследовании 7 [22] принимало участие 19 экспертов международного уровня, а в исследовании 5 [26] – 12 экспертов, обладающих опытом в различных областях лучевой терапии: врачи, медицинские физики, дозиметристы и радиологи. Задачи исследования были непосредственно связаны с повседневной работой экспертов. Перед сессиями был проведен тестовый запуск с тремя экспертами, чтобы получить общие отзывы об организации проведения опроса и ясности постановки задачи.

Выводы по Разделу 2

1. Методы экспертных оценок широко применяются в различных областях науки и практической деятельности. При этом каждое исследование имеет определенную цель и задачи.

2. Методология проведения экспертной оценки и количество экспертов, принимающих участие в исследовании, зависят от поставленных целей и задач.

3. Цели и задачи некоторых исследований позволяют получать достоверные результаты при небольшом количестве экспертов (порядка 30



Рис. 3. Количество экспертов, принимавших участие в исследованиях, и количество изучаемых объектов

Fig. 3. The Number of experts who participated in the research and the number of objects studied

человек) при соответствующей «калибровке» и высокой квалификации участников опроса.

Раздел 3. Алгоритм определения необходимого количества экспертов

По результатам анализа, выполненного в разделах 1 и 2, установлено, что универсальный метод расчета необходимого количества экспертов, обеспечивающий достоверность и статистическую значимость исследования, отсутствует. Следовательно, для принятия решения при формировании группы экспертов необходимо обратиться к методам планирования эксперимента, математической статистике и перейти к термину «определение объема выборки».

Алгоритм определения объема выборки приведен в [10, стр. 161, 405] и наглядно представлен на рисунке 4.

Рассмотрим подробнее этапы определения объема выборки.

1. Вид данных

Данные в статистике – это основные элементы, которые необходимо проанализировать. При этом различным видам данных соответствуют различные методы их анализа.

К количественным данным относятся данные, которое можно измерить. Они подразделяются на дискретные (если измеряются только в целых числах, например – количество человек) и непрерывные (если количество десятичных знаков после запятой ограничено только точностью измерения, например – длина, вес). К качественным данным относят данные, представляющие собой свойства элементов выборки, не поддающиеся измерению. При этом различают номинальные данные, для которых единственной количественной оценкой служит частота встречаемости, и порядковые – соответствующие

местам элементов в последовательности. В случае с порядковыми данными можно определить, что одно значение больше другого, но нельзя определить – во сколько раз.

2. Методика проведения исследования

С точки зрения объема выборки, на этапе определения методики исследования важно определиться с количеством групп данных и принципами их формирования. Для экспертного опроса можно привести следующие примеры групп данных:

а) по территориальному признаку: группа 1 – оценки экспертов из Владивостока; группа 2 – оценки экспертов из Москвы и т. д.



Рис. 4. Алгоритм определения объема выборки исходя из чувствительности выбранного статистического критерия
Fig. 4. Algorithm for determining the sample size based on the sensitivity of the selected statistical criterion

б) по времени проведения опроса: группа 1 – оценки экспертов до наступления некоторого события; группа 2 – оценки тех же экспертов, но после наступления некоторого события.

3. Статистический критерий

При анализе результатов используются различные методы оценки статистической значимости результатов опыта, их называют [10, стр. 161] «критериями» или «критериями значимости».

Под чувствительностью критерия понимают способность критерия обнаружить различия. Чувствительность зависит от величины различий, разброса данных и от объема выборки. При этом объем выборки оказывает наибольшее влияние: чем больше выборка – тем чувствительнее критерий. При достаточно больших выборках малейшее различие оказывается статистически значимым. И наоборот, если выборки малы, даже большие различия статистически не значимы. Таким образом, для выявления эффекта необходимо заранее определить необходимую численность выборок.

Критерий, который может быть применен для анализа результатов опыта, зависит от вида анализируемых данных и методики проведения исследования. В работе [10, стр. 404] предлагается таблица для выбора критерия, обобщенный фрагмент которой приведен в таблице 2.

4. Объем выборки

Объем выборки, в соответствии с [10, стр. 161], определяется исходя из чувствительности критерия. При этом методы расчета объема выборки различаются в зависимости от выбранного критерия и могут быть рассмотрены в данной статье в полном объеме.

Выводы по Разделу 3

1. Численность группы экспертов возможно определять исходя из необходимого для исследования объема выборки с применением методов математической статистики.

2. В разделе в общем виде представлен алгоритм определения объема выборки и даны соответствующие пояснения в части определения вида данных, методики исследования и выбора статистического критерия.

Раздел 4. Применение алгоритма к решению поставленной задачи

Решим поставленную задачу в соответствии с алгоритмом, представленным в Разделе 3.

Итак, требуется определить минимальное количество экспертов (m) для участия в экспертном опросе с целью ранжирования 10 объектов (n) в порядке возрастания некоторого присущего им свойства.

1. Определяем вид анализируемых данных как качественные порядковые.

2. Определяем методику проведения исследования.

Задача ранжирования объектов (факторов) с целью определения среди них наиболее / наименее важных известна и формализована. Для ее решения применяются методы формализации априорной информации [11, стр. 47], а именно – метод априорного ранжирования, подробно описанный в [12; 13].

В исследовании может принимать участие одна группа экспертов, но для повышения достоверности исследования в [12, стр. 116] рекомендуется формировать несколько групп исследователей – представителей разных научных школ. Экспертные мнения собираются путем индивидуального анкетирования.

3. Определяем статистический критерий.

При обработке результатов, полученных методом априорного ранжирования, в соответствии с [12; 13] используются:

– коэффициент конкордации Кэнделла (W), с помощью которого оценивают согласованность мнений экспертов;

– критерий Пирсона χ^2 , с помощью которого проверяется гипотеза о неслучайности согласия экспертов.

4. Определение объема выборки.

Определим минимальный объем выборки исходя из чувствительности критерия Пирсона $(\chi^2)\chi_p > \chi_T^2$.

Гипотеза о неслучайности согласия экспертов подтверждается, если выполняется следующее неравенство [12, стр. 114]:

$$\chi_p^2 > \chi_T^2 \tag{1}$$

где χ_p^2 – расчетное значение критерия Пирсона;
 χ_T^2 – табличное значение критерия Пирсона;
так как:

$$\chi_p^2 = W \times m \times (n - 1), \tag{2}$$

где W – коэффициент конкордации Кэнделла;
m – количество экспертов;
n – количество ранжируемых объектов;
Можно перейти к необходимости соблюдения следующего неравенства:

$$W \times m \times (n - 1) > \chi_T^2. \tag{3}$$

Коэффициент конкордации Кэнделла может изменяться от 0 до 1. В соответствии с [12, стр. 113], если он существенно отличается от нуля ($W \geq 0,5$), можно считать, что между экспертами имеется определенное согласие. А если коэффициент конкордации не достаточен ($W < 0,5$), следует проанализировать возможные причины негативного результата (нечетко поставлен вопрос, неверно выбраны объекты ранжирования, подобраны некомпетентные эксперты) и провести повторную экспертизу. То есть к проверке соблюдения неравенства (1) переходят, только когда $W \geq 0,5$. Следовательно, минимальное значение коэффициента конкордации можно принять равным 0,5 и перейти к неравенству:

$$0,5 \times m \times (n - 1) > \chi_T^2. \tag{4}$$

Путем преобразования (4) получим выражение для определения минимального количества экспертов, при котором объем выборки достаточен для обеспечения чувствительности критерия Пирсона:

$$m > \frac{2\chi_T^2}{(n - 1)}. \tag{5}$$

Все значения, приведенные в правой части неравенства (5), известны до проведения эксперимента. При этом значение χ_T^2 зависит от количества ранжируемых объектов и принятого уровня статистической значимости – α . Так как чем меньше уровень статистической значимости, тем меньше риск ошибочно отклонить гипотезу, табличное значение критерия Пирсона принимается для минимального значения α , равного 0,01.

Для $n = 10$ χ_T^2 , в соответствии с [14, стр. 85], принимается равным 21,7. Тогда:

$$m > \frac{2 \times 21,7}{(10 - 1)} > 4,8 \tag{6}$$

Следовательно, в соответствии с (6), для априорного ранжирования 10 объектов необходимо участие, как минимум, 5 экспертов.

На основании неравенства (5) рассчитано и приведено на рисунке 5 минимальное количество экспертов для априорного ранжирования от 2 до 31 объектов. Табличные значения критерия Пирсона приняты при $\alpha = 0,01$. Рассчитать необходимое количество экспертов для ранжирования более чем 31 объекта не представляется возможным в виду ограниченности табличных значений. Кроме того, не рекомендуется [15, стр. 16] ранжировать более 20 объектов.

Принятое таким образом минимальное количество экспертов определяет достаточность объема выборки для применения критерия Пирсона (обеспечивает статистическую значимость). Это обозначает, что при меньшем количестве экспертов результаты опроса нельзя будет применить в дальнейших исследованиях, даже при достижении необходимой согласованности экспертных мнений. С другой стороны, результаты экспертного опроса могут использоваться в дальнейших исследованиях только при условии достаточной согласованности экспертного мнения (обеспечивают достоверность). Это обозначает, что при получении коэффициента конкор-

Табл. 2. Выбор статистического критерия
Tab. 2. Choosing a statistical test

Признак (вид данных)	Исследование				
	Две группы	Более двух групп	Одна группа до и после некоторого события	Одна группа несколько видов событий	Связь признаков
1	2	3	4	5	6
Количественный (нормальное распределение)	Критерий Стьюдента	Дисперсионный анализ	Парный критерий Стьюдента	Дисперсионный анализ повторных измерений	Линейная регрессия, корреляция, метод Блэнда-Алтмана
Качественный	Критерий Пирсона (χ^2)	Критерий Пирсона (χ^2)	Критерий Мак-Нимара	Критерий Кокрена	Коэффициент сопряженности
Качественный порядковый	Критерий Манна-Уитни	Критерий Крускала-Уоллиса	Критерий Уилкоксона	Критерий Фридмана	Коэффициент ранговой корреляции Спирмена



Рис. 5. Минимальное количество экспертов для априорного ранжирования различного количества объектов
Fig. 5. Minimum number of experts for a priori ranking of various number of objects

дации меньше допустимого, экспертный опрос необходимо проводить повторно.

Исходя из вышеизложенного, предлагается алгоритм проведения экспертного опроса, представленный на рисунке 6.

Выводы по Разделу 4

1. Для решения задачи ранжирования объектов с целью определения среди них наиболее / наименее важных применяются методы формализации априорной информации, а именно – метод априорного ранжирования.

2. Получено обоснованное решение поставленной задачи, а именно: для обеспечения статистической значимости при априорном ранжировании 10 объектов необходимо участие, как минимум, 5 экспертов.

3. Задача исследования была поставлена для определения минимального количества экспертов для ранжирования факторов, оказывающих влияние на состав работ научно-технического сопровождения проектирования, однако полученные результаты в целом применимы и к другим аналогичным задачам.

3. Рассчитано минимальное количество экспертов для ранжирования различного количества объектов.

4. Приведен рекомендуемый алгоритм проведения экспертного опроса.

Заключение

В результате исследования вопроса определения необходимого количества экспертов, выполненного в настоящей статье, авторы пришли к следующим выводам:

1. Методы экспертных оценок широко применяются в различных областях науки и прак-

тической деятельности. Каждое исследование имеет определенную цель и задачи, которые определяют методологию проведения экспертной оценки, включающую в себя как подход к обработке результатов экспертного мнения, так и подход к формированию экспертной группы.

2. Отсутствует универсальный метод определения минимального количества экспертов, обеспечивающий достоверность и статистическую значимость исследования. Кроме того, некоторые из предложенных подходов, кажущиеся простыми, могут ввести исследователя в заблуждение и не способствуют получению достоверных результатов.

3. Количество экспертов для каждого исследования следует определять на основании методов математической статистики исходя из методологии проведения исследования.

4. Задача исследования была поставлена для определения минимального количества экспертов для ранжирования факторов, оказывающих влияние на состав работ научно-технического сопровождения проектирования, однако полученные результаты в целом применимы и к другим аналогичным задачам.

5. В части решения поставленной и решенной задачи определения минимального количества экспертов для априорного ранжирования объектов считаем целесообразным сделать следующее замечание. Минимальное количество экспертов, рассчитанное исходя из чувствительности статистического критерия, способствует обеспечению статистической значимости, но при малом количестве экспертов и большом количестве ранжируемых объектов может быть

не достигнута требуемая согласованность экспертных мнений. В этом случае рекомендуется руководствоваться предложенным алгоритмом проведения экспертного опроса.

6. Возможное направление развития вопроса определения минимального количества экспертов авторы видят в совершенствовании методики априорного ранжирования. При обработке результатов экспертного опроса для проверки гипотезы о неслучайности согласия экспертов в методике используется критерий Пирсона, который в современной статистике редко применяется при работе с порядковыми данными и

используется, в основном, для сравнения групп номинальных качественных данных.

7. Для получения достоверных результатов экспертного опроса необходимо не только подбирать достаточное количество экспертов, но и соблюдать ряд условий, не рассмотренных в данной статье, в том числе подтверждать достаточность квалификации экспертов, обеспечивать правильную и понятную постановку вопросов, корректно трактовать результаты экспертного опроса.

Авторы выражают благодарность М. Г. Ковалеву за оказанную помощь при написании настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Априорное ранжирование факторов : методические указания к лабораторной работе для студентов специальности 110400 «Литейное производство черных и цветных металлов» / Сост. А. В. Щекин, А. Ф. Машенко. – Хабаровск : Изд-во ХГТУ, 2004. – 12 с.

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

3. Рабочая книга по прогнозированию / Э. А. Араб-Оглы, И. В. Бестужев-Лада, Н. Ф. Гаврилов [и др.] ; отв. ред. И. В. Бестужев-Лада. – Москва : Мысль, 1982. – 430 с.

4. Управление техническими системами : учебное пособие / Е. С. Кузнецов. – Москва : МАДИ (ГТУ), 2003. – 247 с.

5. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Программированное введение в планирование эксперимента / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – Москва : Наука, 1971. – 284 с.

6. Бешелев С. Л. Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Л. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – Москва : Статистика, 1980. – 263 с.

7. Галиновский А. Л. Сравнение различных методов контроля и диагностики качества керамики методом экспертного оценивания / А. Л. Галиновский, К. С. Самсонов, А. В. Севрюкова, А. Р. Салахатдинова // Инноватика и экспертиза. – 2017. – № 1 (19). – С. 64–74.

8. Гланц С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц ; пер. с англ. Ю. А. Данилова ; под ред. Н. Е. Бузикашвили, Д. В. Самойлова. – Москва : Практика, 1999. – 459 с.

9. Дюйзен Е. Ю. Комплексный анализ ситуаций при принятии руководителем качественных управленческих решений // Лидерство и менеджмент. – 2015. – № 2 (1). – С. 19–34.

10. Литвак Б. Г. Экспертная информация : Методы получения и анализа / Б. Г. Литвак. – Москва : Радио и связь, 1982. – 184 с.

11. Лукичева Л. И. Управленческие решения / Л. И. Лукичева, Д. Н. Егорьев. – Москва : Омега-Л. – 2009. – 383 с.

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

13. Петров А. Ю. Интегральная методика оценки коммерческого потенциала инвестиционного продукта. – Москва : Московский печатник, 2010. – 23 с.

14. Постников В. М. Анализ подходов к формированию состава экспертной группы, ориентированной на подготовку и принятие решений // Наука и образование. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. – № 5. – С. 333–346.

15. Рупосов В. Л. Методы определения количества экспертов // Вестник ИрГТУ. Социально-экономические и общественные науки. – 2015. – № 3 (98). – С. 286–292.

16. Bamber J. L. An Expert Judgement Assessment of Future Sea Level Rise from the Ice Sheets / J. L. Bamber, W. P. Aspinall. – DOI 10.1038/nclimate1778 // Nature Climate Change. – 2013. – № 3 (4). – P. 424–427.

REFERENCES

1. Apriornoe ranzhирование faktorov : metodicheskie ukazaniya k laboratornoj rabote dlya studentov spetsial'nosti 110400 «Litejnoe proizvodstvo chernykh i tsvetnykh metallov» [Priori ranking of factors: guidelines for laboratory work for students of specialty 110400 «Foundry production of ferrous and non-ferrous metals»] / Compil. A. V. Shhekin, A. F. Mashhenko. – Khabarovsk : KSTU, 2004. – 12 p.

2. Organizatsiya i matematicheskoe planirovanie ehksperimenta [Organization and mathematical planning of the experiment: textbook] / V. A. Sklyar. – Yekaterinburg : Izdatel'skie resheniya, 2017. – 92 p.

3. Rabochaya kniga po prognozirovaniyu [Working book on forecasting] / Eh. A. Arab-Ogly, I. V. Bestuzhev-Lada, N. F. Gavrilov [et al.] ; ed. by I. V. Bestuzhev-Lada. – Moscow : Mysl', 1982. – 430 p.

4. Upravlenie tekhnicheskimi sistemami [Management of technical systems: textbook] / E. S. Kuznetsov. – Moscow: MADI (GTU), 2003. – 247 p.

5. Adler Yu. P. Planirovanie ehksperimenta pri poiske optimal'nykh uslovij. Programmirovannoe vvedenie v planirovanie ehksperimenta [Experiment Planning in the search for optimal conditions. Programmed introduction to experiment planning] / Yu. P. Adler, E. V. Markova, Yu. V. Granovskij. – Moscow: Nauka, 1971. – 284 p.

6. Beshelev S. L. Matematiko-statisticheskie metody ehkspertnykh otsenok [Mathematical and statistical methods of expert assessments] / S. L. Beshelev, F. G. Gurvich. – Moscow : Statistika, 1980. – 263 p.

7. Galinovskij A. L. Sravnenie razlichnykh metodov kontrolya i diagnostiki kachestva keramiki metodom ehkspertnogo otsenivaniya [Comparison of various methods of control and diagnostics of quality of ceramics by the method of expert evaluation] / A. L. Galinovskij, K. S. Samsonov, A. V. Sevryukova, A. R. Salakhatdinova // Innovatika i ehkspertiza [Innovation and expertise]. – 2017. – № 1 (19). – P. 64–74.

8. Glants S. Mediko-biologicheskaya statistika [Medico-biological statistics] / S. Glants ; transl. from eng. Yu. A. Danilova ; ed. by N. E. Buzikashvili, D. V. Samojlova. – Moscow : Praktika, 1999. – 459 p.

9. Dyujzen E. Yu. Kompleksnyj analiz situatsij pri prinyatii rukovoditelem kachestvennykh upravlencheskikh reshenij [Complex analysis of situations when making high-quality managerial decisions by a Manager] // Liderstvo i menedzhment [Leadership and management]. – 2015. – № 2 (1). – P. 19–34.

10. Litvak B. G. Ehkspertnaya informatsiya : Metody polucheniya i analiza [Expert information : methods of obtaining and analysis] / B. G. Litvak. – Moscow : Radio i svyaz', 1982. – 184 p.

11. Lukicheva L. I. Upravlencheskie resheniya [Managerial decisions] / L. I. Lukicheva, D. N. Egorichev. – Moscow : Omega-L. – 2009. – 383 p.

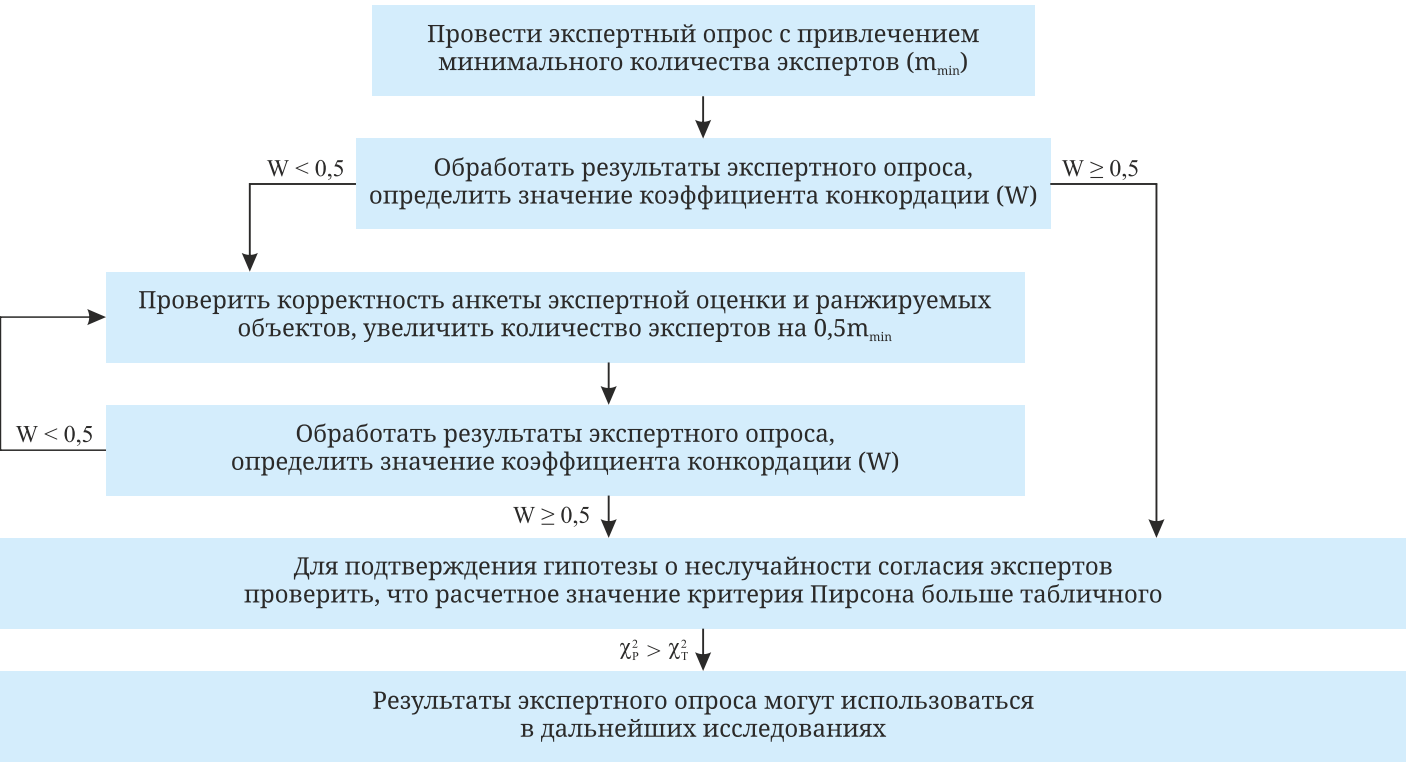


Рис. 5. Рекомендуемый алгоритм проведения экспертного опроса при априорном ранжировании
Fig. 5. Recommended algorithm for conducting an expert survey with a priori ranking

17. Bevilacqua A. Quantifying Volcanic Hazard at Campi Flegrei Caldera (Italy) with Uncertainty Assessment: 1. Vent Opening Maps / A. Bevilacqua, R. Isaia, A. Neri, S. Vitale, W. P. Aspinall [et al.] // Journal of Geophysical Research: Solid Earth. – 2015. – № 120 (4). – P. 2309–2329.
18. Cooke R. M. TU Delft expert judgment data base / R. M. Cooke, L. L. H. J. Goossens // Reliability Engineering and System Safety. – 2008. – № 93. – P. 657–674.
19. Klee A. J. The Utilization of Expert Opinion in Decision-Making // AIChE Journal. – 1972. – Vol. 18, № 6. – P. 1107–1115.
20. Fischer K. Estimating Unknown Parameters in Haemophilia Using Expert Judgement Elicitation / K. Fischer, D. Lewandowski, M. P. Janssen. – DOI 10.1111/hae.12166 // Haemophilia: The Official Journal of the World Federation of Hemophilia. – 2013. – № 19 (5). – P. 282–288.
21. Hanea D. M. Human Risk of Fire: Building a Decision Support Tool Using Bayesian Networks: dissertation of the Master of Science in Statistics and Optimizations / Hanea Daniela Manuela ; Technische Universiteit Delft. – Netherlands, 2009. – 217 p. – URL: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:8c7e167e-ee61-488e-afef-9ad7723f4959/datastream/OBJ>.
22. Hokstad P. Recommendations on the use of expert judgment in safety and reliability engineering studies. Two offshore case studies / P. Hokstad, K. Oien, R. Reinertsen // Reliability Engineering and System Safety. – 1998. – № 61. – P. 65–76.
23. Jin R. Dynamic probabilistic analysis of accidents in construction projects by combining precursor data and expert judgments / R. Jin, F. Wang, D. Liua // Advanced Engineering Informatics. – 2020. – Vol. 44. – P. 101062.
24. Liu P. Expert judgments for performance shaping Factors' multiplier design in human reliability analysis / P. Liu, Y. Qiu, J. Hu Tong, Z. Jiejuan [et al.] // Reliability Engineering & System Safety. – 2020. – Vol. 194. – P. 106343.
25. Pandya D. Quantification of a human reliability analysis method for radiotherapy applications based on expert judgment aggregation / D. Pandya, L. Podofillini, F. Emert, A. J. Lomax, V. N. Dang [et al.] // Reliability Engineering & System Safety. – 2020. – Vol. 194. – P. 106489.
26. Wallace K. J. Eliciting human values for conservation planning and decisions: global issue / K. J. Wallace, C. Wagner, M. J. Smith // Journal of Environmental Management. – 2016. – Vol. 170, № 1. – P. 160–168.
12. Margolin E. Metodika obrabotki dannykh ehkspertnogo oprosa [Methods of processing expert survey data] // Poligrafiya [Polygraphy]. – 2006. – № 5. – P. 14–16.
13. Petrov A. Yu. Integral'naya metodika otsenki kommercheskogo potentsiala investitsionnogo produkta [Integral methodology for evaluating the commercial potential of an investment product]. – Moscow: Moskovskij pechatnik, 2010. – 23 c.
14. Postnikov V. M. Analiz podkhodov k formirovaniyu sostava ehkspertnoj gruppy, orientirovannoj na podgotovku i prinyatie reshenij [Analysis of approaches to forming the composition of an expert group focused on preparation and decision-making] // Nauka i obrazovanie [Science and education]. – Moscow: MG TU named N. Eh. Bauman, 2012. – № 5. – P. 333–346.
15. Ruposov V. L. Metody opredeleniya kolichestva ehkspertov [Methods for determining the number of experts] // Vestnik IrGTU. Sotsial'no-ehkonomicheskie i obshhestvennye nauki [Bulletin of IrSTU. Socio-economic and social Sciences]. – 2015. – № 3 (98). – P. 286–292.
16. Bamber J. L. An Expert Judgement Assessment of Future Sea Level Rise from the Ice Sheets / J. L. Bamber, W. P. Aspinall. – DOI 10.1038/nclimate1778 // Nature Climate Change. – 2013. – № 3 (4). – P. 424–427.
17. Bevilacqua A. Quantifying Volcanic Hazard at Campi Flegrei Caldera (Italy) with Uncertainty Assessment: 1. Vent Opening Maps / A. Bevilacqua, R. Isaia, A. Neri, S. Vitale, W. P. Aspinall [et al.] // Journal of Geophysical Research: Solid Earth. – 2015. – № 120 (4). – P. 2309–2329.
18. Cooke R. M. TU Delft expert judgment data base / R. M. Cooke, L. L. H. J. Goossens // Reliability Engineering and System Safety. – 2008. – № 93. – P. 657–674.
19. Klee A. J. The Utilization of Expert Opinion in Decision-Making // AIChE Journal. – 1972. – Vol. 18, № 6. – P. 1107–1115.
20. Fischer K. Estimating Unknown Parameters in Haemophilia Using Expert Judgement Elicitation / K. Fischer, D. Lewandowski, M. P. Janssen. – DOI 10.1111/hae.12166 // Haemophilia: The Official Journal of the World Federation of Hemophilia. – 2013. – № 19 (5). – P. 282–288.
21. Hanea D. M. Human Risk of Fire: Building a Decision Support Tool Using Bayesian Networks: dissertation of the Master of Science in Statistics and Optimizations / Hanea Daniela Manuela ; Technische Universiteit Delft. – Netherlands, 2009. – 217 p.
22. Hokstad P. Recommendations on the use of expert judgment in safety and reliability engineering studies. Two offshore case studies / P. Hokstad, K. Oien, R. Reinertsen // Reliability Engineering and System Safety. – 1998. – № 61. – P. 65–76.
23. Jin R. Dynamic probabilistic analysis of accidents in construction projects by combining precursor data and expert judgments / R. Jin, F. Wang, D. Liua // Advanced Engineering Informatics. – 2020. – Vol. 44. – P. 101062.
24. Liu P. Expert judgments for performance shaping Factors' multiplier design in human reliability analysis / P. Liu, Y. Qiu, J. Hu Tong, Z. Jiejuan [et al.] // Reliability Engineering & System Safety. – 2020. – Vol. 194. – P. 106343.
25. Pandya D. Quantification of a human reliability analysis method for radiotherapy applications based on expert judgment aggregation / D. Pandya, L. Podofillini, F. Emert, A. J. Lomax, V. N. Dang [et al.] // Reliability Engineering & System Safety. – 2020. – Vol. 194. – P. 106489.
26. Wallace K. J. Eliciting human values for conservation planning and decisions: global issue / K. J. Wallace, C. Wagner, M. J. Smith // Journal of Environmental Management. – 2016. – Vol. 170, № 1. – P. 160–168.



УДК 69.05

Оптимизация календарно-ресурсного планирования с применением BIM-технологий в промышленном строительстве

Optimization of Scheduling and Resource Planning Using BIM-technologies in Industrial Construction

Щерба Никита Владимирович

Магистр, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26, n1ckito@inbox.ru

Shherba Nikita Vladimirovich

Master, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, n1ckito@inbox.ru

Кужин Марат Фаргатович

Кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26, kuzhinmf@mail.ru

Kuzhin Marat Fargatovich

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, kuzhinmf@mail.ru

Аннотация

Каждый специалист на строительной площадке ежедневно сталкивается с множеством проблем, которые возникают из-за устаревания методов контроля и мониторинга процессов строительства, правильного календарно-ресурсного планирования (КРП). Формирование единой среды общих данных проекта, взаимосвязь BIM-модели здания или сооружения с календарным и ресурсным планированием, контроль и мониторинг процессов строительства и расходования материально-технических ресурсов являются важнейшими задачами обеспечения быстрого, экономического и недорогого строительства объектов различного назначения, в том числе объектов промышленного производства.

В научной статье рассматриваются методы оптимизации календарно-ресурсного планирования с применением современных цифровых технологий на основе классического опыта организации строительного производства. На основе отечественного и зарубежного опыта составлено сопоставление ключевых функций программного обеспечения, используемого для календарно-ресурсного планирования. Выявлены основные недостатки, предложены пути совершенствования.

Ключевые слова: календарно-ресурсное планирование, график поставок, цифровые технологии, BIM, среда общих данных, программы, 4D-график.

Abstract

Every specialist on a construction site faces a lot of problems every day that arise due to the obsolescence of methods of control and monitoring of construction processes, correct scheduling and resource planning. Formation of a unified environment for general project data, interconnection of the BIM model of a building or structure with scheduling and resource planning, control and monitoring of construction processes and expenditure of material and technical resources are the most important tasks of ensuring fast, economical and inexpensive construction of objects for various purposes, including industrial production facilities.

The scientific article discusses methods for optimizing scheduling and resource planning using modern digital technologies based on the classical experience of organizing construction production. Based on domestic and foreign experience, a comparison was made of the key functions of the software used for scheduling and resource planning. The main disadvantages are revealed, ways of improvement are suggested.

Keywords: scheduling, delivery schedule, digital technologies, BIM, shared data environment, software, 4D schedule.

Введение
Строительство объектов промышленного производства является затратным и сложным в реализации. Зачастую объекты находятся в значительном отдалении от заводов-изготовителей строительных материалов, что приводит к мысли о важности правильного и точного планирования необходимого количества ресурсов для строительства.
Одним из основных документов, необходимых для организации планирования на строительной площадке, является календарный план строительного производства. В первую очередь, календарный план предназначен для определения последовательности и сроков выполнения строительно-монтажных работ. Сроки рассчитывают исходя из увязки продолжительности работ и ресурсов, необходимых для выполнения данных работ. По КП рассчитывают временную потребность в материально-технических ресурсах, а также сроки поставок всех видов оборудования.
Основными недостатками классических календарных планов с точки зрения ресурсного планирования видятся следующие: недостаточность визуализации процессов планирования; большой массив данных из проектно-сметной документации (ПСД), для обработки которого необходимо наличие большого квалифицированного штаба специалистов; недостаточная гибкость и слабые возможности для корректировки; сложность детального отображения всех шагов по организации связки КП и плана снабжения. Для оптимизации процессов календарного планирования, а также для возможности связки КП с моделью объекта авторы Айроян З. А. и Коркишко А. Н. предлагают использовать связку календарного графика и 3D BIM-модели объекта [1].
Ермолов Д. Е. в своей работе указывает, что такие общеизвестные системы компьютерного календарного планирования, как Microsoft Project, Oracle Primavera и другие похожие программные продукты, не дают визуального и комплексного представления о происходящих процессах, как это можно сделать с помощью 4D BIM-модели объекта [2]. Вышеперечисленные программные продукты гораздо эффективнее работают в связке с такими программами, как Autodesk Navisworks, Bentley Navigator, Visual5D [3]. Пример взаимосвязи Navisworks и простых программ, таких как MS Excel, описана в работе Элейшиха А. М. [4]. Автор с помощью макросов осуществляет конвертацию календарного графика из среды Excel в ПК Autodesk Navisworks для взаимосвязи с 3D-моделью объекта. Система не связана с планированием материально-техни-

ческого обеспечения и является, по сути, исключительно методикой финального подсчета параметров календарного графика и их визуального представления.
В мировой практике для целей формирования 4D-графика используют зарубежную систему Synchro 4D Pro от Bentley [5]. Недостатком Synchro видится то, что данный программный продукт не решает вопросов материально-технического обеспечения.
В работе Лялина Д. О. и Югова А. М. описывается методика использования MS Excel для расчета объемов работ и MS Project для построения календарного графика, после чего в Navisworks формируется единая 4D BIM-модель на основе исходной модели, выполненной в Revit [6]. В данной программной цепочке отсутствует автоматизм пересчета параметров календарного графика.
Компания 1С выпустила программный продукт 1С:BIM 6D. Система базируется на использовании отечественного программного продукта для 3D-моделирования – Renga. Главным недостатком системы видится использование программного обеспечения Renga и невозможность интеграции с другими программными продуктами, например, линейки Autodesk.
Программный продукт Pilot-BIM призван оптимизировать организационный, инженерно-технический документооборот, а также формирование единой сборки 3D-моделей различных дисциплин проекта. Для поставленных разработчиками целей ПО является эффективным решением, однако не решает вопросы материально-технического обеспечения строительной площадки.
В результате анализа отечественного опыта использования российских и зарубежных программных продуктов составлено сравнение функций и выявлены недостатки использования того или иного ПО. Результаты сравнения сведены в таблице 1.
По таблице 1 видно, что на данный момент отсутствует единый комплексный программный продукт для интеграции 3D BIM-модели объекта с календарным и ресурсным планированием, а также материально-техническим обеспечением.
Рассмотрим международный опыт. На примере опыта Сингапура видим, как с помощью BIM создается единая среда общих данных, что значительно повышает степень координации в проекте [7]. BIM является тем самым инструментом, который обеспечивает связь между всеми участниками реализации проекта: инвестора-

Табл. 1. Сравнение функций и выявление недостатков программного обеспечения ресурсного проектирования
Tab. 1. Comparing of functions and limitations of resource design software

Наименование программного продукта / связки программных продуктов	Основные функции	Основные недостатки
MS Project, Turbo Planner	Управление проектами	Отсутствие связи с 3D BIM-моделями объекта
Spider Project		
MS Excel, MS Project, Autodesk Navisworks	Формирование 4D-графика строительства	Отсутствие инструментов ресурсного планирования и логистики
Primavera Oracle, Archicad		
1C:BIM 6D	Формирование 6D-модели объекта с календарным графиком и сметами	Отсутствие интеграции с программами Autodesk
PilotBIM	Формирование среды общих данных BIM-проектов	Отсутствие инструментов ресурсного и календарного планирования, логистики
Synchro 4D Pro	Формирование 4D-графика строительства, управление документооборотом	Отсутствие инструментов ресурсного планирования и логистики

ми, заказчиком, поставщиками, подрядчиками, проектировщиками [8].
Важной проблемой в вопросах своевременного обеспечения строительной площадки ресурсами являются вопросы взаимосвязи графика поставки с календарным графиком строительства. На примере реализации строительства объекта в Италии видим, что объекты из модели связываются с конкретными строительными работами, за счет чего обеспечивается связь с графиком строительно-монтажных работ [9]. С помощью загрузки материалов из 3D-модели и их связывания с календарным графиком возможно составление ведомости потребности в материалах и изделиях [10].
Для практической реализации 4D BIM-графика предлагается использовать связку программных комплексов Autodesk Revit, Primavera Oracle и Navisworks Manage [11]. Однако в данной системе не учтены многие вопросы логистики поставок.
В результате проведенного обзора отечественной и зарубежной литературы сформулированы пути оптимизации календарно-ресурсного планирования: поиск усиления интеграции BIM-модели объекта, календарного графика, сметных расчетов с планами снабжения и материально-технического обеспечения; разработка новых программных связок и программного обеспечения с целью формирования среды общих данных проекта для реализации задач оптимизации ресурсного планирования.
Календарный план является основной для корректной увязки в пространстве и времени технологических процессов строительства, систем поставки и распределения материально-технических ресурсов. Основным источником

разработки календарного графика являются рабочая и сметная документации проекта. На основе календарного графика разрабатывают ресурсные графики: график потребности в строительных машинах и механизмах; график трудовых ресурсов; график потребности в материалах, изделиях и конструкциях; график капитальных затрат на строительство. Расчет ресурсных графиков осуществляется отделами снабжения заказчика, которому для решения данной задачи необходимо иметь большой информационный объем данных.
Зачастую возникают ситуации, когда необходима корректировка принятых решений в проекте, в том числе на стадии закупки и поставки материалов. На основании анализа классических методов календарно-ресурсного планирования делаем вывод, что необходимо разработать систему методов и способов оптимизации и ускорения передачи данных в проекте. Необходимо создание среды общих данных проекта.
Для создания эффективной системы планирования и распределения материально-технических ресурсов, в первую очередь, необходимо определить структуру объекта и выделить основные составные части, которые в будущем послужат элементами системы планирования. Предлагается использовать следующую структурную единицу объекта – блок строительства. Блок строительства – это определенный геометрически законченный подобъект какого-либо строительного объекта, который может являться как строительной конструкцией, так и быть определенной работой, необходимой для устройства данных конструкций. Рассмотрим разбиение по блокам строительства на примере раздела железобетонных конструкций про-

№ п/п	Объект	Выполнено	Код опрeции	Наименование
1	301.1-КЖ Ростверк РОм1 (S-101, V-110)	☒ 24.04.2020		301.1-КЖ Устройство основания из мелкофракционного отсева ростверка РОм1 КЖ.ЖР.УО.Щ Щебеночное основание. Щебень, м3
2	301.1-КЖ Ростверк РОм1 (S-101, V-110)	☒ 24.04.2020		301.1-КЖ Устройство теплоизоляции из пенополистирола ростверка РОм1 КЖ.ЖР.УО.Т Теплоизоляция. Пенополистирол, м3
3	301.1-КЖ Ростверк РОм1 (S-101, V-110)	☒ 24.04.2020	Г1750	301.1-КЖ Устройство бетонной подготовки ростверка РОм1 B7.5 КЖ.ЖР.МК.БП Устройство бетонной подготовки. Бетон, м3
4	301.1-КЖ Ростверк РОм1 (S-101, V-110)	☒ 28.04.2020	Г1770	301.1-КЖ Армирование, устройство закладных деталей ростверка РОм1 КЖ.ЖР.МК.А Армирование. Арматура, кг
5	301.1-КЖ Ростверк РОм1 (S-101, V-110)	☒ 07.05.2020	Г1780	301.1-КЖ Бетонирование ростверка РОм1 B30 КЖ.ЖР.МК.Б Бетонирование. Бетон, м3
6	301.1-КЖ Ростверк РОм1 (S-101, V-110)	☒ 10.05.2020	Г1790	301.1-КЖ Устройство обмазочной гидроизоляции ростверка РОм1 КЖ.ЖР.МК.Г Обмазочная гидроизоляция. Битум, м2
7	301.1-КЖ Ростверк РОм1 (S-101, V-110)	☒ 09.09.2020		301.1-КЖ Устройство анкерных болтов ростверка РОм1 КЖ.ЖР.МК.А Армирование. Арматура, кг
8	301.1-КЖ Ростверк РОм1 (S-101, V-110)	☐	Г1800	301.1-КЖ Устройство подливки ростверка РОм1 материалом Мопорох 337 КЖ.ЖР.МК.П Устройство подливки. Бетон, м3
9	301.1-КЖ Ростверк РОм1 (S-101, V-110)	☐	Г24350	301.1-КЖ Устройство подливки ростверка РОм1 B35 на мелком заполнителе КЖ.ЖР.МК.П Устройство подливки. Бетон, м3

Рис. 1. Задание строительному подрядчику
Fig. 1. Assignment to a construction contractor

мышленного объекта: земляные работы, свайные работы, железобетонные работы, которые, в свою очередь, подразделяются на конкретные фундаменты, ростверки, балки и т. п.

Для целей формирования среды общих данных проекта необходимо создать некое звено, которое позволило бы связать модель объекта со сметными расчетами, с календарными и ресурсными графиками производства работ. В качестве такого звена предлагается использовать задание строительному подрядчику – как на рисунке 1. Задание фактически является структурным элементом календарного графика строительно-монтажных работ (СМР). Заданием является конечный набор работ, связанный со

сметными расчетами, которые выполняет строительный подрядчик. Задание присваивается каждому элементу или группе элементов в модели объекта (например, для конструкций КЖ – в Autodesk Revit).

Для каждого блока строительства формируется справочник заданий и позиций из сметного справочника ГЭСН. В результате имеем готовый справочник блоков строительства. В каждом задании предварительно формируется набор позиций из сметы с указанием единиц измерения, количества объема работ, трудозатрат рабочих и машин, стоимости.

С помощью специально разработанных плагинов формируется привязка элементов модели

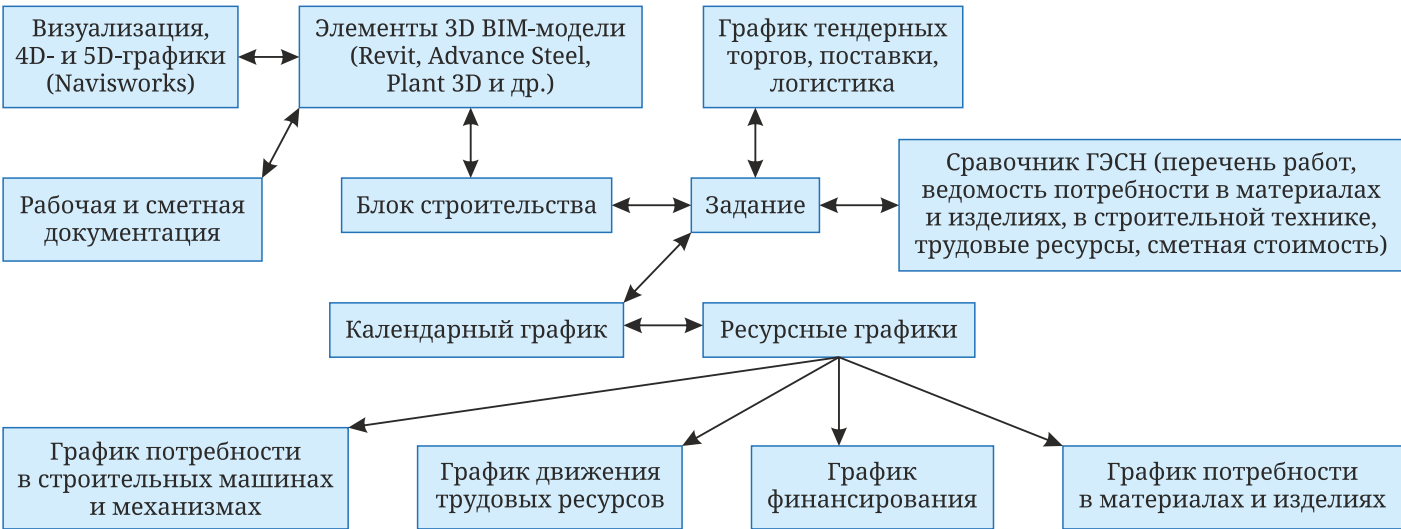


Рис. 2. Схема организации календарно-ресурсного планирования с применением BIM-технологий
Fig. 2. Scheme of organization of scheduling and resource planning using BIM technologies

к позициям из справочника ГЭСН. Привязка элементов модели к блокам строительства и заданиям происходит через уникальные ID номера элементов. В дальнейшем при изменении объемов в модели изменения автоматически формируются в сметных расчетах. В результате в задание из справочника ГЭСН попадают объемы материалов с учетом запаса, которые необходимо закупить, трудозатраты рабочих и строительных машин, сметная стоимость, номенклатура строительной техники, которая необходима для выполнения строительно-монтажных работ.

На основании заданий формируется календарный график работ, для которого основные исходные параметры автоматически берутся из справочника ГЭСН. Календарный график на основе данных из заданий формируется в известных системах, таких как MS Project или Primavera Oracle. Создаваемый график уже связан с 3D-моделью объекта, поэтому непосред-

ственно в процессе разработки графика формируется 4D-календарный график в Autodesk Navisworks с возможностью визуального отслеживания выполнения тех или иных заданий и работ. Для отслеживания поставок материалов предлагается использовать задание строительному подрядчику, а именно связать структуру поставок со структурой заданий из календарного графика. В результате получим систему логистики, связанную с BIM-моделью и календарным графиком строительства объекта.

Заключение

В соответствии с рисунком 2 формируется схема организации календарно-ресурсного планирования с применением BIM-технологий. Формируется среда общих данных проекта за счет применения информационных технологий. На основе предложенных решений и алгоритмов создан программный комплекс системы управления строительством Assistant Build.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айроян З. А. Управление проектами нефтегазового комплекса на основе технологий информационного моделирования (BIM-технологий) / З. А. Айроян, А. Н. Коркишко // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 4 (43). – С. 151–159.

2. Ермолов Д. Е. 4D-моделирование строительства в России и за рубежом // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». – 2017. – URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017031031> (дата обращения: 23.07.2020).

3. Гришина Н. М. Технологии 4D-моделирования в строительстве / Н. М. Гришина, Е. Б. Заводнова // Неделя науки СПбПУ : Материалы научной конференции с международным участием : в 3 ч. / Инженерно-строительный институт ; отв. ред. Н. Д. Беляев, В. В. Елистратов. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 8–10.

4. Эльшейх А. М. Автоматизация планирования и формирования 4D-графика строительства // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 6. – С. 374–376.

5. Четверик Н. П. Затраты на BIM-технологии в проектировании оправдываются высокой эффективностью : [сайт]. – URL: <http://zanostroy.ru/articles/1975/266.html#x/> (дата обращения: 08.08.2020).

6. Лялин Д. О. Обоснование рациональной технологии монтажа здания с металлическим каркасом с использованием современных информационных технологий / Д. О. Лялин, А. М. Югов // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2017. – № 6 (128). – С. 46–52.

7. Hwang B.-G. Integrated digital delivery: Implementation status and project performance in the Singapore construction industry. – DOI 10.1016/j.jclepro.2020.121396 / B.-G. Hwang, J. Ngo, P. W. Y. Her // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 262.

8. Qin H. The advantages of BIM application in EPC mode. – DOI 10.1051/mateconf/201710005058 // Paper presented at the MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 100.

9. Malacarne G. Investigating benefits and criticisms of BIM for construction scheduling in SMEs: An Italian case study / G. Malacarne, G. Toller, C. Marcher, M. Riedl, D. T. Matt. – DOI 10.2495/SDP-V13-N1-139-150 // International Journal of Sustainable Development and Planning. – 2018. – Vol. 13 (1). – P. 139–150.

10. Cheng M. Dynamic construction material layout planning optimization model by integrating 4D BIM. – DOI 10.1007/s00366-018-0628-0 / M. Cheng, N. Chang // Engineering

REFERENCES

1. Ajroyan Z. A. Upravlenie proektami neftegazovogo kompleksa na osnove tekhnologij informatsionnogo modelirovaniya (BIM-tekhnologij) [Project Management of the oil and gas complex based on information modeling technologies (BIM technologies)] / Z. A. Airoyan, A. N. Korkishko // Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. – 2016. – № 4 (43). – P. 151-159.

2. Ermolov D. E. 4D-modelirovanie stroitel'stva v Rossii i za rubezhom [4D-construction modeling in Russia and abroad] // Materialy IX Mezhdunarodnoy studencheskoj nauchnoy konferentsii «Studentcheskij nauchnyy forum» [Materials of the IX International student scientific conference «Student scientific forum»]. – 2017. – URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017031031> (accessed: 23.07.2020).

3. Grishina N. M. Tekhnologii 4D-modelirovaniya v stroitel'stve [Technologies of 4D modeling in construction] / N. M. Grishina, E. B. Zavadnova // Nedelya nauki SPbPU [Science week of SPbSPU] : Materialy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem [Materials of the scientific conference with international participation] : in 3 hours / Inzhenerno-stroitel'nyy institut [Institute of civil Engineering] ; ed. by N. D. Belyaev, V. V. Elistratov. – Saint Petersburg, 2019. – P. 8–10.

4. El'shejkh A. M. Avtomatizatsiya planirovaniya i formirovaniya 4D-grafika stroitel'stva [Automation of planning and formation of a 4D construction schedule] // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ya [Scientific and technical Bulletin of the Volga region]. – 2014. – № 6. – P. 374–376.

5. Chetverik N. P. Zatraty na BIM-tekhnologii v proektirovanii opravdyvayutsya vysokoy ehffektivnost'yu [The Costs of BIM technologies in design are justified by high efficiency] : [electronic resource]. – URL: <http://zanostroy.ru/articles/1975/266.html#x/> (accessed 08.08.2020).

6. Lyalin D. O. Obosnovanie ratsional'noj tekhnologii montazha zdaniya s metallicheskim karkasom s ispol'zovaniem sovremennykh informatsionnykh tekhnologij [Justification of rational technology for mounting a building with a metal frame using modern information technologies] / D. O. Lyalin, A. M. Yugov // Vestnik Donbasskoj natsional'noj akademii stroitel'stva i arkhitektury [Bulletin of the Donbass National Academy of construction and architecture]. – 2017. – № 6. – P. 46–52.

7. Hwang B.-G. Integrated digital delivery: Implementation status and project performance in the Singapore construction industry. – DOI 10.1016/j.jclepro.2020.121396 /

with Computers. – 2019. – № 35 (2). – P. 703–720.
11. Narlawar G. S. Time and resource management of residential apartment construction using building information modeling. – DOI 10.35940/ijitee.J9951.0881019 / G. S. Narlawar, N. B. Chaphalkar, S. Sandbhor // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2019. – № 8 (10). – P. 4238–4246.

B.-G. Hwang, J. Ngo, P. W. Y. Her // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 262.
8. Qin H. The advantages of BIM application in EPC mode. – DOI 10.1051/mateconf/201710005058 // Paper presented at the MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 100.
9. Malacarne G. Investigating benefits and criticisms of BIM for construction scheduling in SMEs: An Italian case study / G. Malacarne, G. Toller, C. Marcher, M. Riedl, D. T. Matt. – DOI 10.2495/SDP-V13-N1-139-150 // International Journal of Sustainable Development and Planning. – 2018. – Vol. 13 (1). – P. 139–150.
10. Cheng M. Dynamic construction material layout planning optimization model by integrating 4D BIM. – DOI 10.1007/s00366-018-0628-0 / M. Cheng, N. Chang // Engineering with Computers. – 2019. – № 35 (2). – P. 703–720.
11. Narlawar G. S. Time and resource management of residential apartment construction using building information modeling. – DOI 10.35940/ijitee.J9951.0881019 / G. S. Narlawar, N. B. Chaphalkar, S. Sandbhor // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2019. – № 8 (10). – P. 4238–4246.

НОВОСТЬ

Единый реестр документов в области проектирования, строительства, реконструкции, эксплуатации и сноса появится в России уже в этом году

Правительство Российской Федерации утвердило Правила формирования и ведения реестра документов, содержащих требования, подлежащие применению при проведении экспертизы проектной документации и (или) экспертизы результатов инженерных изысканий, а также документов по стандартизации, содержащих требования, подлежащие применению при осуществлении архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, эксплуатации и сноса объектов капитального строительства.

«Создание реестра нормативной и технической документации можно без преувеличения назвать событием для отрасли. Этот ресурс критически важен для урегулирования выявленных противоречий и исключения дублирования при регламентации процессов архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, эксплуатации и сноса зданий и сооружений, включая технические требования безопасности и функциональности зданий и сооружений», – сказал заместитель министра строительства и ЖКХ России Дмитрий Волков и уточнил, что реестр будет создан в нынешнем году.

В настоящее время документы, содержащие требования, применяемые при проведении экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий, государственном

строительном надзоре, разрабатывают и утверждают семь федеральных органов исполнительной власти, а документы по стандартизации в отрасли – более 20 технических комитетов. Утвержденные документы размещаются в различных источниках, систематизируются, актуализируются и предоставляются по разным принципам, что затрудняет их использование субъектами строительной отрасли.

Напомним, важным шагом в систематизации работы по разработке и актуализации нормативно-технических документов в строительстве стало создание и развитие Реестра сводов правил в строительстве, размещенного в рамках АИС ТНОСС, которая также будет использована для вновь утвержденного Реестра документов.

Ранее директор ФАУ «ФЦС» Андрей Басов, говоря о совершенствовании Реестра сводов правил в строительстве, отметил, что следующим шагом в данной работе станет инкорпорация реестра в Реестр нормативной и технической документации.

Планируемый срок формирования реестра – 3 месяца. Именно столько отведено федеральным органам исполнительной власти, чтобы направить в адрес Минстроя России ранее утвержденные документы.

Формирование и ведение реестра будет осуществлять ФАУ «ФЦС» Минстроя России.

Источник: сайт Минстроя России <https://minstroyrf.gov.ru>



УДК 69.05

Прогнозирование временных и стоимостных параметров при управлении инвестиционно-строительными проектами

Forecasting Time and Cost Parameters in the Management of Investment and Construction Projects

Зеленцов Леонид Борисович

Профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Организация строительства», Донской Государственный Технический Университет (ДГТУ), 344000, Россия, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1, l.zelencov@yandex.ru

Zelentsov Leonid Borisovich

Professor, Ph.D. in Engineering, Head of the Department of Organization of Construction, Don State Technical University, 344000, Russia, Rostov-on-Don, Gagarin ploshhad', 1, l.zelencov@yandex.ru

Шогенов Мурат Султанович

Соискатель, Донской Государственный Технический Университет (ДГТУ), 344000, Россия, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1

Shogenov Murat Sultanovich

Seeker, Don State Technical University, 344000, Russia, Rostov-on-Don, Gagarin ploshhad', 1

Пирко Дмитрий Владимирович

Студент, Донской Государственный Технический Университет (ДГТУ), 344000, Россия, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1, dmitwl2000@gmail.com

Pirko Dmitriy Vladimirovich

Student, Don State Technical University, 344000, Russia, Rostov-on-Don, Gagarin ploshhad', 1, dmitwl2000@gmail.com

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы прогнозирования временных и стоимостных параметров при управлении инвестиционно-строительными проектами с использованием метода освоенного объема «МОО». Этот метод является на сегодня наиболее развитым инструментом для управления финансовыми ресурсами и временем, он универсален, но не учитывает особенности реализации проектов в сфере строительства. К таким особенностям следует отнести уникальный характер строительной продукции, ее высокую материалоемкость и трудоемкость и т. д. Кроме того, в строительстве системы управленческого и бухгалтерского учета не могут быть синхронизированы во времени и будут значительно отличаться степенью детальности представляемой информации. Неравномерное распределение объемов работ во времени приводит к возникновению проблемы с переходом части незавершенных объемов на следующий период планирования. Поэтому в строительстве в «МОО» целесообразно использовать данные управленческого учета и иметь адаптационный механизм к изменениям, возникающим в процессе производства строительно-монтажных работ. В разрабатываемой в ДГТУ интеллектуальной системе управления строительством реализуется автономная система управленческого учета, позволяющая сгруппировать планируемые и фактические затраты по конструктивным элементам здания и осуществить план-факторный анализ использования ресурсов. Для прогнозирования временных параметров работ на стадии оперативного управления объектом строительства нами предлагается методика, использующая, в том числе, модель интегрированного скользящего среднего (ARIMA).

Ключевые слова: прогнозирование; ARIMA; метод освоенного объема; инвестиционно-строительный проект; оперативное управление; принятие решений.

Abstract

The article discusses the issues of forecasting time and cost parameters in the management of investment and construction projects using the earned value method «МОО». This method is today the most developed tool for managing financial resources and time and is universal, but does not take into account the specifics of implementing projects in the field of construction. These features include: the unique nature of construction products, its high material consumption and labor intensity, etc. In addition, in construction, the management and accounting systems cannot be synchronized in time and will significantly differ in the degree of detail of the information provided. The uneven distribution of work volumes in time leads to a problem with the transition of part of the unfinished volumes to the next planning period. Therefore, in construction in «МОО» it is advisable to use management accounting data and have an adaptation mechanism to changes arising in the course of construction and installation works. In the intelligent construction management system being developed at DSTU, an autonomous management accounting system is implemented, which allows grouping the planned and actual costs by structural elements of the building and carrying out a plan-factor analysis of the use of resources. To predict the time parameters of work at the stage of operational management of a construction object, we propose a method that uses, among other things, the integrated moving average (ARIMA) model.

Keywords: prognosing; ARIMA; earned value method; investment and construction project; operational project management; making decisions.

Прогнозирование – это предсказание будущего состояния объекта исследования с помощью научных методов. Прогноз – в более узком смысле – это результат расчета неизвестного экономического показателя по заданным факторам на основании некоторой модели. При инициации проекта, да и во время его исполнения, имеется высокая неопределенность относительно поведения основных показателей исполнения проекта, влияющих на результаты проекта (сроки, стоимость, выгода).

К основным методам прогнозирования относятся следующие: статистические методы, экспертные оценки (метод Дельфи), «по объекту-аналогу», интуитивные. Статистические методы опираются на большой (статистически значимый) объем данных, который в подавляющем большинстве случаев не может быть получен в управлении проектами по причине уникальности и временного характера каждого проекта. Точность любого прогноза обусловлена, в первую очередь, объемом истинных (подтвержденных) исходных данных и периодом их сбора, а также свойствами системы или объекта, подвергающихся прогнозированию.

В соответствии с рекомендациями РМВоК, необходимо создание системы мониторинга для анализа и прогнозирования отклонений проекта по объемам, срокам и затратам. РМВоК рекомендует использовать для такого анализа метод освоенного объема [1].

Для мониторинга статуса проекта используются наиболее простые средства визуализации, например, такие, как диаграмма контрольных точек. Несколько более сложный вариант – диаграмма типа «светофор». Эти инструменты просты в применении и неплохо описывают реальный статус проекта в тех случаях, когда структура работ достаточна, проста или проект не подразумевает жесткого контроля использования ресурсов.

Метод освоенного объема «МОО» является на сегодня наиболее развитым инструментом для управления финансовыми ресурсами и вре-

менем и применяется на стадии реализации проекта.

По сравнению с перечисленным выше инструментарием МОО – серьезная аналитическая методология, позволяющая оценить проект по трем основным параметрам: объемы работ, сроки и стоимость.

При всех достоинствах МОО имеется ряд ограничений в его практическом применении, а именно:

1. Несовершенство методологии и субъективности в определении фактического процента выполнения незавершенных работ.

2. Наличие кредиторской или дебиторской задолженности перед поставщиками и подрядчиками.

3. Наличие выполненных и оплаченных работ, не включенных в базовый план (Score Creep Phenomenon – явление возрастания объемов непредвиденных работ). Стоимость этих работ не может быть включена в освоенный объем, поскольку они не вошли в базовый план и, соответственно, не отражены в бюджете.

4. Изменение масштаба цен на текущую дату по сравнению с датой бюджетирования проекта.

Метод оценки проекта по освоенному объему в соответствии с РМВоК является «классическим» – он разработан без учета особенностей реализации инвестиционно-строительных проектов (ИСП), что не позволяет его использовать в качестве инструмента прогнозирования параметров этих проектов [2; 3].

К таким особенностям ИСП следует отнести:

- уникальный характер строительной продукции;

- децентрализованная система управления, связанная с территориальной разобщенностью объектов строительства;

- высокая материалоемкость и трудоемкость строительной продукции;

- сезонный характер производства работ в большинстве регионах нашей страны и т. п.

Учет выполненных объемов по совокупности работ, выполняемых параллельно и имеющих разную степень детализации и трудоемкости,

не позволяет эффективно прогнозировать параметры проекта с использованием МОО. Учитывая уникальность практически каждого объекта строительства, возникает необходимость уже на ранней стадии его выполнения осуществить адаптацию к конкретным особенностям реализации. Таким образом, использование МОО возможно только на макроуровне при управлении разделами и подразделами проекта.

Кроме того, в строительстве системы управленческого и бухгалтерского учета не могут быть синхронизированы во времени и будут значительно отличаться степенью детальности представляемой информации. Учитывая то обстоятельство, что отчетный период в бухгалтерском учете в строительстве составляет месяц, то объективную информацию о понесенных фактических затратах для МОО можно получать не чаще одного раза в месяц, что явно не достаточно для прогнозирования.

Кроме того, высокая трудоемкость и материалоемкость работ и их неравномерное распределение во времени приводят к возникновению проблемы с переходом части незавершенных объемов работ на следующий период планирования. Поэтому в строительстве в МОО целесообразно использовать данные управленческого учета и иметь механизм, позволяющий постоянно адаптироваться к изменениям, возникающим в процессе производства строительно-монтажных работ. В разрабатываемой в ДГТУ интеллектуальной системе управления строительством [4] используется автономная система управленческого учета, позволяющая сгруппировать планируемые и фактические затраты по конструктивным элементам (КЭ) здания и осуществить план-факторный анализ использования ресурсов. Конструктивные элементы являются работами календарного графика, и, таким образом, затраты отражаются во времени.

Одной из наиболее сложных задач при управлении ИСП является определение плановой стоимости КЭ объекта на стадии подготовки строительного производства и в процессе разработки проекта производства работ (ППР).

Для определения плановой стоимости строительства необходим расчет потребности в основных ресурсах: материальных, трудовых, строительных машинах и механизмах. От того, насколько точно определены количественные и ценовые характеристики этих ресурсов, напрямую зависит планируемая стоимость строительства. Потребность в ресурсах зависит от принятых технологий производства работ на объекте, а цена – от конъюнктуры рынка. При разработке ППР закладываются технологии производства работ, которые отражают конкретные условия возведения объекта в соответствии с заключенным контрактом и определяют требования к используемым машинам, механизмам и трудовым ресурсам.

Применение метода освоенного объема возможно лишь тогда, когда базовый план построен

по типу РМВ, при котором должен быть разработан календарный график осуществления затрат по проекту. Календарный план строительства объекта и его ресурсного обеспечения осуществляется в процессе разработки ППР.

Информационная база для разработки ППР включает в себя:

- типовые технологические карты (ТК) на КЭ или виды работ;
- данные по построенным объектам-аналогам;
- фирменные нормативы производительности труда, тарифно-квалификационные справочники оплаты труда рабочих и ИТР;
- фирменные нормы расхода материалов при производстве работ, в том числе расходных и «технологических» материалов, например, электродов и т. п.;
- стоимость эксплуатации собственных машин и механизмов, арендуемых за единицу времени (час, смену);
- стоимость транспортировки груза до объекта строительства собственным или арендованным транспортом.

Алгоритм разработки ППР и определения плановой цены по объекту строительства заключается в следующем:

- формирование базы данных объемов работ и ресурсов на основе ПСД с группировкой их по видам работ и конструктивным элементам;
- при получении ведомости объемов работ и ресурсов по объекту из стадии проектирования в электронном виде, например, на основании BIM-моделирования, задача состоит только в проверке правильности их группировки по КЭ учетным этапам;
- разработка комплекта технологических карт (ТК) на КЭ объекта строительства путем выбора их из базы данных аналогов с последующим уточнением численного и квалификационного состава бригад рабочих, подбора строительных машин и механизмов по техническим параметрам и т. п.;
- разработка логистической схемы поставки материальных ресурсов по основным номенклатурным группам;
- разработка организационно-технологической модели возведения объекта: определение уровней укрупнения и вложения работ с выделением учетных этапов, расчет продолжительности работ на основании объемных характеристик работ и фирменной выработки или их назначения экспертным путем;
- расчет календарного плана (КП) и его оптимизация по времени;
- разработка на основании КП и базы данных объемов работ и ресурсов комплектной ведомости по обеспечению объекта материальными ресурсами и оборудованием.

В МОО на стадии реализации проекта подаются учету только прямые затраты: заработ-

ная плата, стоимость материальных ресурсов, транспортные затраты и стоимость эксплуатации машин и механизмов, а накладные расходы могут быть отнесены на весь объект в целом в соответствии с заданным алгоритмом их распределения.

Формирование планового бюджета стоимости рабочей силы и строительных машин при строительстве объекта осуществляется на основании данных работ КП: планируемая трудоемкость определяется как произведение продолжительности работ, умноженной на численность рабочих, их выполняющих, планируемая машиноёмкость соответствует суммарной продолжительности работы машин и механизмов на объекте строительства.

Планируемые стоимости рабочей силы (зарплата за 1 чел.дн), машин и механизмов (стоимость 1 маш.ч или маш.смены) берутся на основании базы данных фирменных нормативов строительной организации.

Многообразие работ и исполнителей при управлении ИСП в сочетании с высокой материалоёмкостью и трудоемкостью работ приводит к неравномерному потреблению ресурсов по задачам-работам календарного плана. Поэтому графики МОО при управлении ИСП представляют собой семейство кусочно-постоянных функций (рисунок 1):

- СК контрактная цена отражает исходный бюджет ИСП на момент заключения договора;
- PV плановая стоимость работ – плановый бюджет ИСП, который, согласно календарному плану, должен быть выполнен к определенному сроку;
- EV освоенный объем – плановая стоимость выполненных работ в течение определенного периода времени (интервала планирования);
- AC фактическая стоимость – себестоимость выполненных работ за определенный период времени по данным управленческого учета.

Контрактная цена определяется на основании сметы, разработанной на стадии проектирования и результатов торгов, и в большинстве случаев она ниже сметной стоимости и является исходным бюджетом ИСП, который нельзя превысить по условиям подрядного договора.

Используя эти данные, определяется стоимость работ по месяцам строительства (пропорционально продолжительности попадания частей работ по месяцам строительства). Полученные результаты заносятся в таблицу EXCEL, после чего в результате их обработки макросом Excel рассчитывается доля объемов работ по конструктивным элементам в общей стоимости работ по контракту СК, которая принимается за 100 %.

На основании полученных данных строятся графики изменения затрат в процессе строительства объекта СК, PV, EV и AC (рисунок 1).

Совмещая графики СК, PV, EV и AC в зависимости от времени, мы можем сделать выводы относительно экономии / перерасхода бюджета и опережения / отставания от КП.

В разрабатываемой в ДГТУ интеллектуальной системе управления строительством (ИСУ «Строительство») реализуется автономная система управленческого учета, позволяющая сгруппировать планируемые и фактические затраты по конструктивным элементам здания и осуществить план-факторный анализ использования ресурсов [4].

Для прогнозирования временных параметров работ на стадии оперативного управления объектом строительства нами предлагается методика, использующая, в том числе, модель интегрированного скользящего среднего (ARIMA) [5; 6; 7].

Методика ориентирована на обеспечение высокой степени адаптивности модели управления строительством, позволяющей управлять темпом производства строительно-монтажных работ и настраивать его как на особенности воз-

ведения объекта, так и на работы, выполняемые конкретной бригадой. Предложенную методику можно использовать при разработке фирменных нормативов по расходу ресурсов.

Задача состоит в том, чтобы уже на ранних стадиях строительства объекта осуществить настройку системы управления на конкретные условия его реализации с учетом данных ранее выполненных объектов-аналогов. Такой подход в сочетании с экспертными оценками ведущих ИТР позволяет задать плановые значения трудоемкостей и продолжительностей работ, которые затем в процессе строительства уточняются и актуализируются.

Традиционный подход к управлению временными параметрами объекта строительства предполагает сначала расчет по работе (конструктивному элементу) временного отклонения, затем – перерасчет сетевого графика с целью определения влияния возникшего отклонения на срок окончания строительства объекта в целом, а потом уже принятие решения по его оптимизации.

Рассматриваемая методика учитывает влияние человеческого фактора и ресурсного обеспечения на производительность труда в процессе строительства, которую опосредованно можно измерить на стадии оперативного управления через темп и напряженность выполнения работ.

Для этого задается шаг «съемки информации», равный смене, позволяющий получить достаточный объем информации для прогнозирования временных параметров работ, и используется специальная модель прогнозирования, позволяющая уже на ранней стадии выполнения работ выявлять и прогнозировать их возможные отклонения от запланированных временных параметров. На основе этой информации можно провести анализ и затем принять корректирующие управленческие решения по оптимизации параметров работ. Только после просмотра и локальной оптимизации временных параметров работ и при невозможности полностью «погасить» их отклонения осуществляется перерасчет временных параметров сетевого графика.

Такой подход к оперативному управлению позволяет выявить отклонения от запланированного темпа работ и причины, влияющие на темп работ, и своевременно принять управленческие решения по приведению системы к запланированному состоянию.

Наличие базы данных о фактических затратах труда за каждую смену позволяет, используя модель интегрированного скользящего среднего (ARIMA), осуществить прогноз производительности труда и на основании этого внести изменения в сроки производства работ и логистическую систему поставки материальных ресурсов.

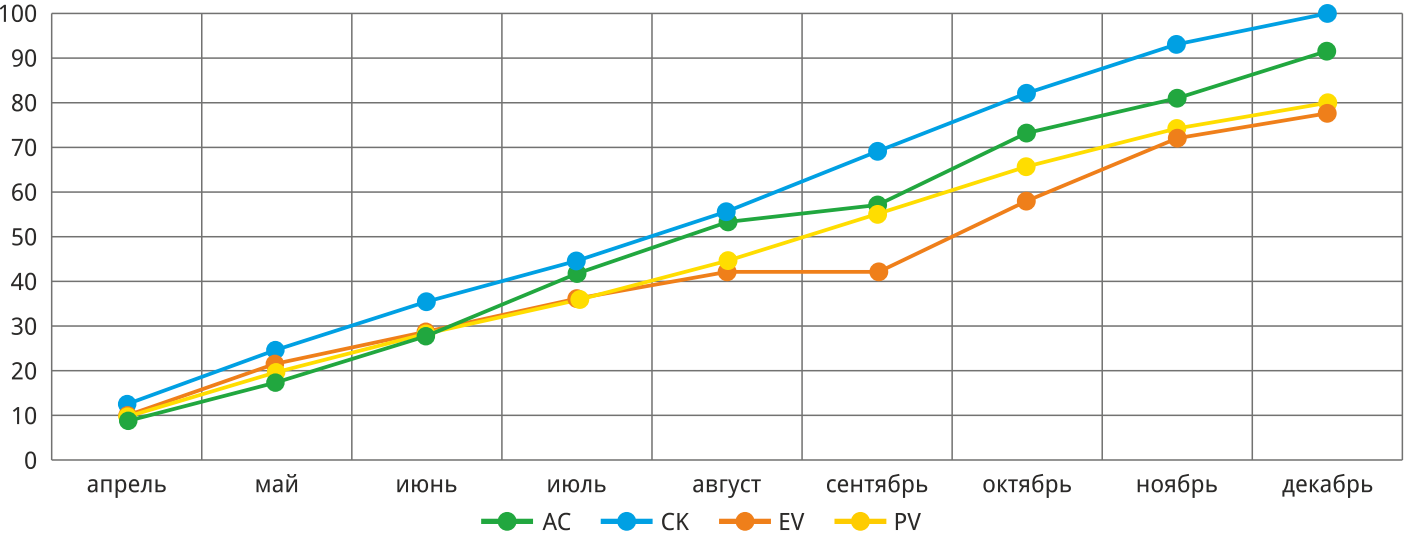


Рис. 5. Графики изменения затрат СК, PV, EV и AC
Fig. 5. Cost change charts CK, PV, EV and AC

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко А. Прогноз по завершении в управлении освоенным объемом / А. Бондаренко, А. Чулков // Управление проектами. – 2013. – № 3 (27).
2. Гребенников А. В. Моделирование сетевого трафика и прогнозирование с помощью модели ARIMA / А. В. Гребенников, Ю. А. Крюков, Д. В. Чернягин // Системный анализ в науке и образовании. – 2011. – Вып. 1. – URL: <http://www.sanse.ru/download/79>.
3. Зеленцов Л. Б. Интеллектуальные системы управления в строительстве: монография / Л. Б. Зеленцов, Л. Д. Малиян, М. С. Шогенов, И. Г. Трипута; ДГТУ. – Ростов-на-Дону, 2017.
4. Трегуб А. В. Методика построения модели ARIMA для прогнозирования динамики временных рядов / А. В. Трегуб, И. В. Трегуб // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2011. – № 5. – С. 179–183.
5. Хелдман К. Профессиональное управление проектом / К. Хелдман; пер. с англ. А. В. Шаврина. – 5-е изд. – Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 728 с. – ISBN 978-5-9963-014-1.
6. Zelentsov L. B. The organizational-technological decisions acceptance support system in the investment and construction projects management / L. B. Zelentsov, L. D. Mayilyan, N. G. Hakobyan, D. V. Pirko. – DOI 10.1088/1757-899X/698/7/077052 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – Kislodvsk: IOP Publishing, 2019. – Т. 698. – 077052.

REFERENCES

1. Bondarenko A. Prognoz po zavershenii v upravlenii osvoennym ob'yomom [Forecast on completion in the management of the mastered volume] / A. Bondarenko, A. Chulkov // Upravlenie proektami [Project Management]. – 2013. – № 3 (27).
2. Grebennikov A. V. Modelirovanie setevogo trafika i prognozirovaniye s pomoshh'yu modeli ARIMA [Modeling of network traffic and forecasting using the ARIMA model] / A. V. Grebennikov, Yu. A. Kryukov, D. V. Chernyagin // Sistemnyy analiz v nauke i obrazovanii [System analysis in science and education]. – 2011. – Issue. 1. – URL: <http://www.sanse.ru/download/79>.
3. Zelentsov L. B. Intel'lektual'nye sistemy upravleniya v stroitel'stve [Intelligent control systems in construction] / L. B. Zelentsov, L. D. Mailyan, M. S. Shogenov, I. Triputa; DSTU. – Rostov-on-Don, 2017.
4. Tregub A. V. Metodika postroeniya modeli ARIMA dlya prognozirovaniya dinamiki vremennykh ryadov [Method of constructing the ARIMA model for predicting the dynamics of time series] / A. V. Tregub, I. V. Tregub // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik [Bulletin of the Moscow state University of forest – Lesnoj Vestnik]. – 2011. – № 5. – P. 179–183.
5. Heldman K. Professional'noe upravlenie proektom [Professional project management] / K. Heldman; transl. from engl. A. V. Shavrina. – Moscow: Binom. Laboratoriya znaniy, 2012. – 728 p. – ISBN 978-5-9963-014-1.
6. Zelentsov L. B. The organizational-technological decisions acceptance support system in the investment and construction projects management / L. B. Zelentsov, L. D. Mayilyan, N. G. Hakobyan, D. V. Pirko. – DOI 10.1088/1757-899X/698/7/077052 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – Kislodvsk: IOP Publishing, 2019. – Т. 698. – 077052.

УДК 69.05

Организационно-технологические факторы, оказывающие влияние на строительное производство высотных зданий в Нигерии

Organizational and Technological Factors Influencing the Construction Production of High-rise Buildings in Nigeria

Огидан Оламипе Тимоти

Аспирант кафедры «Технологии и организация строительного производства», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

Ogidan Olamipe Timothy

Graduate student, Department «Technology and Organization of Construction Production», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26

Лapidус Азарий Абрамович

Профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Технологии и организация строительного производства», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26, lapidus58@mail.ru

Lapidus Azarij Abramovich

Professor, Doctor of Technical Sciences, the head of the Department «Technologies and Organizations of Construction Production», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, lapidus58@mail.ru

Аннотация

Концепция развития такого направления строительной отрасли, как возведение высотных зданий, основывается на качественном проектировании, применении технологии и профессиональном управлении организационно-технологическими факторами, которые влияют на эффективность деятельности отраслевых организаций и компаний и, в конечном счете, на успешную реализацию строительных проектов. В данной работе рассмотрено влияние внешних факторов на строительство высотных зданий в штате Лагос в Нигерии. Для сбора данных использовался стандартный инструмент – анализ информационных источников, в основе которых лежал структурированный опросник целевой аудитории, которой являются государственные и частные заказчики, а также четыре группы профессионалов: архитекторы, строители, геодезисты и инженеры. При анализе использовались следующие инструменты: средний балл, корреляция Спирмена, коэффициент Кендалла и Хи-Квадрат. В качестве факторов, оказывающих влияние на производительность при реализации строительных проектов высотных зданий, были определены двадцать девять переменных. Они были классифицированы по кластерам: политические, юридические, строительные технологии и ресурсы, экономические и финансовые, социокультурные и инфраструктурные. Корреляционный анализ перерасхода времени и затрат выявил факторы, наиболее влияющие на эффективность проекта. Кластеры экономического и финансово-политического характера взаимосвязаны со временем, а соответственно, социокультурный кластер взаимосвязан с перерасходом затрат. В результате проведенного анализа сделан вывод, что при строительстве высотных зданий необходимо принимать во внимание переменные в рамках этих трех кластеров с целью правильного управления и предотвращения перерасхода средств и времени.

Ключевые слова: строительство высотных зданий; организационно-технологические факторы; организационно-технологические решения; выполнение проектов; экологический фактор; штат Лагос; средний балл; корреляция Спирмена; коэффициент Кендалла; Хи-Квадрат.

Abstract

The concept of development of such a direction of the construction industry as the construction of high-rise buildings is based on high-quality design, application of technology and professional management of organizational and technological factors that affect the efficiency of industry organizations and institutions and, ultimately, the successful implementation of construction projects. This paper examines the impact of external factors on the construction of high-rise buildings in the state of Lagos in Nigeria. The data collection was based on a standard tool-analysis of information sources based on a structured questionnaire of the target audience, which consisted of public and private customers, as well as four groups of professionals: architects, builders, surveyors and engineers. The analysis used the following tools: average score, Spearman correlation, Kendall coefficient, and Chi-Square. Twenty-nine variables were identified as factors that affect productivity in the implementation of high-rise construction projects. They were classified into clusters: political, legal, construction, technological, resource, economic and financial, socio-cultural and physical. Correlation analysis of time and cost overruns revealed the factors that most affect the project's effectiveness. Clusters of an economic and financial-political nature are interconnected with time, and, accordingly, a socio-cultural cluster is interconnected with cost overruns. As a result of the analysis, it is concluded that the construction of high-rise buildings should take into account the variables within these three clusters in order to properly manage and prevent overspending of funds and time.

Keywords: construction of high-rise buildings; organizational and technological factors; organizational and technological solutions; project execution; environmental factor; Lagos state, average score, Spearman correlation, Kendall coefficient and Chi-Square.

Введение

Нигерийская сфера строительства высотных зданий представляет собой набор многочисленных участников, которые конструируют, строят и ремонтируют самые разные здания и сооружения гражданского назначения, но эти компании и организации слабо интегрированы и мало-эффективно взаимодействуют между собой. В крупном обзоре теории управления строительным производством высотных зданий [1] авторами было установлено, что окружающая среда может препятствовать планируемому ходу строительных работ, и чем больше потенциальное воздействие этого непредсказуемого влияния, тем больше это необходимо учитывать при управлении проектом строительства.

Руководители проектов строительства высотных зданий во многих развивающихся странах, и в Нигерии в том числе, при планировании проектов изначально закладывают такие риски, как значительный перерасход финансовых и даже временных ресурсов. Наиболее распространенные внешние факторы, неизбежно влекущие дополнительные затраты, вызваны политической нестабильностью, бюрократическими процедурами при заключении контрактов и отсутствием необходимой инфраструктуры: транспортных сетей, электроснабжения и телекоммуникационных систем. Подтверждая наличие этих проблем в строительной отрасли, предыдущие исследования показали, что существует необходимость в разработке соответствующих инструментов управления, а также методов, специально адаптированных к проектной среде развивающихся стран [2].

Таким образом, были определены основные организационно-технологические факторы: политические, правовые, институциональные, культурные, социологические, технологические, ресурсные, экономические, финансовые и инфраструктурные [3]. Согласно трудам [4], четыре самых важных фактора внешней среды включают в себя такие (в порядке убывания):

общественные вопросы, погодные условия, экономическую ситуацию (бум или кризис) и государственную политику.

Эффективность проекта [5] может быть измерена и оценена с использованием большого количества показателей производительности, которые могут быть связаны с различными измерениями (группами), а именно: время, стоимость, качество, удовлетворенность клиентов, вносимые клиентами изменения, эффективность бизнеса, здоровье и безопасность. Как правило, измерение производительности может иметь один или несколько индикаторов, и оно может быть подтверждено влиянию различных характеристик проекта. Несмотря на то, что многие управляющие компании принимают решения инстинктивно и бессистемно, необходим более серьезный подход к анализу той или иной проблемы как системы. Автоматизированный анализ выработки решений в современных условиях часто используется для окончательного выбора среди спектра факторов риска для достижения требуемых качеств.

Исходя из вышесказанного, можно прийти к выводу, что для организации строительного производства многоэтажных домов большое значение принимает процесс принятия организационно-технологических решений (ОТР) в заданных условиях строительства, способствующий достижению главных критериев строительного проекта (продолжительность, стоимость, качество, безопасность и другие). Ключевая проблема большей части предыдущих работ заключается в том, что они, в основном, сосредоточены на анализе ситуации в развитых странах и упускают из внимания развивающиеся страны. Поэтому актуальным направлением научных исследований является разработка эффективных автоматизированных методик и средств принятия ОТР при реализации проектов высотных зданий на основе моделей, позволяющих с высокой степенью достоверности прогнозировать их результаты.

Цель данной работы состоит в том, чтобы устранить недостатки существующих подходов и усовершенствовать анализ организационно-технологических факторов на основе использования нового и технически простого метода, разработанного для развивающихся стран, таких как Нигерия. Штат Лагос – один из шести штатов юго-западной геополитической зоны, и на примере этого региона Нигерии можно оценить влияние внешней среды, определить значение организационно-технологических факторов для строительства высотных домов, что позволит принимать эффективные организационно-технологические решения, способствующие достижению запланированных результатов строительства по критериям продолжительности и качества строительного процесса с рациональными затратами ресурсов.

Материалы и методы
Данное исследование опирается на экспресс-опрос для сбора данных о факторах, влияющих на планирование и реализацию строительного проекта. Целевая группа опроса состояла из сотрудников, работающих в строительных фирмах всех категорий (крупных, средних и малых), деятельность которых сосредоточена, как раз, в исследуемой области строительства, а вопросы составлены на основе рекомендаций специалистов [13]. Основное внимание в исследовании уделяется строительству высотных домов, а опрос проходили в том числе и те, кто участвует в разработке строительных проектов и планов по их реализации.
Для того, чтобы прийти к точному размеру выборки, был принят метод отбора проб. Из 108 экземпляров анкеты 102 были заполнены, и коэффициент полученного отклика составил 94 %. Определение уровня значимости факторов, влияющих на планирование и реализацию проекта, было проверено по пятибалльной шкале: 1 – незначительный, 2 – сколько-нибудь значащий, 3 – умеренно значимый, 4 – значительный, и 5 – очень значительный. Данные, полученные из анкет, были проанализированы с помощью описательной и логической статистики с использованием статистических пакетов программного обеспечения.
Справочная информация о респондентах – социальные и профессиональные характеристики анкетировемых – приведена в таблице 1. У 36 респондентов (38,3 %) образование в области количественной геодезии с последующим архитектурно-строительным образованием, у 22 (23,4 %) – машиностроение, у 14 (14,9 %) – строительство. Большинство респондентов, это 90 человек (95,7 %), связано с различными профильными организациями. При этом 60 % от общего числа респондентов имеют более чем 10-летний опыт работы. Около 77 % опрошенных занимают должности управляющего директора, менеджера строительных проектов и супервайзера, или менеджера объектов. Остальные – это менеджеры по закупкам, коммерческие менеджеры и т. д.

Таким образом, занимаемые респондентами высокие должности гарантировали достоверность и точность собранной информации.

В опросе приняли участие представители средних фирм – их большинство – 57 человек (60,6 %), 20 представителей малых фирм (21,3 %), а крупные компании были представлены только 17 респондентами (18,1 %). Это соответствует реальной ситуации в Нигерии, где строительный бизнес составляют в основном мелкие фирмы, крупных фирм гораздо меньше. Значит, и респонденты хорошо осведомлены и имеют

Табл. 1. Справочная информация о респондентах
Tab. 1. Background information on respondents

Личностные характеристики респондентов	Количество	Процент от общего числа
Специализация образования		
Архитектура	22	23,4
Строительство	14	14,9
Инженерия	22	23,4
Геодезия	36	38,3
Наличие высшего образования		
Профтехучилище	15	16,0
Бакалавр / магистр.....	28	29,8
Профессиональный уровень		
Стажер	9	9,6
Выпускник	16	17,0
Дипломированный специалист	22	23,4
Корпоративный сотрудник	41	43,6
Сотрудник	2	2,1
Внешнее совмещение	4	4,3
Производственный опыт респондента		
Менее 5 лет	12	12,8
5–10 лет	24	25,5
10–20 лет	40	41,5
20–30 лет	8	8,5
Свыше 30 лет	11	11,7
Должность респондентов		
Управляющий директор	20	21,3
Головное планирование / закупки	4	4,3
Руководитель проекта / строительства	26	27,7
Коммерческий менеджер	4	4,3
Супервайзер / менеджер сайта	26	27,7
Другие	14	14,9
Размер организации		
Небольшой	20	21,3
Средний	57	60,6
Большой	17	18,1

адекватное представление о положении в строительной отрасли. Таким образом, их ответы на вопросы можно считать обоснованными для данного исследования.

Строительство высотных зданий зависит, главным образом, от успеха планирования того или иного проекта. Многие предыдущие исследования изучали производительность таких строительных проектов. Так, в работе [8] отмечалось, что одна из ключевых причин низкой производительности высотной стройки заключается в некорректно выбранной системе закупок. В работе [9] были определены основные показатели эффективности (критерии) строительных проектов, такие как финансовая устойчивость, прогрессивные технологии, стандарты качества, охрана труда и техника безопасности, доступность ресурсов, отношения с клиентами, отношения с консультантами, кризисная работа, а также договорные споры, взаимоотношения с субподрядчиками, репутация и объем субподряда. Авторы [10] выразили мнение, что время строительства является приоритетным, потому что данный показатель служит решающим ориентиром для оценки эффективности проекта и эффективности проектной организации.

Результаты исследования
С целью выявления факторов внешней среды, влияющих на производительность труда при реализации проектов по возведению высотных домов в штате Лагос в Нигерии, был проведен анкетный опрос. Перед опросом анкета прошла экспертную оценку среди профессионалов, хорошо знакомых с регионом, чтобы определить, являются ли вопросы однозначными и охватывают ли они в значительной степени те факторы, которые, как считается, влияют на выполнение проекта в этом районе. После полученных от экспертов комментариев пятью группами респондентов (клиентов, строителей, архитекторов, инженеров и сметчиков) были определены

29 факторных переменных, и перед анкетированием в опросник были внесены поправки.

Размер выборки был рассчитан статистически: « η » респондентов от населения региона – 47 клиентов и 76 специалистов соответственно. Была использована формула из S. T. Sediary [29]:

$$\eta = n^1 / \left[1 + \left(n^1 / N \right) \right], \tag{1}$$

где η – размер выборки;
 $n^1 = S^2/v^2$;
 N – общая численность населения;
 v – стандартная ошибка распределения выборки = 0,05;
 S – максимальное стандартное отклонение в популяции при уровне 95 %;

$$S^2 = (p) \times (1 - p) = (0,5) \times (0,5) = 0,25, \tag{2}$$

Следовательно, η задано для клиентов = 32, а для профессионалов = 43, а общий размер выборки – 75.

Ранжирование каждого фактора окружающей среды, влияющего на количество успешно реализованных строительных проектов, оценивалось от среднего значения статистики интервальных оценок респондентов.

Согласие в ранжировании. Коэффициент конкордации Кендалла для рангов (W) был использован для того, чтобы рассчитать согласованность между группами при рассмотрении 29 факторов.

Коэффициент конкордантности Кендалла:

$$W = \frac{12S^2 - 3p^2n(n+1)^2}{p^2(n^3 - n) - pT}, \tag{3}$$

где $S = \sum R^2$ – сумма квадратов статистики по суммам строк рангов R_i ;

Табл. 2. Дисперсионный анализ факторов, влияющих на проект планирования для различных классификаций респондентов

Tab. 2. Variance analysis of factors affecting the planning project for different classifications of respondents

Факторы, влияющие на планирование проекта	Уровень образования		Опыт промышленного развития		Размер фирмы	
	η	p	η	p	η	p
Метод закупок	2,564	0,044**	1,708	0,155	0,976	0,381
Тип клиента	2,1312	0,084	0,669	0,615	0,892	0,061
Размер проекта	6,751	0,000**	3,600	0,009**	0,637	0,531
Тип проекта	4,902	0,001**	5,297	0,001**	0,721	0,489
Бюджет проекта	2,133	0,083	2,313	0,064	4,737	0,011**
Время доступности	3,115	0,019**	23,171	0,000**	3,578	0,032**
Профессиональная экспертиза	5,075	0,001**	19,801	0,000**	0,926	0,400

** $p < 0,05$

p – число групп рангеров, равное 5 в данном случае;

T – поправочный коэффициент, необходимый для связанных рангов;

n – число факторов окружающей среды, рассматриваемых как влияющих на проект производительность.

Таким образом, коэффициент конкордантности Кендалла $W = 0,4186$ (вычислено).

Критерий значимости. Статистика Фридмана χ^2 была использована для проверки коэффициента Кендалла конкордантности W для статистической значимости. Авторы утверждают [30], что Хи-Квадрат и вероятность – это не одно и то же и вычисляются обычным способом, когда размер выборки судей невелик, то есть $p \leq 7$; вместо этого прямая вероятность получается из таблицы критических значений.

Правило $p \leq 7$ применимо в этом случае, т. к. у нас $p = 5$, и для проверки значимости была вычислена статистика Хи-Квадрата:

$$\chi^2 = p(n-1)W. \quad (4)$$

Таким образом, $\chi^2 = 58$ (расчетное значение) и для $n = 29$ при 95 % доверительном уровне, $\chi^2 = 42,56$ (из таблицы критических значений).

Данные расчетов приведены в таблице 2.

Заключение

Результаты статистического теста Фридмана χ^2 для коэффициента Кендалла – коэффициента согласия (W) по мнению респондентов – показали, что когда $p \leq 7$ (в нашем случае 58 человек), размер группы судей не достаточен. Значение χ^2 с двадцатью девятью факторами ($n = 29$) рассматривалось при 95 % доверительном уровне, и значение было найдено равным 42,56 из таблицы критического значения. Сравнивая эти два значения, можно сделать вывод, что существует значительная степень согласия между респондентами, так как расчетное значение больше, чем в таблице критических значений.

Строительные технологии и ресурсы заняли шестое место кластера со значением 2,7, в котором переменной импорта материалов и оборудования была дана самая высокая оценка 3,2. Большая часть строительных материалов и оборудования импортируется из-за токсичной атмосферы региона, обусловленной присутствием нефти. Правила импортирования и логистика составляют существенную долю в объеме воздействия на строительный процесс, и это может в дальнейшем обратить внимание производителей и исследователей в Нигерии на необходимость разработки местных материалов, которые подойдут именно для применения в данном регионе.

Исходящий из таблицы 2 результат корреляционного анализа временных и стоимостных перерасходов с выявленными факторами, влияющими на эффективность проекта, показал, что кластеры экономических и финансовых,

а также политических факторов имели значительную связь с перерасходом времени на p -значениях 0,004 и 0,011 соответственно, в то время как кластер социально-культурный имел значительную связь с затратами перепополнения с p -значением равным 0,007. Там высокий коэффициент корреляции соответствовал 0,471; 0,421 и 0,643. Можно сделать вывод, что успешное развитие строительных проектов в этом регионе может быть поставлено под угрозу без эффективного управления переменными этих трех кластеров.

Выявленные переменные классифицируются по шести кластерам экономических показателей: финансовые, строительные технологии и ресурсы, политические, правовые, социально-культурные и физические факторы; кроме того, и отношения со временем и перерасходом средств тоже были статистически установлены.

Процесс строительства предполагает привлечение различных участников в рамках разработки и планирования проекта, необходимо установить качественные каналы связи между специалистами, что является залогом успешного осуществления проекта. Иначе любая проблема, не решенная в процессе коммуникации или связанная с ним, может приводить к недопониманиям и тем самым срывать запущенные строительные проекты.

Выводы

Ниже приведены выводы, которые были сделаны из полученных результатов:

1. Выводы данного исследования показывают, что восприятие некоторых факторов, влияющих на проект, его планирование и реализацию, четко различаются у специалистов-строителей.

2. Было выявлено, что уровень опыта ответивших респондентов по-разному влияет на восприятие некоторых факторов, влияющих на планирование и реализацию проекта. Данное утверждение являлось ожидаемым, поскольку опыт участников разный. При этом следует помнить, что восприятие профессионалами некоторых факторов в различных по масштабу компаниях существенно не отличается.

3. Следует признать, что планирование является одной из функций менеджмента. Процесс планирования начинается с инициирования процесса управления и, следовательно, является обязательным условием для начала контроля, который включает в себя также мониторинг и оценку. Правильное планирование – это основная потребность, но этого недостаточно для обеспечения успеха проекта.

4. Выявленные факторы, влияющие на планирование проекта и его реализацию, которые были рассмотрены в данной работе, помогут заинтересованным сторонам в переоценке своих действий и методов планирования проектов с целью усиления их таким образом, чтобы повысить эффективность строительных проектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусаков А. А. Системотехника строительства / А. А. Гусаков. – Москва : Издательство АСВ, 2004.
2. Лapidus А. А. Потенциал эффективности организационно-технологических решений строительного объекта // Вестник МГСУ. – 2014. – № 1. – С. 175–180.
3. Лapidus А. А. Математическая модель оценки обобщенного показателя экологической нагрузки при возведении строительного объекта / А. А. Лapidus, А. Ю. Бережный // Вестник МГСУ. – 2012. – № 3. – С. 149–153.
4. Лapidus А. А. Исследования интегрального показателя качества, учитывающего влияние организационно-технологических решений при формировании строительной площадки / А. А. Лapidus, Л. П. Демидов // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 3. – С. 44–46.
5. Лapidus А. А. Влияние параметров формирования организационной структуры строительной компании на обобщенный показатель экологической нагрузки / А. А. Лapidus, Х. Л.-А. Сайдаев // Технология и организация строительного производства. – 2012. – № 1. – С. 50–52.
6. Макаров А. Н. Организационно-технологический потенциал строительного производства кровельных конструкций жилых многоэтажных зданий: дисс. ... канд. техн. наук: специальность 05.02.22 / Макаров Александр Николаевич ; МГСУ. – Москва, 2018. – 180 с.
7. Маругин В. М. Квалиметрическая экспертиза строительных объектов / В. М. Маругин, Г. Г. Азгальдов. – Санкт-Петербург : Политехника, 2008. – 527 с.
8. Орлов К.О. Комплексный показатель результативности проектов массовой малоэтажной застройки при использовании различных современных технологий модульного домостроения // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 1. – С. 40–42.
9. Ajayi O. M. The Construction, Building and Real Estate / O. M. Ajayi, O. E. Ogunsanmi, K. A. Ajayi, C. M. Ofili // Research Conference of the Royal Institution of Chartered Surveyors, COBRA 2010 : Proceedings of Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). – 2010.
10. Akinsola A. O. Identification and evaluation of factors influencing variations on building project / A. O. Akinsola, K. F. Potts, F. C. Harris // International Journal of Project Management. – 1997. – № 15 (4). – P. 263–267.
11. Bennett J. International Construction Project Management: General Theory and Practice / J. Bennett. – second ed. – Oxford : Butterworths Heinemann, 1991.
12. Chan D. W. M. Compressing construction duration: lesson learned from Hong Kong building projects / D. W. M. Chan, M. M. Kumaraswamy // International Journal of Project Management. – 2002. – № 20. – P. 23–25.
13. Cheung S. O. PPMS: A Web-Based Construction Project Performance Monitoring System / S. O. Cheung, H. C. H. Suen, K. K. W. Cheung // Automation in Construction. – 2004. – № 13 (3). – P. 361–366.
14. Engobo E. Social responsibility in practice in the oil producing Niger Delta: assessing corporations and government's actions // Journal of Sustainable Development in Africa. – 2009. – № 11 (2). – P. 113–115.
15. Faniran O. O. Effective front-end project management – a key element in achieving project success in developing countries / O. O. Faniran, P. E. D. Love, J. Smith. – 2000. – URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download>.
16. Hyvärä I. Project Management Effectiveness in Project-Oriented Business Organizations // International Journal of Project Management. – 2006. – Vol. 24, № 3. – P. 216–225.
17. Iyer K. C. Factors affecting cost performance: evidence from Indian construction projects / K. C. Iyer, K. N. Jha // International Journal of Project Management. – 2005. – № 23 (4). – P. 283–285.
18. Kim Du Y. Structuring the prediction model of project performance for international construction projects:

REFERENCES

1. Gusakov A. A. Sistemotekhnika stroitel'stva [System Engineering of construction] / A. A. Gusakov. – Moscow: ASV Publishing house, 2004.
2. Lapidus A. A. Potentsial ehffektivnosti organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij stroitel'nogo ob'ekta [Efficiency Potential of organizational and technological solutions of a construction object] // Vestnik MGSU. – 2014. – № 1. – P. 175–180.
3. Lapidus A. A. Matematicheskaya model' otsenki obobshhennogo pokazatelya ehkologicheskoy nagruzki pri vozvedenii stroitel'nogo ob'ekta [Mathematical model for evaluating the generalized indicator of environmental load during the construction of a construction object] / A. A. Lapidus, A. Yu. Berezhnyj // Vestnik MGSU. – 2012. – № 3. – P. 149–153.
4. Lapidus A. A. Issledovaniya integral'nogo pokazatelya kachestva, uchityvayushhego vliyaniye organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij pri formirovanii stroitel'noy ploshchadki [Research of an integral quality indicator that takes into account the influence of organizational and technological solutions in the formation of a construction site] / A. A. Lapidus, L. P. Demidov // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – 2013. – № 3. – P. 44–46.
5. Lapidus A. A. Vliyaniye parametrov formirovaniya organizatsionnoy struktury stroitel'noy kompanii na obobshhennyj pokazatel' ehkologicheskoy nagruzki [Influence of parameters of formation of the organizational structure of a construction company on the generalized indicator of environmental load] / A. A. Lapidus, Kh. L.-A. Sajdaev // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – 2012. – № 1. – P. 50–52.
6. Makarov A. N. Organizatsionno-tekhnologicheskij potentsial stroitel'nogo proizvodstva krovel'nykh konstruksij zhilykh mnogoehtaznykh zdaniy: diss. ... kand. tekhn. nauk: spetsial'nost' 05.02.22 [Organizational and technological potential of construction production of roofing structures of residential multi-storey buildings] / Makarov Aleksandr Nikolaevich ; MGSU. – Moscow, 2018. – 180 p.
7. Marugin V. M. Kvalimetriceskaya ehkspertiza stroitel'nykh ob'ektov [Qualimetric expertise of construction objects] / V. M. Marugin, G. G. Azgal'dov. – Saint Petersburg: Politekhnik, 2008. – 527 p.
8. Orlov K.O. Kompleksnyj pokazatel' rezul'tativnosti proektov massovoj maloetazhnoj 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] // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva [Technology and organization of construction production]. – 2013. – № 1. – P. 40–42.
9. Ajayi O. M. The Construction, Building and Real Estate / O. M. Ajayi, O. E. Ogunsanmi, K. A. Ajayi, C. M. Ofili // Research Conference of the Royal Institution of Chartered Surveyors, COBRA 2010 : Proceedings of Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). – 2010.
10. Akinsola A. O. Identification and evaluation of factors influencing variations on building project / A. O. Akinsola, K. F. Potts, F. C. Harris // International Journal of Project Management. – 1997. – № 15 (4). – P. 263–267.
11. Bennett J. International Construction Project Management: General Theory and Practice / J. Bennett. – second ed. – Oxford : Butterworths Heinemann, 1991.
12. Chan D. W. M. Compressing construction duration: lesson learned from Hong Kong building projects / D. W. M. Chan, M. M. Kumaraswamy // International Journal of Project Management. – 2002. – № 20. – P. 23–25.
13. Cheung S. O. PPMS: A Web-Based Construction Project

- A comparative analysis / Du Y. Kim, S. H. Han, H. Kim, H. Park // Expert Systems with Applications. – 2009. – № 36 (2). – P. 1961–1971.
19. Mansfield N. R. Causes of delay and cost overruns in Nigerian construction projects / N. R. Mansfield, O. O. Ugwu, T. Doran // International Journal of Project Management. – 1994. – № 12 (4). – P. 254.
 20. Navon R. Automated Project Performance Control (APPC) of construction resources // Automation in Construction. – 2003. – P. 78–81. – URL: <http://www.iaarc.org/publications/fulltext/isarc2003-78>.
 21. Obalola T. F. Evaluation of the effects of project environment on project performance in Lagos and Abuja, Nigeria: dissertation / Obalola T. F. ; Federal University Technology. – Akure : Nigeria, 2006.
 22. Odeh A. M. Causes of construction delay: traditional contracts / A. M. Odeh, H. T. Battaineh // International Journal of Project Management. – 2002. – № 20 (1). – P. 67–73.
 23. Ogunlana S. Construction delays in a fast-growing economy: comparing Thailand with other economics / S. Ogunlana, K. Promkuntong, V. Jearkijrm // International Journal of Project Management. – 1996. – № 14 (1). – P. 37–45.
 24. Oladapo R. A. Appropriate real estate laws and policies for sustainable development in Nigeria / R. A. Oladapo, A. O. Olotuah // Structural Survey. – 2007. – № 25 (3/4). – P. 330–338.
 25. Samson M. Development of construction contractors performance measurement framework / M. Samson, N. M. Lama // 1st International Conference of Creating a Sustainable. – 2002. – URL: http://www.researchgate.net/.../228780626_.
 26. Sediary S. T. Management of conflict: public sector construction in Saudi Arabia // International Journal of Project Management. – 1994. – № 12 (3). – P. 143–151.
 27. Siegel S. Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences / S. Siegel, N. J. Castellan. – second ed. – New York : McGraw-Hill, 1988.
 28. Stewart R. Manager and their Job / R. Stewart. – London : Macmillan, 1967.
 29. Thomas E. U. Essentials of construction project management / E. U. Thomas, L. Martin. – first ed. – Australia : University of New South Wales Press Ltd., 2004.
 30. Youker R. Managing the International Project Environment // International Journal of Project Management. – 1992. – № 10 (4). – P. 219–226.
- Performance Monitoring System / S. O. Cheung, H. C. H. Suen, K. K. W. Cheung // Automation in Construction. – 2004. – № 13 (3). – P. 361–366.
14. Engobo E. Social responsibility in practice in the oil producing Niger Delta: assessing corporations and government's actions // Journal of Sustainable Development in Africa. – 2009. – № 11 (2). – P. 113–115.
 15. Faniran O. O. Effective front-end project management – a key element in achieving project success in developing countries / O. O. Faniran, P. E. D. Love, J. Smith. – 2000. – URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download>.
 16. Hyvärä I. Project Management Effectiveness in Project-Oriented Business Organizations // International Journal of Project Management. – 2006. – Volume 24, № 3. – P. 216–225.
 17. Iyer K. C. Factors affecting cost performance: evidence from Indian construction projects / K. C. Iyer, K. N. Jha // International Journal of Project Management. – 2005. – № 23 (4). – P. 283–285.
 18. Kim Du Y. Structuring the prediction model of project performance for international construction projects: A comparative analysis / Du Y. Kim, S. H. Han, H. Kim, H. Park // Expert Systems with Applications. – 2009. – № 36 (2). – P. 1961–1971.
 19. Mansfield N. R. Causes of delay and cost overruns in Nigerian construction projects / N. R. Mansfield, O. O. Ugwu, T. Doran // International Journal of Project Management. – 1994. – № 12 (4). – P. 254.
 20. Navon R. Automated Project Performance Control (APPC) of construction resources // Automation in Construction. – 2003. – P. 78–81. – URL: <http://www.iaarc.org/publications/fulltext/isarc2003-78>.
 21. Obalola T. F. Evaluation of the effects of project environment on project performance in Lagos and Abuja, Nigeria: dissertation / Obalola T. F. ; Federal University Technology. – Akure : Nigeria, 2006.
 22. Odeh A. M. Causes of construction delay: traditional contracts / A. M. Odeh, H. T. Battaineh // International Journal of Project Management. – 2002. – № 20 (1). – P. 67–73.
 23. Ogunlana S. Construction delays in a fast-growing economy: comparing Thailand with other economics / S. Ogunlana, K. Promkuntong, V. Jearkijrm // International Journal of Project Management. – 1996. – № 14 (1). – P. 37–45.
 24. Oladapo R. A. Appropriate real estate laws and policies for sustainable development in Nigeria / R. A. Oladapo, A. O. Olotuah // Structural Survey. – 2007. – № 25 (3/4). – P. 330–338.
 25. Samson M. Development of construction contractors performance measurement framework / M. Samson, N. M. Lama // 1st International Conference of Creating a Sustainable. – 2002. – URL: http://www.researchgate.net/.../228780626_.
 26. Sediary S. T. Management of conflict: public sector construction in Saudi Arabia // International Journal of Project Management. – 1994. – № 12 (3). – P. 143–151.
 27. Siegel S. Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences / S. Siegel, N. J. Castellan. – second ed. – New York : McGraw-Hill, 1988.
 28. Stewart R. Manager and their Job / R. Stewart. – London : Macmillan, 1967.
 29. Thomas E. U. Essentials of construction project management / E. U. Thomas, L. Martin. – first ed. – Australia : University of New South Wales Press Ltd., 2004.
 30. Youker R. Managing the International Project Environment // International Journal of Project Management. – 1992. – № 10 (4). – P. 219–226.



УДК 69.05

Эффективность способа «сверху вниз» при возведении монолитных зданий

The Effectiveness of the «Top-Down» Method in the Construction of Monolithic Buildings

Олейник Павел Павлович

Доктор технических наук, профессор кафедры «Технология и организация строительного производства», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26, cniomtp@mail.ru

Olejnik Pavel Pavlovich

Doctor of Engineering, Professor, Department of Technologies and Organizations of Construction Production, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, cniomtp@mail.ru

Мааруф Али Гашем

Магистрант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26; старший преподаватель строительного факультета, кафедра «Технология и управление строительством», Университет Тишрин, Сирийская Арабская Республика, alimaaruf450@gmail.com

Maaruf Ali Hashem

Master student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26; Teaching Assistant at the Faculty of Civil Engineering, Department of Construction Engineering and Management, Tishreen University, Syrian Arab Republic, alimaaruf450@gmail.com

Аннотация

Одной из важных задач монолитного домостроения является сокращение продолжительности строительства зданий. При традиционном способе возведение надземной части осуществляется только после завершения подземной части. В то же время все большее развитие получает новый способ строительства зданий «сверху вниз», при котором подземная и надземная части могут возводиться параллельно. В этой связи в статье раскрываются преимущества способа «сверху вниз», приводится сравнительный анализ этого способа с традиционным способом «снизу вверх» на примере строительства жилого комплекса общей площадью 2400 м². Итоги сравнительного анализа иллюстрируются соответствующими сетевыми графиками производства работ.

Ключевые слова: строительство способом «сверху вниз», сокращение продолжительности строительства, строительство глубоких подвалов, строительство закрытым способом, строительство открытым способом, киберфизическая система и организация.

Abstract

One of the important problems of monolithic housing construction is to reduce the duration of construction. With the traditional method of constructing monolithic buildings, the construction of the super-structure is carried out only after the completion of the substructure. At the same time, a new method of constructing monolithic buildings «top-down» is gaining more and more development, in which the substructure and superstructure can be built in parallel. In this regard, the article reveals the advantages of the «top-down» method, provides a comparative analysis of it with the traditional «bottom-up» method

using an example of constructing a residential building with a total area of 2400 м². The results of the comparative analysis are illustrated by the network diagrams of work.

Keywords: «top-down» construction method, reduction of construction duration, construction of deep basements, conventional «bottom-up» construction, construction using the closed method, cyber-physical system and organization.



Рис. 1. Возведение монолитного здания способом «снизу вверх»
Fig. 1. Construction of a monolithic building using the «bottom-up» method

Введение
Основной период строительства зданий включает возведение подземной части и возведение надземной части. При традиционных методах возведения зданий вначале устраивают основания и фундаменты, на которые затем устанавливают несущие и ограждающие конструкции до нулевой отметки, и только после возведения подземной части приступают к возведению надземной части (рисунок 1).
Продолжительность устройства подземной части здания может достигать до 50 % [1] продолжительности возведения надземной части. В этой связи проблема сокращения продолжительности строительства зданий в целом и осо-



Рис. 2. Строительство проекта жилого комплекса «Четыре Ветра» полужакрытым способом в Москве
Fig. 1. The construction of the residential complex «Chetyre Vetra» by a semi-closed method in Moscow



Рис. 3. План-схема строительства проекта полужакрытым способом
Fig. 3. The construction plan by a semi-closed method

бенно в монолитном домостроении является исключительно актуальной.
Материалы и методы
Одним из важных путей существенного сокращения продолжительности строительства монолитных зданий является применение способа «сверху вниз», при котором можно начать строить подземную и надземную части до завершения земляных работ. Способ «сверху вниз» может быть полужакрытым (рисунки 2, 3) и закрытым (рисунки 4, 5).
При применении полужакрытого способа строительная площадка делится на две части. На одной ее части работы выполняются традиционным способом «снизу вверх», а на второй



Рис. 4. Разработка грунта в котловане проекта «Lotte hotel Moscow» закрытым способом в Москве
Fig. 4. Excavation works in «Lotte hotel Moscow» by a closed method in Moscow

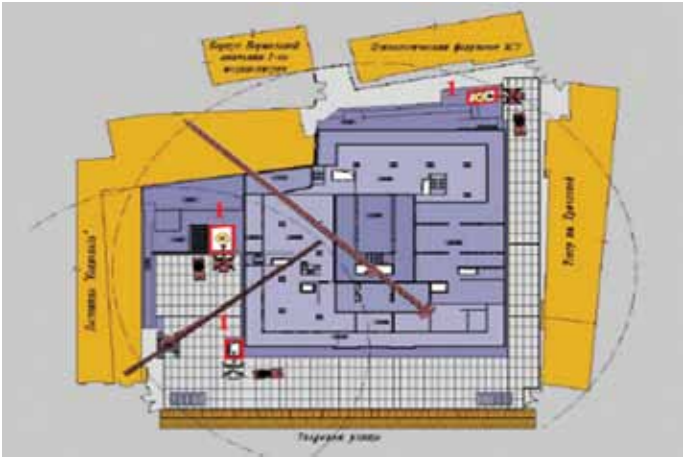


Рис. 5. План-схема строительства проекта «Ritz Carlton» закрытым способом в Москве
Fig. 5. The construction plan of «Ritz Carlton» project by a closed method in Moscow

части – способом «сверху вниз». При этом выкопанный грунт из котлована вывозится по временному грунтовому пандусу.
При закрытом способе производства работ сначала по всей стройплощадке устраивается плита первого этажа и в ней предусматриваются временные монтажные проемы, через которые можно вывозить выкопанный грунт (рисунок 6). Этот метод используется в случае небольших строительных площадок и в условиях плотной городской застройки, где очень важно не нарушать структуру почвы для сохранения устойчивости соседних зданий [2; 3].
Применение закрытого способа требует [4] выполнения следующих задач:
1. Устройство металлических колонн для временной поддержки вертикальной нагрузки железобетонных плит. Следует отметить, что в Российской Федерации вместо этих временных погруженных колонн используются буровые монолитные колонны (свай-колонны), которые могут быть как временными, так и постоянными [5].
2. Устройство временного монтажного проема для вывоза выкопанного грунта и подачи материалов. Этот проем должен быть пропорционален размерам используемых машин и механизмов (рисунок 7).
3. Устройство вентиляции и освещения для производства работ под плитами.
4. Строгое соблюдение режима безопасности и охраны труда из-за работы в замкнутом пространстве и в стесненных условиях.
5. Совместимость габаритов объекта с используемыми машинами.
6. Наличие более двух подземных этажей (в противном случае проект будет неэффективным).
7. Использование специального оборудования, особенно при возведении небольших объектов [6].

Организация стройплощадки
Использование способа «сверху вниз» требует высокого уровня организации строительства из-за параллельного выполнения работ подземной и надземной частей здания. Это обстоятельство требует необходимости использования систем контроля и мониторинга, которые гарантируют, что запланированный график производства работ не будет отклоняться от фактического состояния. В то же время следует отметить, что критический путь при этом способе будет менее насыщен работами по сравнению с традиционными методами строительства [4] и, кроме того, не всегда для последующей работы требуется завершенность предыдущей работы.
Наиболее подходящей системой для контроля и мониторинга стесненной стройплощадки является киберфизическая система в виде тесной взаимосвязи между виртуальными моделями и физическим объектом для обеспечения двусторонней координации данных [7]. Эта система позволяет постоянно отслеживать процессы, происходящие на этапе строительства, и обеспечивает упорядоченный поток данных (идентификаторы, время, местоположение и др.) для всех ресурсов на стройплощадке [8].
Разработка грунта под плитами
Земляные работы – это наиболее трудоемкая часть способа «сверху вниз», следовательно, для повышения эффективности строительства необходимо принимать наиболее эффективные схе-

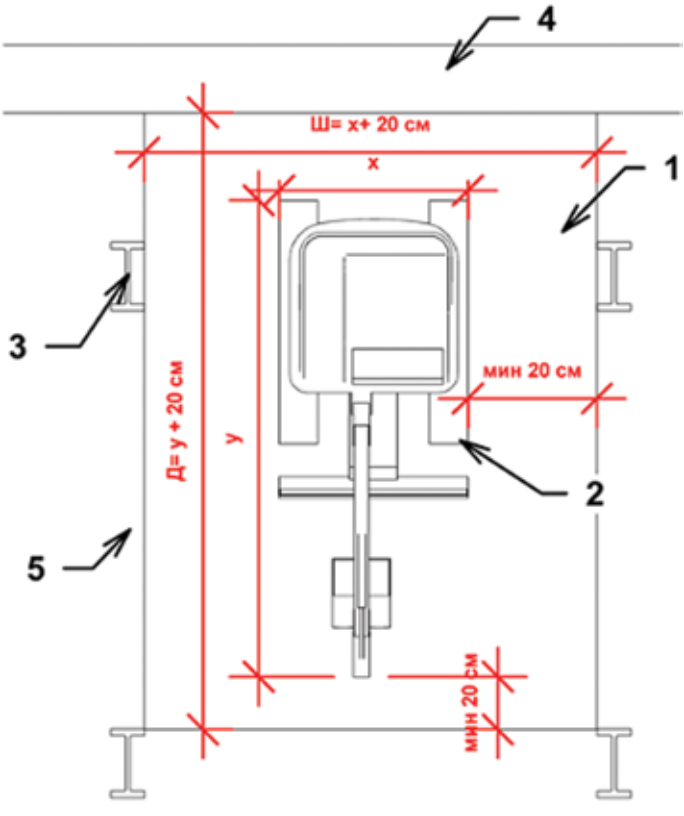


Рис. 7. Минимальные размеры монтажного проема
Fig. 7. Minimum dimensions of the installation opening
1 – проем, 2 – мини-экскаватор, 3 – погруженная колонна, 4 – стена в грунте, 5 – плита первого этажа

мы разработки котлована и транспортировки грунта.

Способы разработки грунта под плитами делятся на следующие [9]:

1. *Раздельные раскопки с верхними проемами.* Раскопки начинаются одновременно и независимо под каждым проемом, и поэтому котлован разделяется на несколько небольших частей. Выкопанный грунт транспортируется вертикально через проемы, а затем горизонтально по плите к главному проему (рисунок 8).

2. *Полные раскопки.* Если невозможно транспортировать выкопанный грунт горизонтально

по плите к главному проему, то в этом случае используется метод полной раскопки (рисунок 9).

3. *Сегментные раскопки.* В каждом сегменте грунт быстро выкапывается и вывозится, и следом возводится плита для сведения к минимуму прогиба стены в грунте (рисунок 10).

4. *Раскопки с рабочим каналом.* Рабочий канал для земляных работ выкапывается посередине котлована, а грунт по обеим сторонам канала оставляется для сопротивления прогиба стены в грунте (рисунок 11).

По сравнению с вышеупомянутыми способами, раскопки с рабочим каналом имеют преиму-

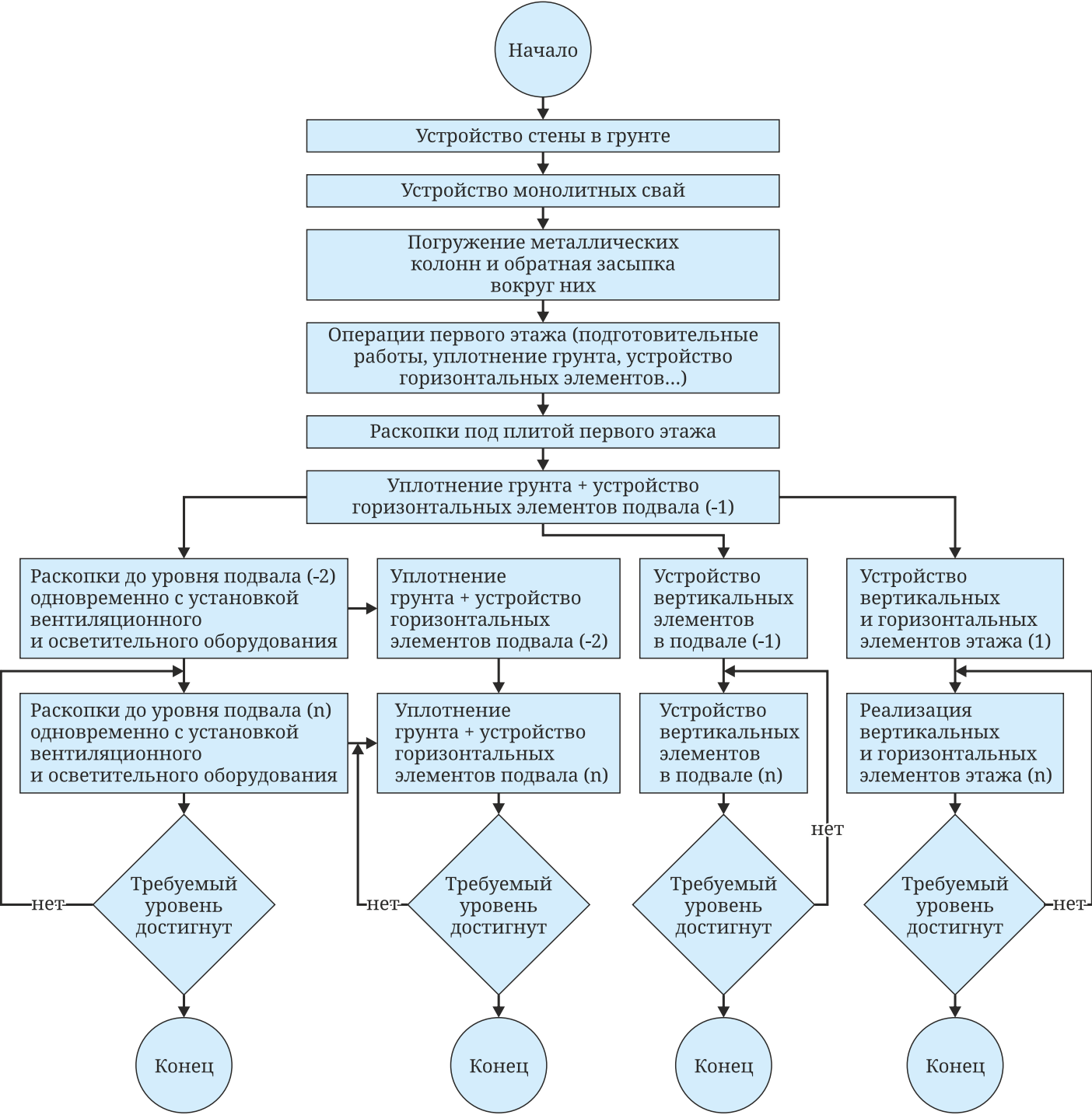


Рис. 6. Алгоритм возведения монолитного здания закрытым способом
Fig. 6. Algorithm for constructing a monolithic building in a closed method

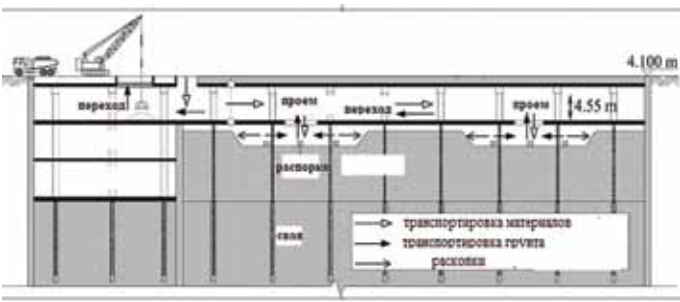


Рис. 8. Схема раскопок с верхними проемами
Fig. 8. Excavation scheme with upper openings

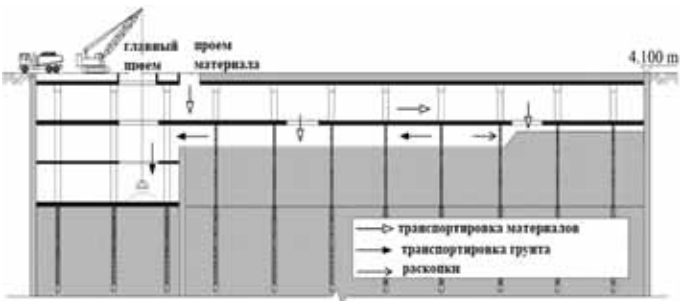


Рис. 9. Схема полных раскопок
Fig. 9. Complete excavation scheme

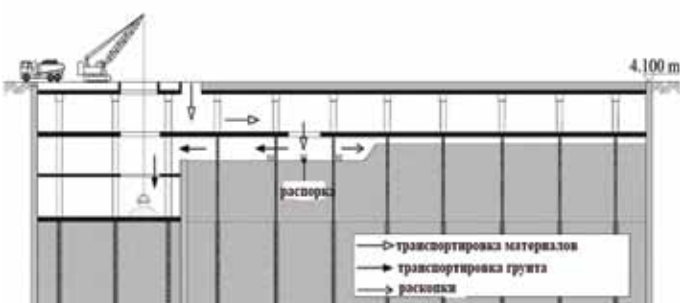


Рис. 10. Схема сегментных раскопок
Fig. 10. Segment excavation scheme

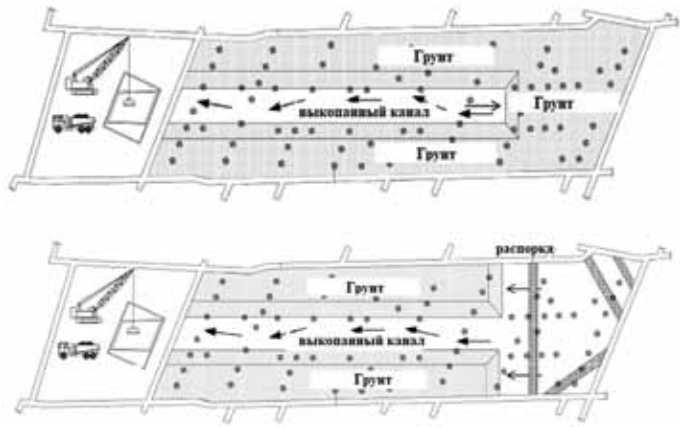


Рис. 11. Раскопки с рабочим каналом
Fig. 11. Excavation with working channel

щества за счет сокращения продолжительности строительства и меньшей деформации, вызванной земляными работами.

Сравним закрытый способ «сверху вниз» с традиционным способом «снизу вверх» по параметру продолжительности строительства. Продолжительность каждого способа была определена на основе ГЭСН [10–14] для жилого комплекса из монолитного железобетона, состоящего из шести надземных этажей общей площадью 2400 м² и четырех подземных этажей общей площадью 1920 м², высотой этажа 3,2 м (таблица 1).

Структура здания в случае применения традиционного способа «снизу вверх» такая же, как

Табл. 1. Конструкция здания в случае закрытого способа
Tab. 1. Building structure in case of closed method

Наименование части здания	Элемент
Фундаменты	Фундаментная плита толщиной 80 см со сваями диаметром 80 см и глубиной 12,15 м
Ограждение котлована	Стена в грунте толщиной 50 см и глубиной 15,6 м
Временные погруженные колонны	Металлические колонны W250 × 73
Колонны	Железобетонные 60 × 60 см
Стены	Железобетонные толщиной 40 см
Плиты	Железобетонные толщиной 20 см

в таблице 1, за исключением металлических колонн.

Условия и результаты анализа

1. Работы выполняются в две смены.
2. При определении продолжительности работ учитывалось равенство количества используемых ресурсов.
3. При способе «сверху вниз» использовались экскаваторы с ковшом 0,15 м³ и ковшом 1,25 м³ при способе «снизу вверх».
4. Разница в продолжительности установки свай между двумя способами связана с разницей в количестве свай, потому что при использовании способа «сверху вниз» сваю необходимо устанавливать под каждой временной металлической колонной, чтобы обеспечить передачу нагрузок во время строительства.
5. Целью засыпки вокруг металлических колонн является обеспечение их безопасности во время производства земляных работ.
6. Разница в продолжительности устройства железобетонных плит в подземной части объясняется отсутствием необходимости установки опалубок для горизонтальных элементов в случае способа «сверху вниз», где перекрытия и балки заливаются на грунт после его уплотнения.
7. Причиной разной продолжительности устройства железобетонных колонн в надзем-

ной и подземной частях является увеличение количества колонн в надземной части.

Выводы

- 1. Применение способа «сверху вниз» позволяет разделить проект на две части – подземную и надземную – для параллельного их возведения разными подрядчиками.
- 2. При использовании способа «сверху вниз» количество критических задач меньше, что, в свою очередь, приводит к снижению степени рисков, которые могут привести к задержке реализации проекта.
- 3. Продолжительность возведения проекта при использовании способа «сверху вниз» со-

ставляет 96 дней, а при использовании способа «снизу вверх» – 147 дней (рисунки 12, 13, 14, 15). Общий процент сокращения продолжительности строительства по способу «сверху вниз» равен 34,7 %.

4. Раннее окончание возведения подземной части в обоих способах одинаково, поэтому неэффективно использовать способ «сверху вниз» для возведения только подземной части.

5. Способ «сверху вниз» используется в проектах, требующих раннего начала и досрочного завершения надземной части.

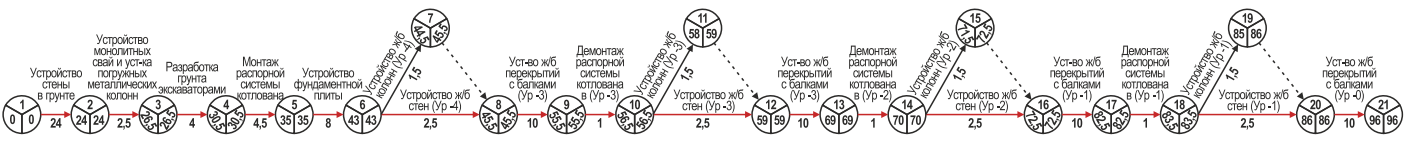


Рис. 12. Фрагмент сетевого графика подземной части, возведенной способом «снизу вверх»
Fig. 12. Fragment of the network diagram of the substructure, built by «bottom-up»

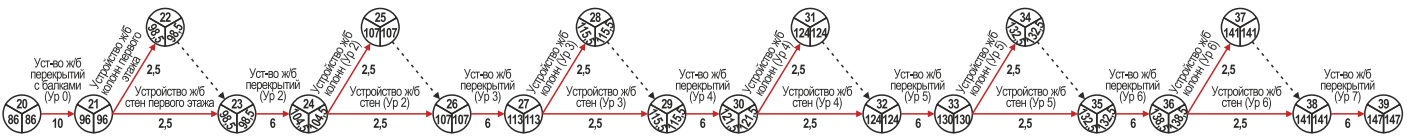


Рис. 13. Фрагмент сетевого графика надземной части, возведенной способом «снизу вверх»
Fig. 13. Fragment of the network diagram of the superstructure, built by «bottom-up»

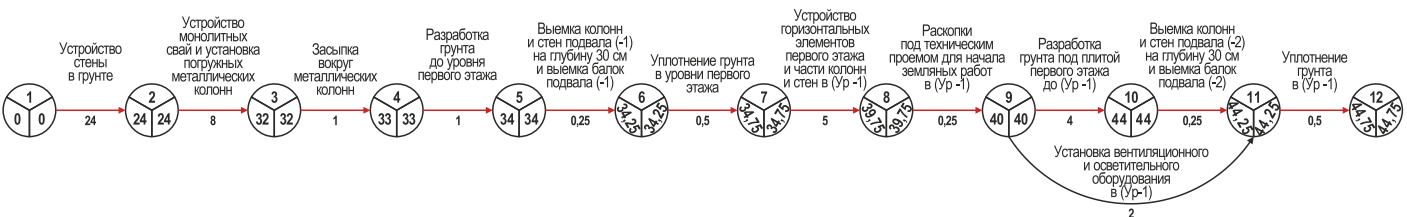


Рис. 14. Фрагмент сетевого графика возведения работ в подземной части способом «сверху вниз»
Fig. 14. Fragment of the network diagram for the construction of substructure by «top-down» method

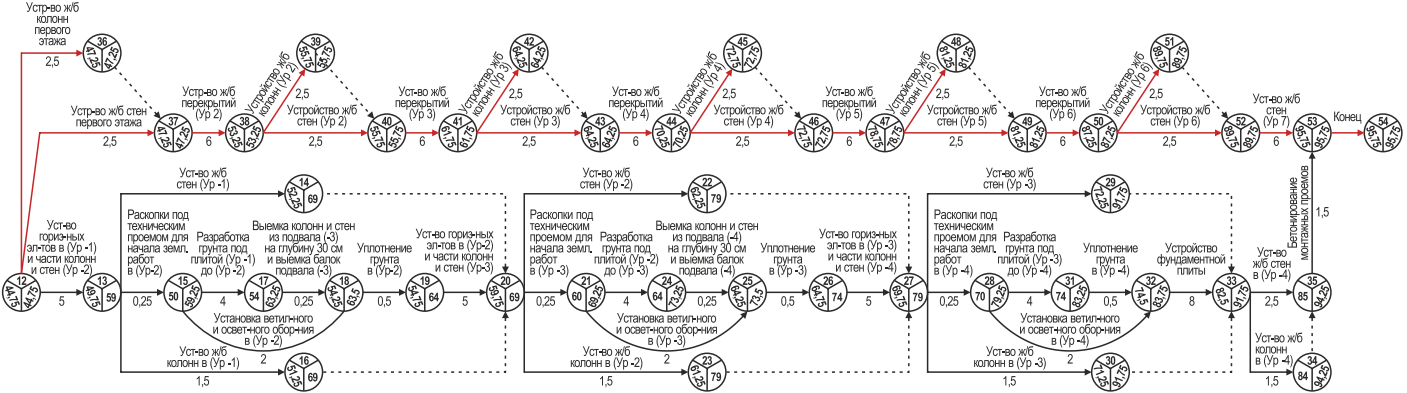


Рис. 15. Фрагмент сетевого графика для параллельного возведения надземной и подземной частей способом «сверху вниз»
Fig. 15. Fragment of the network diagram for the parallel construction of the substructure and superstructure by «top-down» method

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теличенко В. И. Управление программами и проектами возведения высотных зданий / В. И. Теличенко, Е. А. Король, П. Б. Каган, С. В. Комиссаров, С. Г. Арутюнов, А. А. Афанасьев. – Москва : Издательство АСВ, 2010. – С. 144.

2. Пат. № 173169 U1, Российская Федерация, МПК E02D5/38 (2006.01). Железобетонная свая-колонна / Шаленный В. Т., Балакчина О. Л., Рамазанов С. Ю.; заявитель и патентообладатель КФУ им. В.И. Вернадского. – № 2017107649; заявл. 07.03.2017; опубл. 15.08.2017, Бюл. № 23. – 3 с.

3. ГЭСН01 81-02-01-2017. Государственные элементные сметные нормы на строительные работы. Сборник № 1. Земляные работы. Разделы 1, 2. – Москва : Госстрой, 2017. – 253 с.

4. ГЭСН 81-02-05-2017. Государственные элементные сметные нормы на строительные работы. Сборник № 5. Свайные работы, опускные колодцы, закрепление грунтов. Разделы 1, 4. – Москва : Госстрой, 2017. – 176 с.

5. ГЭСН 81-02-06-2001. Государственные элементные сметные нормы на строительные работы. Сборник № 6. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. Раздел 1. – Москва : Госстрой, 2001. – 91 с.

6. ГЭСН 81-02-09-2017. Государственные элементные сметные нормы на строительные работы. Сборник № 9. Строительные металлические конструкции. Раздел 1. – Москва : Госстрой, 2000. – 95 с.

7. ГЭСН 81-02-46-2017. Государственные элементные сметные нормы на строительные работы. Сборник № 46. Работы при реконструкции зданий и сооружений. Раздел 2. – Москва : Госстрой, 2017. – 71 с.

8. Akanmu. A. An RTLS-Based Approach to Cyber-Physical Systems Integration in Design and Construction / A. Akanmu, C. Anumba, J. Messner // International Journal of Distributed Sensor Networks. – 2012. – P. 1-11.

9. Gaba A. Guidance on embedded retaining wall design / A. Gaba, S. Hardy, L. Doughty [et. al.]. – London : CIRIA, 2017. – 441 p.

10. Li M. Case Study of Innovative Top-Down Construction

REFERENCES

1. Telichenko V. I. Upravlenie programmami i proektami vozvedennyya vysotnykh zdaniy [Management of programs and projects for the construction of high-rise buildings] / V. I. Telichenko, E. A. Korol', P. B. Kagan, S. V. Komissarov [et al.]. – Moscow : Izdatel'stvo ASV, 2010. – С. 144.

2. Pat. № 173169 U1, Russian Federation, MPK E02D5/38 (2006.01). Zhelezobetonnyaya svaya-kolonna [Reinforced concrete pile-column] / Shalennyj V. T., Balakchina O. L., Ramazanov S. Yu.; applicant and patent holder of V. I. Vernadsky KFU.. – № 2017107649; appl. 07.03.2017; publ. 15.08.2017, Bul. № 23. – 3 p.

3. GESN 81-02-01-2017. Gosudarstvennyye ehlementnye smetnye normy na stroitel'nye raboty [State elemental estimate standards for construction work]. Zemlyanye raboty [Collection № 1. Earthworks. Sections 1, 2]. – Moscow : Gosstroy, 2017. – 253 p.

4. GESN 81-02-05-2017. Gosudarstvennyye ehlementnye smetnye normy na stroitel'nye raboty [State elemental estimate standards for construction work]. Svajnye raboty, opusknye kolodtsy, zakreplenie gruntov [Collection № 5. Pile work, sinkholes, soil consolidation. Sections 1, 4]. – Moscow : Gosstroy, 2017. – 176 p.

5. GESN 81-02-06-2001. Gosudarstvennyye ehlementnye smetnye normy na stroitel'nye raboty [State elemental estimate standards for construction work]. Betonnyye i zhelezobetonnyye konstruksii monolitnyye [Collection № 6. Monolithic concrete and reinforced concrete structures. Section 1]. – Moscow : Gosstroy, 2000. – 91 p.

6. GESN 81-02-09-2017. Gosudarstvennyye ehlementnye smetnye normy na stroitel'nye raboty [State elemental estimate standards for construction work]. Stroitel'nye metallicheskie konstruksii [Collection № 9. Building metal structures. Section 1]. – Moscow : Gosstroy, 2000. – 95 p.

7. GESN 81-02-46-2017. Gosudarstvennyye ehlementnye smetnye normy na stroitel'nye raboty [State elemental estimate standards for construction work]. Raboty pri rekonstruktsii zdaniy i sooruzhenij [Collection № 46. Work in the reconstruction of buildings and structures. Section 2]. – Moscow : Gosstroy, 2000. – 71 p.

- Method with Channel-Type Excavation / M. Li, J.-J. Chen, A.-J. Xu, X.-H. Xia // Journal of Construction Engineering and Management. – 2014. – № 140. – P. 1–10.
11. Srewil Y. Effective Construction Process Monitoring and Control through a Collaborative Cyber-Physical Approach / Y. Srewil, R. Scherer // Working Conference on Virtual Enterprises. – Dresden, Germany. – 2013. – P. 172–179.
 12. Tanubrata M. Implementation of the Excavation with Bottom-Up Method Compared with A Top-Down System / M. Tanubrata, H. Pranoto. – Indonesia : ITP PRESS. – 2016. – P. 617–623.
 13. Wang J. Wall and ground movements due to deep excavations in Shanghai soft soils / J. H. Wang, Z. H. Xu, W. D. Wang // Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. – 2010. – № 136. – P. 985–994.
 14. Wang W. D. Design and construction of deep excavations in Shanghai / W. D. Wang, Z. H. Xu // Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground. – London : Taylor and Francis Group, 2012. – P. 667–683.
 8. Akanmu. A. An RTLS-Based Approach to Cyber-Physical Systems Integration in Design and Construction / A. Akanmu, C. Anumba, J. Messner // International Journal of Distributed Sensor Networks. – 2012. – P. 1–11.
 9. Gaba A. Guidance on embedded retaining wall design / A. Gaba, S. Hardy, L. Doughty [et. al.]. – London : CIRIA, 2017. – 441 p.
 10. Li M. Case Study of Innovative Top-Down Construction Method with Channel-Type Excavation / M. Li, J.-J. Chen, A.-J. Xu, X.-H. Xia // Journal of Construction Engineering and Management. – 2014. – № 140. – P. 1–10.
 11. Srewil Y. Effective Construction Process Monitoring and Control through a Collaborative Cyber-Physical Approach / Y. Srewil, R. Scherer // Working Conference on Virtual Enterprises. – Dresden, Germany. – 2013. – P. 172–179.
 12. Tanubrata M. Implementation of the Excavation with Bottom-Up Method Compared with A Top-Down System / M. Tanubrata, H. Pranoto. – Indonesia : ITP PRESS. – 2016. – P. 617–623.
 13. Wang J. Wall and ground movements due to deep excavations in Shanghai soft soils / J. H. Wang, Z. H. Xu, W. D. Wang // Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. – 2010. – № 136. – P. 985–994.
 14. Wang W. D. Design and construction of deep excavations in Shanghai / W. D. Wang, Z. H. Xu // Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground. – London : Taylor and Francis Group, 2012. – P. 667–683.

НОВОСТЬ

Правительство Российской Федерации утвердило правила ведения ГИСОГД РФ

Федеральное правительство утвердило постановление «О государственной информационной системе обеспечения градостроительной деятельности Российской Федерации» (ГИСОГД РФ). Соответствующий документ подписал председатель правительства Михаил Мишустин.

Проект постановления подготовлен Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства России.

«Говоря о внедрении технологий информационного моделирования в строительстве, мы в первую очередь подразумеваем выстраивание бесшовного градостроительного процесса в масштабах всей страны. Это глобальная задача, и ее решение невозможно без правовых основ, которые, в том числе, призвано обеспечить постановление», – отметил заместитель министра строительства и ЖКХ России Дмитрий Волков.

Он уточнил, что благодаря ГИСОГД РФ станет возможным накопление, хранение, анализ и обмен данными об объектах строительства на всех этапах их жизненного цикла. Для решения этой задачи предстоит интегрировать уже работающие в ряде регионов государственные информационные системы обеспечения градостроительной деятельности, федеральные государственные информационные системы, предусмотренные Градостроительным кодексом и правилами ведения информационной системы, а также информационные системы заинтересованных юридических лиц.

Утверждены правила ведения ГИСОГД РФ и правила предоставления доступа к сведениям,

документам, материалам, содержащимся в информационной системе.

Правила ведения ГИСОГД РФ устанавливают порядок ведения информационной системы, перечень видов сведений, документов и материалов об объектах капитального строительства, включаемых в информационную систему, и требования к порядку включения таких сведений, документов, материалов в форме электронных документов в ГИСОГД РФ.

Правила предоставления доступа к сведениям, документам, материалам, содержащимся в ГИСОГД РФ, устанавливают порядок такого доступа, а также требования к сведениям, документам, материалам, доступ к которым должен обеспечиваться посредством информационной системы, и способы их отображения.

Постановление разработано во исполнение поручения Президента Российской Федерации № Пр-1235 о переходе в целях модернизации строительной отрасли и повышения качества строительства к системе управления жизненным циклом объектов капитального строительства путем внедрения технологий информационного моделирования, а также в рамках решения задачи по обеспечению правовых основ управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием технологий информационного моделирования национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

Источник: сайт Минстроя России <https://minstroyrf.gov.ru>



УДК 69.05

Динамические методы прогнозирования временных и стоимостных параметров строительных проектов

Dynamic Methods for Forecasting Time and Cost Parameters of Construction Projects

Зеленцов Леонид Борисович

Профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Организация строительства», Донской Государственный Технический Университет (ДГТУ), 344000, Россия, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1, l.zelencov@yandex.ru

Zelentsov Leonid Borisovich

Professor, Ph.D. in Engineering, Head of the Department of Organization of Construction, Don State Technical University, 344000, Russia, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1, l.zelencov@yandex.ru

Шогенов Мурат Султанович

Соискатель, Донской Государственный Технический Университет (ДГТУ), 344000, Россия, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1

Shogenov Murat Sultanovich

Seeker, Don State Technical University, 344000, Russia, Rostov-on-Don, Gagarin ploskhd', 1

Пирко Дмитрий Владимирович

Студент, Донской Государственный Технический Университет (ДГТУ), 344000, Россия, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1, dmitwl2000@gmail.com

Pirko Dmitry Vladimirovich

Student, Don State Technical University, 344000, Russia, Rostov-on-Don, Gagarin ploskhd', 1, dmitwl2000@gmail.com

Ассайра Маруф Мохаммед

Аспирант Донской Государственный Технический Университет (ДГТУ), 344000, Россия, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1

Assajra Maruf Mokhammed

Graduate student, Don State Technical University, 344000, Russia, Rostov-on-Don, Gagarin ploskhd', 1

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы прогнозирования двух ключевых параметров инвестиционно-строительного проекта: времени и стоимости. При этом строительная организация рассматривается как сложная динамическая система.

Учитывая длительный характер создания строительной продукции и, как следствие, большой уровень незавершенного производства, обосновывается необходимость использования моделей прогнозирования – как на краткосрочных интервалах планирования (неделя, месяц), так и на более длительных интервалах (квартал, год). В статье рассматриваются формализуемые методы прогнозирования, дается характеристика методов, наиболее широко применяемых на практике. К таким методам следует отнести прогнозирование на базе ARIMA-моделей.

В ДГТУ разработан пилотный пакет программного обеспечения интеллектуальной системы управления строительством, в состав которого включен программный комплекс прогнозирования временных и стоимостных параметров объекта строительства на этапах оперативного и текущего управления.

Ключевые слова: прогнозирование; ARIMA; метод освоенного объема; инвестиционно-строительный проект; оперативное управление; принятие решений.

Abstract

The article discusses the issues of forecasting two key parameters of an investment and construction project: time and cost, while the construction organization is considered as a complex dynamic system.

Taking into account the long-term nature of the creation of construction products and, as a consequence, the high level of work in progress, the need to use forecasting models is justified, both at short-term planning intervals (week, month) and at longer intervals (quarter, year). The article examines the formalized forecasting methods, gives a characteristic of the methods most widely used in practice. These methods include forecasting based on ARIMA models.

DSTU has developed a pilot software package for an intelligent construction management system, which includes a software package for forecasting the time and cost parameters of a construction object at the stages of operational and current management.

Keywords: «top-down» prognosing; ARIMA; earned value method; investment and construction project; operational project management; making decisions.

Строительная организация является сложной динамической системой, важнейшим свойством которой является устойчивость, обеспечивающая сохранение своей исходной структуры и функций в течение определенного времени при сравнительно небольших и разнообразных внешних и внутренних воздействиях.

Прогнозирование временных и стоимостных параметров инвестиционно-строительного проекта (ИСП) включает в себя формирование системы технико-экономических показателей, в полной мере отражающих параметры протекающих производственных процессов. Прогнозирование в организационно-технологических системах, к которым относятся проектные и строительные организации, является необходимым элементом их эффективного управления. Важность прогнозирования параметров ИСП в современном мире возрастает ввиду того, что процессы возведения объектов строительства все более усложняются, а конкуренция на подрядном рынке непрерывно возрастает.

Конкурентоспособность современной строительной организации напрямую зависит от профессиональных возможностей ИТР применять при выработке и принятии организационно-технологических решений современные цифровые технологии, интегрированные с моделями прогнозирования.

При выборе моделей прогнозирования необходимо учитывать особенности строительного производства, включающие множество внешних и внутренних факторов. К внешним факторам относятся такие: география возводимых объектов; возможность использования местных природных материальных ресурсов; климатические особенности региона; наличие трудовых ресурсов; экономическое состояние страны и отдельного региона; состояние сложившейся конкурентной среды; существующая нормативная и законодательная база в сфере строительства.

К внутренним факторам можно отнести возможности конкретной строительной организации: оснащенность производительными строительными машинами и механизмами; используемые технологии производства работ; применяемые цифровые технологии и их информационное обеспечение; финансовая устойчивость; квалификация рабочих и ИТР.

Все это обуславливает наличие рисков при реализации ИСП и оказывает серьезное влияние на выбор моделей прогнозирования и систему планирования.

Применение методов прогнозирования в строительстве сдерживается из-за отсутствия в применяемых информационных технологиях инструментов по фиксации в цифровом виде и последующей обработке первичной информации, возникающей в процессе производства работ на строительной площадке. Поэтому отсутствие в строительстве на стадии оперативного управления необходимой и достоверной информации приводит к тому, что фактические показатели ИСП и деятельности строительной организации могут существенно отличаться от прогнозных значений.

Длительный характер создания строительной продукции и, как следствие, большой уровень незавершенного производства диктуют необходимость разработки и применения моделей прогнозирования – как на краткосрочных интервалах планирования (неделя, месяц), так и на более длительных интервалах (квартал, год). При этом модели должны быть ориентированы на прогнозирование параметров как отдельных объектов, так и строительной организации в целом.

Учитывая уникальность объектов и многокритериальность системы управления строительством, существует необходимость в разработке методик прогнозирования временных и стоимостных параметров проекта как на стадии проектирования, в процессе разработки проектно-сметной документации, так и строительства.

При наличии достаточно большого количества методов прогнозирования в строительстве используется не более 5–7. На практике в большинстве случаев следует использовать хорошо формализуемые и интуитивные методы.

В настоящее время более распространены коллективные экспертные оценки. К таким методам относятся метод Дельфи, метод «мозговой атаки», метод экспертных комиссий [1].

Высокая степень зависимости качества прогноза от квалификации экспертов и используемых баз знаний, которых в строительстве в цифровом виде еще не создано, приводит к необхо-

димости использовать формализуемые методы и разработанные на их основе алгоритмы.

При оценке параметров зависимостей наиболее распространенными являются метод наименьших квадратов (МНК), метод экспоненциального сглаживания временных рядов, метод скользящей средней и другие. Прогнозная экстраполяция увязывает данные о динамике объекта прогнозирования с анализом логики его развития.

Для оценки коэффициентов чаще используется МНК, сущность которого состоит в отыскании коэффициентов модели тренда, минимизирующих ее отклонение от исходного временного ряда. При использовании МНК-модели при наличии мультиколлинеарности для оценки параметров используют метод Алмон [3].

Использование метода прогнозной экстраполяции для краткосрочного прогнозирования параметров ИСП ограничено в связи с имеющимися у него недостатками, связанными с невозможностью учета всего множества внутренних и внешних возмущений (погодных условий, нарушений в логистической системе, выхода из строя строительных машин и механизмов и т. п.), влияющих на временные и стоимостные параметры объекта строительства.

Одним из наиболее распространенных методов получения прогнозов параметров процессов строительства является модель множественной регрессии, позволяющая учитывать влияние широкого набора входных параметров, например, объемов и сроков поставки ресурсов на выходные – прогнозные данные строящегося объекта.

Модели ARIMA опираются на информацию, содержащуюся в предыстории прогнозируемых рядов. В случаях, когда в качестве входных данных используются не сами значения зависимых переменных, а их разности d -го порядка, то модель носит название авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего ARIMA (p, d, q).

После доработки и усовершенствования модели ARIMA (p, d, q) была разработана модель ARIMAX (p, d, q), ключевым моментом которой является соответствие значений внешних факторов времени, которое будет прогнозировать данная модель. В строительстве такими внешними факторами могут стать изначально запланированные темпы работ, количество используемых рабочих и строительных машин, погодные условия, состояние логистики и т. д. Поэтому при использовании данной модели в строительстве нужно отобрать несколько внешних факторов (3–5), в противном случае это негативно скажется на точности прогнозного временного ряда.

В случаях, когда нужно учитывать как значения объясняющих переменных, так и прошлые значения этого ряда, применяют модель авторегрессии и распределенного лага (ADL-модель).

Неоднородность темпа работ в строительстве как временного ряда и сложность практической

реализации прогнозной модели являются одним из недостатков данного метода.

Кадаптивными методами относятся методы Брауна, Хольта и Хольта-Уинтерса [4]. В основе этих методов лежит модель рекурсивного гармонического процесса, предложенная Дж. Юлом [5].

Адаптивные методы позволяют учесть различную информационную ценность данных временного ряда, степень их «устаревания», что очень важно для строительства, где постоянно происходят изменения в условиях работы на строительной площадке. Это свойство адаптивных методов является существенным их достоинством для прогнозирования временных и стоимостных параметров объекта строительства.

Первоначальное построение прогнозной модели на стадии оперативного управления производится по данным, полученным за первую неделю строительства, на основании этой информации составляется прогноз, который сравнивается с фактическими и / или запланированными данными. По результатам прогноза происходит корректировка модели, затем составляется прогноз на следующий интервал планирования и т. д.

Таким образом, адаптация осуществляется итеративно с получением каждой новой фактической точки ряда, и поэтому модель отражает тенденцию развития, существующую на объекте строительства.

В ДГТУ разработан базовый пакет программного обеспечения в рамках создаваемой интеллектуальной системы управления строительством (ИСУ «Строительство»). На цифровой платформе ИСУ «Строительство» ведется разработка программного комплекса прогнозирования временных и стоимостных параметров объекта строительства [6].

На этапе оперативного управления (месяц, неделя, сутки) используется детальная информация о параметрах производственных процессов, возникающая при создании отдельных конструктивных элементов объекта: колонн, плит перекрытия, диафрагм жесткости и т. п. Фиксация фактических характеристик процессов строительства осуществляется ежедневно. Для прогнозирования временных параметров по отдельным работам и конструктивным элементам сначала используется эвристический алгоритм, основанный на расчете и сравнении планируемого и фактического темпов выполнения работ, а затем модель ARIMA (p, d, q). Для прогнозирования возможных временных и стоимостных отклонений по объекту в целом используются сетевые модели и адаптированный к управлению ИСП метод освоенных объемов работ.

На стадии среднесрочного планирования (месяц, квартал, год) рассматривается технологический комплекс работ (поток) по возведению отдельных частей здания: каркаса здания, ограждающих конструкций, внутренних стен и перегородок и т. д. На этом этапе использует-

ся агрегированная оперативная информация, характеризующая состояние возведения конструктивных элементов здания по неделям месяца. При таком подходе каждый последующий

уровень использует агрегированную информацию предыдущего уровня, что позволяет повысить качество и точность прогнозов используемых при принятии управленческих решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлова В. М. Применение метода «Дельфи» как инструмента прогнозирования развития рынка / В. М. Михайлова, О. А. Кузнецова, А. В. Петрова // Экономические науки. – 2019. – № 3 (81). – С. 106–110.
2. Поздняков А. С. Применение метода Хольта-Винтерса при анализе и прогнозировании динамики временных рядов / А. С. Поздняков // Проблемы организации и управления на транспорте : сборник трудов конференции. – Екатеринбург, 2016. – С. 57–64.
3. Метод Алмон – Эконометрика (Яковлева А. В., 2010) : официальный сайт. – Институт экономики и права Ивана Кушнера, 2010–2020. – URL: <https://be5.biz/ekonomika/e008/97.html> (дата обращения: 15.10.2020).
4. Интуитивные методы прогнозирования : официальный сайт. – Центр управления финансами, 2009–2020. – URL: <https://center-yf.ru/data/Marketologu/Intuitivnye-metody-prognostirovaniya.php> (дата обращения: 15.10.2020).
5. Интуитивные методы прогнозирования. Часть 2 // Агро-Сборник.Ру [сайт]. – 2020. – URL: <https://agrosbornik.ru/inve-materialy/124-prognostirovanie-i-planirovanie/1412-osnovnye-intuitivnye-metody-prognostirovaniya-chast-2.html> (дата обращения: 15.10.2020).
6. Зеленцов Л. Б. Прогнозирование временных и стоимостных параметров при управлении инвестиционно-строительными проектами / Л. Б. Зеленцов, Д. В. Пирко, Л. Д. Маилан, М. С. Шогенов // Строительное производство. – 2020. – № 1.
7. Методы прогнозирования национальной экономики : реферат // Библиофонд [сайт]. – 2012. – URL: <https://www.bibliofond.ru/detail.aspx?id=520576> (дата обращения: 17.10.2020).
8. Формализованные методы прогнозирования // Экономическая библиотека [сайт]. – 2020. – URL: <https://eclib.net/14/14.html> (дата обращения: 18.10.2020).

REFERENCES

1. Mikhajlova V. M. Primenenie metoda «Del'fi» kak instrumenta prognozirovaniya razvitiya rynka [Application of the «Delphi» method as a tool for forecasting market development] / V. M. Mikhajlova, O. A. Kuznetsova, A. V. Petrova // Ekonomicheskie nauki [Economics]. – 2019. – № 3 (81). – С. 106–110.
2. Pozdnyakov A. S. Primenenie metoda Khol'ta-Vintersa pri analize i prognozirovanii dinamiki vremennykh ryadov [Using the Holt-winters method in analyzing and predicting the dynamics of time series] / A. S. Pozdnyakov // Problemy organizatsii i upravleniya na transporte : sbornik trudov konferentsii [Problems of organization and management in transport: proceedings of the conference]. – Yekaterinburg, 2016. – С. 57–64.
3. Metod Almon – Ehkonometrika (Yakovleva A. V., 2010) [Almon-Econometrica Method (Yakovleva A.V., 2010) : website]. – Institut ehkonomiki i prava Ivana Kushnira [Ivan Kushnir Institute of Economics and law], 2010–2020. – URL: <https://be5.biz/ekonomika/e008/97.html> (accessed: 15.10.2020).
4. Intuitivnye metody prognozirovaniya [Intuitive forecasting methods : website]. – Tsentr upravleniya finansami [Financial management center], 2009–2020. – URL: <https://center-yf.ru/data/Marketologu/Intuitivnye-metody-prognostirovaniya.php> (accessed: 15.10.2020).
5. Intuitivnye metody prognozirovaniya. Chast' 2 [Intuitive forecasting methods. Part 2] // AgroSbornik.Ru [website]. – 2020. – URL: <https://agrosbornik.ru/inve-materialy/124-prognostirovanie-i-planirovanie/1412-osnovnye-intuitivnye-metody-prognostirovaniya-chast-2.html> (accessed: 15.10.2020).
6. Zelentsov L. B. Prognozirovanie vremennykh i stoimostnykh parametrov pri upravlenii investitsionno-stroitel'nyimi proektami [Forecasting of time and cost parameters in the management of investment and construction projects] / L. B. Zelentsov, D. V. Pirko, L. D. Mailyan, M. S. Shogenov // Stroitel'noe proizvodstvo [Construction production]. – 2020. – № 1.
7. Metody prognozirovaniya natsional'noj ehkonomiki [Methods of forecasting the national economy] // Bibliofond [website]. – 2012. – URL: <https://www.bibliofond.ru/detail.aspx?id=520576> (accessed: 17.10.2020).
8. Formalizovannye metody prognozirovaniya [Formalized forecasting methods] // Ekonomicheskaya biblioteka [Economic library : website]. – 2020. – URL: <https://eclib.net/14/14.html> (accessed: 18.10.2020).

НОВОСТЬ

Минстрой создает правовое поле для внедрения технологий информационного моделирования

Основополагающий шаг по внедрению технологий информационного моделирования был сделан 1 июля 2019 года – принят 151-й Федеральный закон. Впервые в градостроительном кодексе закреплено понятие информационного моделирования, что открыло перед строительной отраслью новые возможности.

В сентябре 2020 года Правительство Российской Федерации утвердило ряд документов для трансформации отрасли – правила формирова-

ния и ведения информационной модели, правила формирования и ведения классификатора строительной информации, правила ведения ГИСОГД РФ.

Один из следующих законодательных шагов – определить список объектов, при строительстве которых за бюджетные деньги использование информационной модели станет обязательным.

Источник: сайт Минстроя России <https://minstroyrf.gov.ru>



УДК 69.05

Организационно-экономические подходы к определению объемов работ по восстановлению разрушенных зданий и сооружений в Сирийской Арабской Республике

Organizational and Economic Approaches to Determining the Scope of Work to Restore Destroyed Buildings and Structures in the Syrian Arab Republic

Ларионов Аркадий Николаевич

Доктор экономических наук, профессор кафедры «Технологии и организация строительного производства», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26

Larionov Arkadiy Nikolaevich

Grand Ph.D. in Economics, Department of Technologies and Organizations of Construction Production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, proflarionov@mail.ru

Ибрагим Разан

Аспирант кафедры «Технологии и организация строительства», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26, eng.razan84@gmail.com

Razan Ibrahim

Graduate student, Department of Technologies and Organizations of Construction Production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State University of Civil Engineering» (NRU MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavl'skoe shosse, 26, eng.razan84@gmail.com

Аннотация

В статье выявлены и раскрыты основные проблемы строительства и восстановления зданий и сооружений в Сирии. Предложены методы прогнозирования стоимости и продолжительности строительства путем решения организационно-экономических задач. Эффективность рассматривается как один из важнейших методов, влияющих на стоимость, время, экономику, экологию, устойчивость и на социальное развитие. Разработаны инструменты комплексного планирования и план действий правительственных структур и строительных организаций. Основные этапы и методы плана действий включают определение цели, определение управления процессом, работу с местными техническими экспертами, обеспечение финансирования, мобилизацию заинтересованных сторон и отслеживание процесса. Инструменты и методы прогнозирования стоимости и времени на восстановление объекта могут помочь муниципальным директивным органам провести проект через цикл утверждения и эффективно реализовать пакеты программ, в то время как техническим специалистам помочь разработать проект строительства или реконструкции здания, рассчитать энергопотребление объекта и оценить потенциальную экономию.

Ключевые слова: метод прогнозирования стоимости строительства, восстановление разрушенных зданий, эффективность, организационно-экономические методы, комплексное планирование, устойчивость.

Abstract

The article identifies and discloses the main problems of the construction and restoration of buildings and structures in Syria. Methods are proposed for predicting the cost and duration of construction by solving organizational and economic problems. Efficiency is considered as one of the most important methods that affect cost, time, economy, ecology, sustainability and social development. The tools of complex planning and an action plan of government structures with construction organizations have been developed. The main steps and methods of an action plan include the setting a goal, defining process management, working with local technical experts, securing funding, mobilizing stakeholders, and tracking progress. Tools and methods for predicting cost and recovery time can support municipal policy makers go through a policy cycle and effectively implement software packages, while tools help design a building or remodeling project, calculate the energy consumption of a building, and estimate potential savings.

Keywords: construction cost prediction method, restoration of destroyed buildings, efficiency, organizational and economic methods, integrated planning, sustainability.

Актуальность работы обусловлена последствиями военной агрессии в Сирии – разрушением привычного уклада жизни населения, затруднениями функционирования государства, огромным экономическими потерями и уничтожением жилого, общественного, отраслевого и культурного фондов.

Широкомасштабное разрушение в Сирийской Арабской Республике было катастрофическим для экономики, поэтому затраты на восстановление этого ущерба весьма велики. Организация Объединенных Наций оценивает стоимость реконструкции в 250 миллиардов долларов (примерно в четыре раза больше, чем в довоенном ВВП Сирии). Именно поэтому реконструкция остается важным сегментом национальной экономики Сирии.

В результате военных действий на территории Сирии около 11 миллионов человек были перемещены, они потеряли свой дом, в стране были уничтожены системы водоснабжения, канализации и электроснабжения, а также школы и больницы. Разрушениям подверглись и крупные города, в которых сосредоточена основная масса населения: уничтожены жилой фонд и культурные объекты. В сельской местности ирригационные каналы больше не работают, зерновых бункеров больше нет. Ухудшилась экологическая обстановка: часть лесов уничтожена, нефтеперерабатывающие заводы ликвидированы и есть последствия этого.

Республика нуждается в восстановлении жилого фонда и общественных зданий, в укреплении экономического потенциала. Для этого должны быть использованы методы прогнозирования стоимости и продолжительности восстановления разрушенных в результате боевых действий зданий и сооружений. Большим мегаполисам, таким как Дамаск, Алеппо, Хомс и Хама, особенно это необходимо [1].

Архитектурные проекты, методы строительства и технологии, доступные сегодня, позволяют минимизировать использование энергии и ресурсов в зданиях и при этом создать более комфортную среду – более удобные дома и рабочие места с более низкими счетами за коммунальные услуги. А повышение эффективности строительства обозначит успех для руководителей городов и местных специалистов по пла-

нированию: каждый доллар, вложенный в эффективность, экономит два доллара на новых электростанциях и расходах на распределение электроэнергии.

Чем более эффективно мы будем использовать энергию – тем больше сможем расширить существующие источники питания, тем больше технологии использования возобновляемых источников энергии смогут удовлетворять нашу потребность в энергии. Мы должны разместить государственные и частные инвестиции таким образом, чтобы обеспечить более эффективные строительные решения, чтобы обычные инвестиции стали инновационными сделками, которые создадут устойчивые здания будущего. Национальное правительство Сирии может подготовить почву и оказать поддержку для таких преобразований.

Национальные юрисдикции обладают как полномочиями, так и соответствующими политическими рычагами, чтобы строить более качественные и эффективные здания, помогать направлять бюджеты и инвестиции в эффективные стройки и способствовать созданию более пригодных для жизни городов [2].

К нерешенным в науке и хозяйственной практике задачам сирийского жилищного строительства следует отнести слабую изученность потенциала эффективности зданий и строительства в целом, комплексного планирования и управления этими процессами.

Один из авторов настоящей публикации – Ибрагим Разан – принял личное участие в работе по техническому обследованию разрушенных зданий третьего по величине города Сирии – Хомса, многие улицы которого представляют собой вереницы разрушенных бетонных коробок.

В настоящее время правительством страны принимаются усилия по восстановлению Хомса. Однако эта работа носит не системный, а фрагментарный и не достаточно организованный характер.

Кроме того, не только в Сирии, но и в мировой практике сегодня отсутствует не только научно обоснованные методики градостроительного регулирования и проектирования восстановления городов, но и современные эффективные методы организации строительных работ по восстановлению разрушенных зданий и сооружений.

Поэтому целью данной работы является формулировка и обоснование организационно-экономических решений, способных повысить эффективность восстановительных работ в целом, и жилищного строительства в частности.

Эффективные здания – те, что высокопродуктивно используют природные ресурсы – жизненно важны для достижения устойчивого развития: они объединяют экономические, социальные и экологические возможности, создавая так называемые «тройные итоговые» выгоды [3].

Экономическое развитие. Повышение производительности с помощью таких мер, как эффективность строительства, может сгладить всё возрастающий спрос на энергию, пока ее недостаточно вырабатывается. Повышение эффективности высвобождает капитал для других стратегических инвестиций, помогая городским властям, которые сталкиваются с множеством конкурирующих потребностей в условиях скудных финансовых и людских ресурсов.

Социальное развитие. Здания составляют ткань наших городских пейзажей. Сегодня существует огромная возможность формировать города и здания завтрашнего дня, избегая «закрепления» неэффективности путем применения ресурсосберегающего планирования и проектирования зданий и городской среды. Эффективные здания могут помочь улучшить качество жизни миллионов людей, потому что они являются зданиями более высокого уровня, с большим комфортом и улучшенным качеством воздуха внутри и снаружи помещений. Энергоэффективность может еще больше расширить существующие ресурсы электроэнергии, помогая обеспечить лучший доступ к энергии, надежность и безопасность для городских жителей.

Экологическая устойчивость. Меры по повышению энергоэффективности в строительном секторе могут обеспечить сокращение выбросов CO². Большинство из таких технологий сегодня коммерчески доступны, и многие из них обеспечивают положительную финансовую отдачу в течение относительно коротких периодов окупаемости.

Эффективные, производительные и высокопроизводительные здания будут основным фактором в создании экономически и социально благоприятных городов, что, в свою очередь, будет способствовать достижению целей устойчивого развития на региональном и национальном уровнях. Основная научная и практическая проблема заключается в том, что непродуманные и неэффективные организационно-экономические и организационно-финансовые решения важнейшего институционального игрока на строительном рынке – Национального Департамента строительства Сирии – могут привести к затяжному и глубочайшему кризису строительной отрасли в САР [4].

Процессы выработки политики, включающие в себя усилия по комплексному планиро-

ванию с участием многих заинтересованных сторон, могут стать эффективным инструментом. Интегрированное планирование поможет скоординировать действия на разных уровнях, сформировать политику и процесс принятия решений в строительном секторе экономики. Интеграция эффективного строительства в более широкие градостроительные мероприятия также может помочь институционализировать стратегии повышения эффективности в разных департаментах правительства.

Существуют многочисленные барьеры для повышения эффективности строительства, что может препятствовать инвестициям в эту отрасль. В частности, местные органы власти часто сталкиваются с «разрывом в эффективности», который можно определить как разницу между технически возможной экономией и легко достижимой экономией. Барьеры на пути повышения эффективности хорошо известны, хотя их влияние варьируется в зависимости от города.

Барьеры состоят из рыночных, финансовых, технических, институциональных и связанных с осведомленностью вопросов, которые могут мешать созданию эффективных решений и инвестированию в эту область. Политики могут помочь преодолеть эти барьеры, когда они согласовывают интересы всех участников проекта на каждой стадии жизненного цикла здания, чтобы сделать эффективность здания убедительным выбором. Методы прогнозирования стоимости могут быть разработаны для определения ключевых барьеров повышения энергоэффективности на любом конкретном рынке, для преодоления разрыва в эффективности и создания возможности для увеличения эффективности решений и инвестиций [5; 8].

Какие организационно-экономические решения мы предлагаем? Основные этапы и методы плана действий включают определение цели, определение управления процессом, работу с местными техническими экспертами, обеспечение финансирования, мобилизацию заинтересованных сторон и отслеживание процесса.

На первом этапе необходимо оценить и понять текущую институциональную и правовую среду и структуру города, наличие данных о строительном фонде и использовании энергии, а также ключевые заинтересованные стороны.

Следующий шаг – сосредоточиться на выборе целей и задач. Цели должны быть смелыми и амбициозными. Города могут установить широкие цели с точки зрения экономики энергии, сокращения выбросов CO² или других конкретных выгод. Цель также должна включать четкие временные рамки. Однако разработка стратегии, направленной на преобразование созданной среды в более энергоэффективную, – непростой процесс, и для ее достижения требуется расстановка приоритетов.

План действий является важной частью, потому что он способствует установке цели и помо-

гает в переходе от планирования к реализации. Надежный план действий будет включать набор показателей эффективности, позволяющих оценивать процесс с течением времени. Определение местных возможностей, которые необходимо развивать, очень важно. Заблаговременное выявление сильных и слабых сторон трудовых ресурсов может послужить основой для пакета мер технической поддержки и обучения, которые могут потребоваться по аспектам, связанным с правоприменением, правовыми вопросами и техническими знаниями.

Вложение времени и ресурсов в разработку финансового пути имеет решающее значение для успешной реализации пакета мер политики повышения эффективности. Без качественной стратегии финансирования эти действия вряд ли принесут значительные изменения [6].

Также необходимо установить заинтересованные стороны, которые должны быть вовлечены в процесс, и их роли. Успешная реализация требует значительной координации между муниципальными департаментами. Проблемы, как правило, возникают, когда действия правительственных министерств или ведомств не согласованы. Для решения институциональных проблем и обеспечения необходимого потенциала полезно определить ключевые роли и участников на ранних этапах процесса планирования. Создание процессов с участием многих заинтересованных сторон позволяет городам определять потребности и интересы различных групп и облегчает раннюю оценку осуществимости программы или политики в этой сфере. Взаимодействие с заинтересованными сторонами может также способствовать развитию отношений сотрудничества с игроками отрасли и стимулировать принятие отраслевых программ.

Наличие нормативных требований, таких как обязательный аудит зданий, способствует более высоким нормам соответствия проектов. Если политики терпят неудачу или не эффективны, то часто причиной этому – недостаток четких полномочий или ответственности. Поэтому достаточно внимания должно быть уделено структуре управления, от которой зависит реализация той или иной программы. Чтобы определить структуру управления, необходимо прояснить, кто в рамках правительства будет нести ответственность за конкретные части плана действий.

Кроме того, важно создание условий для проектного финансирования при строительстве, например: льготное кредитование; возможности выбора инвестором и застройщиком метода и форм организации и финансирования. Важно и совершенствование законодательства в сфере жилищного строительства и архитектурного проектирования в Сирии [5; 7].

Время представляется как особая категория ресурсов в инвестиционном и строительном процессе, прямо или косвенно влияющая на конечные экономические результаты этого вида

деятельности. Время состоит из таких параметров, как срок службы готового строительного продукта; срок окупаемости инвестиций; продолжительность строительства объекта; интенсивность инвестиций во времени; производительность труда – исходя из выявленных временных потерь между проектированием и строительством; подготовка к строительству и его начало; межсменное и всесменное время простоя из-за неудовлетворительной производственной дисциплины; несоблюдение сроков поставки производственных ресурсов; нарушение планов выполнения работ. Решение каждой из перечисленных задач и проблем является прямой экономией времени и одним из основных направлений повышения экономической эффективности строительства. Интенсивность инвестирования во времени должна возрасти от минимума на начальном этапе до максимума на заключительном этапе [9].

Наконец, чтобы подтвердить, что цели достигнуты, политики должны включать в свое планирование метрики и подходы к оценке для отслеживания процесса во времени. Результаты действий по повышению эффективности строительства можно отслеживать на уровне города, политики или даже на уровне здания.

Набор инструментов, нацеленных либо на управление эффективностью здания, либо на техническую оценку, находится в свободном доступе на рынке. Инструменты и методы прогнозирования стоимости объекта и времени на его восстановление могут помочь муниципальным директивным органам провести проект через цикл утверждения и эффективно реализовать пакеты программ, в то время как инженерам и экономистам помогут разработать проект строительства или реконструкции здания, рассчитать энергопотребление здания и оценить потенциальную экономию [9; 8].

Опираясь на результаты научных исследований российских и зарубежных ученых, полагаем возможным сделать некоторые выводы и рекомендации, направленные на повышение эффективности восстановительных работ жилых и общественных зданий в Сирийской Арабской Республике.

Мы предлагаем создать мобильные строительные базы; снизить уровень затрат (капиталоемкости) на строительство; усовершенствовать конструктивные и объемно-планировочные решения зданий и сооружений.

Кроме того, полагаем целесообразным внедрение прогрессивных технологий и методов организации и координации строительно-монтажных работ; внедрение автоматизированных систем управления и разветвленной информационной сети, а также увеличение использования прогрессивных материалов и конструкций.

Весьма перспективным мы считаем повышение КПД производственных мощностей предприятий строительной индустрии, в том числе по выпуску строительных материалов; интен-

сификацию восстановительных работ и нового жилищного строительства; страхование качества строительной продукции; обеспечение ее рентабельности, а также четкое исполнение договорных обязательств, обеспечение безопасности труда.

Важным организационно-экономическим решением, которое позволит повысить эффективность восстановительных работ и использование капитальных вложений на эти цели, мы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генцлер И. В. Энергосбережение в многоквартирном доме / И. В. Генцлер, Е. Ф. Петрова, С. Б. Сиваев. – Тверь : Научная книга, 2009. – 130 с. – ISBN 978-5-904380-08-9.
2. Ларионов А. Н. Современные методы и формы организации жилищного строительства в Москве // Недвижимость: экономика, управление. – 2019. – № 4. – С. 50–53.
3. Родионовская И. С. Реновационный подход к восстановлению разрушенных поселений при социальных катаклизмах в Сирии / И. С. Родионовская, Э. Аль-Хаддад. – DOI <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2019-1-2-45-50> // Жилищное строительство. – 2019. – № 1–2. – С. 45–50.
4. Ларионов А. Н. Экономический потенциал программно-целевого метода управления развитием экологического домостроения / А. Н. Ларионов // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 3 (32). – С. 275–280.
5. Моисеенко Н. А. Подходы к отбору инвестиционных проектов, осуществляемых на основе государственно частного партнерства // Stroitel'stvo. Ehkonomika i upravlenie [Construction. Economics and management]. – 2017. – № 2 (26). – P. 29–37. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30318400>.
6. Панибратов Ю. П. Время – самый важный ресурс для повышения эффективности строительства/ Ю. П. Панибратов, А. Н. Ларионов // Прикладная механика и материалы. – 2015. – Vol. 725–726. – С. 1007–1012. – URL: https://www.researchgate.net/publication/276310276_Time_is_the_most_Important_Resource_for_Increasing_Construction_Efficiency.
7. Панибратов Ю. П. Устойчивое развитие строительной организации жилищного профиля / Ю. П. Панибратов, А. Н. Ларионов // Всемирный журнал прикладных наук. – 2013. – № 23. – С. 144–148.
8. Toshiks I. European urban development: Sustainability and the role of housing. – DOI 10.1023 / b: joho.0000017707.53782.90 // Journal of Housing and the Built Environment. – 2004. – № 19. – С. 67–90.
9. Усков В. В. Инновации в строительстве: организация и управление. – Вологда : Инфра-Инженерия. – 2016. – С. 11–12.
10. Яськова Н. Ю. Жилищное строительство – восстановительный путь роста / Н. Ю. Яськова // Жилищное хозяйство. – 2009. – № 2–3. – С. 5–16.

считаем определение очередности (этапов). Сначала должны восстанавливаться наименее пострадавшие объекты недвижимости (поскольку они требуют наименьшие объемы финансовых и иных ресурсов), а затем средней тяжести. И только потом следует принимать решения о восстановлении наиболее разрушенных зданий и сооружений или о строительстве на их месте новых объектов (поскольку такие объекты требует наибольших объемов различных ресурсов).

REFERENCES

1. Gentsler I. V. Ehnergoberezhenie v mnogokvartirnom dome [Energy Saving in a multi-apartment building] / I. V. Gentsler, E. F. Petrova, S. B. Sivaev. – Tver : Nauchnaya kniga, 2009. – 130 p. – ISBN 978-5-904380-08-9.
2. Larionov A. N. Sovremennyye metody i formy organizatsii zhilishhnogo stroitel'stva v Moskve [Modern methods and forms of organization of housing construction in Moscow] // Nedvizhimost': ehkonomika, upravlenie [Real Estate: Economics, management]. – 2019. – № 4. – P. 50–53.
3. Rodionovskaya I. S. Renovatsionnyj podkhod k vosstanovleniyu razrushennykh poselenij pri sotsial'nykh kataklizmakh v Sirii [Innovative approach to the restoration of destroyed settlements during social disasters in Syria] / I. S. Rodionovskaya, Eh. Al'-Khaddad. – DOI <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2019-1-2-45-50> // Zhilishhnoe stroitel'stvo [Housing construction]. – 2019. – № 1–2. – P. 45–50.
4. Larionov A. N. Ehkonomicheskij potentsial programmno-selevogo metoda upravleniya razvitiem ehkologicheskogo domostroeniya [Economic potential of the program-target method for managing the development of ecological housing construction] / A. N. Larionov // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of civil engineers]. – 2012. – № 3 (32). – P. 275–280.
5. Moiseenko N. A. Podkhody k otboru investitsionnykh proektov, osushhestvlyayemykh na osnove gosudarstvenno chastnogo partnerstva [Approaches to the selection of investment projects implemented on the basis of public-private partnership] / N. A. Moiseenko // MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol. 239. – P. 8–22. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30318400>.
6. Panibratov Yu. P. Vremya - samyj vazhnyj resurs dlya povysheniya ehfektivnosti stroitel'stva [Time - the most important resource for improving the efficiency of construction] / Yu. P. Panibratov, A. N. Larionov // Prikladnaya mekhanika i materialy [Applied mechanics and materials]. – 2015. – Vol. 725–726. – P. 1007–1012. – URL: https://www.researchgate.net/publication/276310276_Time_is_the_most_Important_Resource_for_Increasing_Construction_Efficiency.
7. Panibratov Yu. P. Ustojchivoe razvitie stroitel'noj organizatsii zhilishhnogo profilya [Sustainable development of the construction organization of housing profile] / Yu. P. Panibratov, A. N. Larionov // Vsemirnyj zhurnal prikladnykh nauk [World Journal of Applied Sciences]. – 2013. – № 23. – P. 144–148.
8. Toshiks I. European urban development: Sustainability and the role of housing. – DOI 10.1023 / b: joho.0000017707.53782.90 // Journal of Housing and the Built Environment. – 2004. – № 19. – P. 67–90.
9. Us'kov V. V. Innovatsii v stroitel'stve: organizatsiya i upravlenie [Innovations in construction: organization and management]. – Vologda : Infra-Inzheneriya. – 2016. – P. 11–12.
10. Yas'kova N. Yu. Zhilishhnoe stroitel'stvo – vosstanovitel'nyj put' rosta [Housing construction – recovery path of growth] / N. Yu. Yas'kova // Zhilishhnoe khozyajstvo [Housing]. – 2009. – № 2–3. – P. 5–16.

УДК 69.05

Выбор организационно-технических и конструктивных решений при устройстве ограждения котлована зданий и сооружений

Choice Organizational-Technical and Constructive Decisions for the Construction of the Fencing of the Excavation of Buildings and Structures

Митин Владимир Викторович

Студент кафедры «Строительство уникальных зданий и сооружений», Институт гидротехнического и энергетического строительства Московского государственного строительного университета (ИГЭС МГСУ), 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26, mister.vladimirmitin@mail.ru

Mitin Vladimir Viktorovich

Student, Institute of Hydrotechnical and Power Engineering of the Moscow State University of Civil Engineering (IGEB MGSU), 129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, mister.vladimirmitin@mail.ru

Экба Сергей Игоревич

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии и организация строительного производства», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337, Россия, Москва, Ярославское шоссе, 26, ekba.s.ig@gmail.com

Ehkba Sergej Igorevich

Ph.D. docent, Candidate of Technical Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Moscow State University of Civil Engineering», 129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26, ekba.s.ig@gmail.com

Аннотация

В процессе строительства зданий и сооружений в условиях городской среды возникает ряд сложностей, связанных с негативным влиянием нового строительства на окружающую его застройку. В настоящей статье рассмотрены пути решения задачи снижения негативного влияния на здания, сооружения и инженерные сети на примере объектов различного класса ответственности. С целью выбора оптимальных организационно-технических и конструктивных решений проведен ретроспективный анализ российских и зарубежных литературных источников. Исследование проведено методами математического моделирования с использованием программно-вычислительного комплекса ZSoil 2018 [1] в пространственной постановке. В результате численного моделирования получены перемещения, а также рассчитана относительная разность осадки зданий и сооружений. Проведен сравнительный анализ различных вариантов ограждения котлована и мероприятий по снижению величины дополнительных осадок зданий и сооружений. Сделаны выводы по результатам исследования об оптимальных организационно-технических и конструктивных решениях, принимаемых для снижения негативного влияния нового строительства на окружающую застройку.

Ключевые слова: окружающая застройка, численное моделирование, организационно-технические решения, стена в грунте, шпунт.

Abstract

When constructing buildings and structures in an urban environment, difficulties arise due to the negative impact of new construction on the surrounding buildings. This article discusses ways to solve the problem of reducing the negative impact on buildings, structures and engineering networks on the example of objects of different classes of responsibility. A retrospective analysis of domestic and foreign literature sources was carried out in order to select the optimal organizational, technical and design solutions. The study was conducted using mathematical modeling methods using the ZSoil 2018 [1] software and

computing complex [1] in a spatial setting. As a result of numerical modeling, changes were obtained and the relative difference in precipitation of buildings and structures was calculated. A comparative analysis of various options for fencing pits and measures to reduce the amount of additional precipitation of buildings and structures. Based on the results of the study, conclusions are drawn about the optimal organizational, technical and design decisions taken to reduce the negative impact of new construction on the surrounding buildings.

Keywords: surrounding buildings, numerical simulation, organizational-technical decisions, diaphragm wall (grabbed), sheet piling.

Введение

В настоящее время во многих крупных городах России наблюдается бурный рост количества строительных площадок. Строительство охватывает не только новые, незастроенные территории для расширения городской среды, но и участки внутри построенных городских массивов. В зону влияния нового строительства или реконструкции попадают объекты различного назначения и классов ответственности, от гаражных кооперативов с объектами пониженного класса ответственности (КС-1) до многоквартирных жилых домов и высотных зданий, в том числе и повышенного класса ответственности (КС-3). Такие условия требуют особенного внимания при проектировании, а для здания класса КС-3 предусматривается проведение научно-технического сопровождения проектирования и технический мониторинг – как при возведении здания, так и во время эксплуатации.

Таким образом, основной задачей на этапе проектирования, как и во время строительства, является разработка и использование таких организационно-технических решений по защите окружающей застройки, которые позволяют предотвратить сверхнормативные деформации и прочие негативные воздействия, оказываемые строительством подземного сооружения и (или) возведением конструкций подземной части здания. С целью оценки величины деформации фундаментов и основания зданий выполняется моделирование объектов строительства, реконструкции и объектов, попадающих в зону влияния, в специализированных программных комплексах в плоской и пространственной постановке.

В процессе выполнения данной работы был произведен анализ инженерно-технологических решений, которые применяли в рамках существующих объектов. Были выбраны 15 объектов, расположенных в плотной городской застройке, котлованы которых имели глубину более 15 м. В качестве примеров следует указать некоторые из них: станция метро «Стахановская улица», административное здание с парковочными машиноместами и надземным переходом в здание Совета Федерации, станция «Проспект Вернадского» – станция «Можайская» и другие.

Материалы и методы

В рамках данного исследования рассматривается выбор оптимальных организационно-технических решений по устройству ограждения котлована при строительстве административного здания с подземным паркингом (КС-2)

и переходной камерой метрополитена (КС-3). Строительные площадки расположены в г. Москве. Степень сейсмической опасности менее 6 баллов, следовательно, влияние сейсмичности можно не учитывать [2]. Поставленная задача решается с использованием аналитических и численных методов механики грунтов и вычислительной механики, в том числе метода конечных элементов, анализа научно-технической литературы и публикации отечественных и зарубежных авторов.

Научная новизна исследования, приведенного в настоящей статье, заключается в решении актуальной научно-технической задачи по выбору наиболее эффективного решения ограждения котлованов, в том числе для технически сложных объектов с заглублением подземной части более чем на 15 метров.

Практическая значимость работы состоит в следующем:

- представлены результаты расчетного обоснования конструкций ограждения котлованов проектируемых объектов и анализа построенных объектов-аналогов;
- представлены решения актуальных задач по количественной оценке напряженно-деформированного состояния (НДС) ограждений котлованов методом конечных элементов, с учетом линейных и нелинейных свойств.

Моделирование данных объектов происходит в пространственной постановке с помощью ПК ZSoil 2018 [1]. При выполнении моделирования и расчета приняты следующие допущения:

1. Геометрическая схема расчетной модели строится на основе характерных геометрических сечений участка строительства и соответствующих инженерно-геологических разрезов.
2. Грунтовый массив и все конструкции модели находятся под действием массовых сил, обусловленных гравитацией.
3. Характеристики грунтов, слагающих грунтовый массив, приведены в таблице 1.
4. Поведение грунтов описывается упруго-пластической моделью Кулона-Мора [3]:

$$F(\sigma) = \alpha \varphi I_1 + J_2 - k = 0, \quad (1)$$

где I_1, J_2 – инварианты напряжений;
 $\alpha \varphi, k$ – характеристики материала.

5. Взаимодействие между конструкциями и грунтом моделируется при помощи специальных контактных поверхностей – интерфей-

Табл. 1. Физико-механические характеристики используемых грунтов
Tab. 1. Physical and mechanical characteristics of the soils used

№*	Наименование грунта	Удельный вес, кН/м³	Природная влажность, %	Угол. внутр. трения, град.	Удельное сцепление, кПа	Модуль деформ., Мпа	Мощность, м
1	Техногенный грунт	16,4	14,8	1	18	14	6,3
2	Песок мелкий, плотный	20,1	18,6	34	4	36	1,5
3	Песок мелкий, плотный	19,1	21,7	28	3	26	5
4	Песок мелкий, плотный	20,1	18,6	34	4	36	3
5	Суглинок полутвердый	21,8	11,9	26	58	27	6,9
6	Песок средней крупности	20,3	17,1	36	1	44	5,2
7	Суглинок тугопласт.	20,3	19,2	30	39	23	4,5
8	Глина полутвердая	20,9	19,6	23	89	31	3,4
9	Суглинок тугопласт.	20,3	19,2	30	39	23	10,7
10	Глина полутвердая	20,9	19,6	23	89	31	11,2

* Порядок залегания грунта в грунтовом массиве

сов [4]. Прочность интерфейса зависит от прочности грунта и коэффициента понижения прочности в интерфейсе [5].

6. Моделируется поэтапное строительство, при котором вслед за сооружением ограждающей конструкции происходит установка распорной системы, воспринимающей примерно 80 % давления грунта.

7. Моделирование строительства проектируемого объекта выполняется поэтапно в соответствии с проектом работ.

В качестве исходных данных приняты результаты инженерных изысканий площадок строительства: комплексное обследование зданий и сооружений, попадающих в зону влияния строительства, и результаты инженерно-геологического изыскания.

В соответствии с [5] максимальные деформации фундаментов зданий зависят от категории технического состояния и конструктивной системы здания. Все здания и сооружения в рамках данного исследования, попадающие в зону влияния нового строительства, имеют II категорию технического состояния здания, конструктивная система – бескаркасная (стенная), из чего следует, что предельные дополнительные деформации основания фундаментов составляют **3,0 см**, относительная разность осадок – **0,001**.

В настоящее время при возведении котлована используются следующие способы его ограждения: струйная цементация стенок котлована по технологии jet-grouting, шпунтовое ограждение из труб и деревянной забирки, шпунт Ларсена, технология «стена в грунте». Наибольшее распространение, благодаря универсальности и высоким прочностным параметрам, получили шпунт Ларсена и технология «стена в грунте».

В рамках решения задачи по выбору оптимального организационно-технического и конструктивного решения для приведенных выше объектов рассмотрены следующие комбинации. Конструктивные решения ограждения котлована:

- а) тип ограждения «стена в грунте» (СВГ) [6];
- б) шпунт Ларсена [7].

В случае если деформации фундамента превышали предельные значения, то предпринимались следующие организационно-технические решения по минимизации негативного влияния от нового строительства:

- уширение фундамента;
- усиление основания [8];
- устройство отсечной стены [9].

Существующие здания на модели представлены фундаментами с приведенными характеристиками. Этажность зданий учитывалась посредством задания нагрузки на поверхность опиранием фундаментов зданий, значение принималось в соответствии с [10].

Результаты

Анализ результатов численных расчетов необходимо начать с рассмотрения расчетной области влияния нового строительства на окружающую застройку.

На рисунках 1, 2, 3, 4 представлены расчетная схема и расчетные области влияния при строительстве административного здания с подземным паркингом при использовании различных типов ограждающих конструкций. Исходя из полученных данных, необходимо оценить НДС сооружений № 1, № 6, № 9, № 10. Максимальные дополнительные деформации фундамента при выборе определенного типа ограждающей конструкции составили:

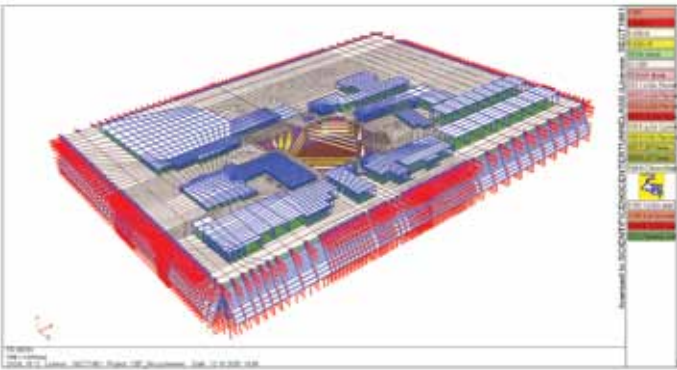


Рис. 1. Расчетная схема
Fig. 1. Modeled scheme

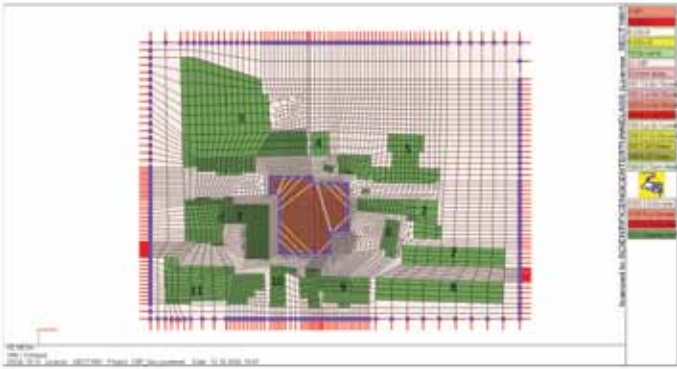


Рис. 2. Расчетная схема в плане
Fig. 2. Modeled scheme from above

а) «стена в грунте» толщиной 0,6 м, глубиной заложения 18,0 м: сооружения № 1 – **38,5 мм**; № 2 – **44,3 мм**, № 3 – 12 мм, № 4 – 8 мм, № 5 – 24 мм, № 6 – 1,3 мм, № 9 – 20 мм, № 10 – 26 мм. Необходимо усиление основания фундамента у сооружений № 1, № 2. Усиление фундамента происходит с помощью струйной цементации грунтов основания [11] толщиной 1,5 м. После проведенного усиления дополнительные деформации и относительные разности осадок составляют соответственно: № 1 – **23,6 мм, 0,0005**; № 2 – **27,8 мм, 0,0006** (рисунок 8) – что удовлетворяет требованиям нормативных документов.

б) шпунт Ларсена Л5, с глубиной заложения 18,0 м: сооружения № 1 – **36,9 мм**; № 2 – **48,3 мм**, № 3 – 13 мм, № 4 – 6,5 мм, № 5 – 28 мм, № 6 – 1,2 мм, № 9 – 25 мм, № 10 – 30 мм. Необходимо усиление основания фундамента у сооружений № 1, № 2. Усиление фундамента происходит с помощью струйной цементации грунтов основания толщиной 1,5 м. В ходе подбора конструктивных решений по минимизации негативного влияния от нового строительства выяснилось, что вместе с грунтом основания требуется уширение фундаментной плиты на 1 метр в длину и ширину от края фундаментной плиты, т. к. только усиление основания не дает достаточного положительного эффекта. После проведенного усиления дополнительные деформации и относительные разности осадок составили соответственно: № 1 – **25,6 мм, 0,00055**; № 2 – **30 мм, 0,0006** –

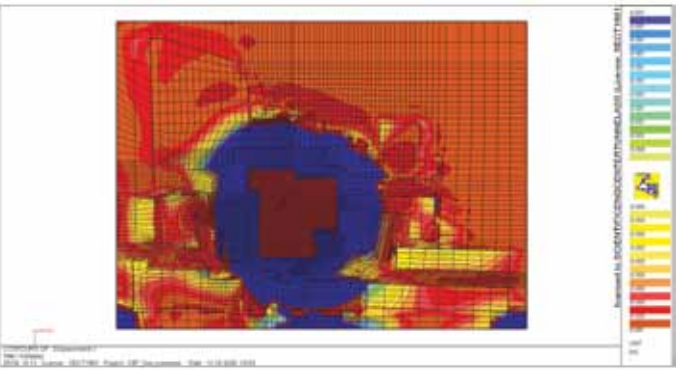


Рис. 3. Расчетная зона влияния от строительства административного здания с подземным паркингом при использовании СВГ

Fig. 3. Calculated zone of influence from the construction of an administrative building with underground parking when using diaphragm wall (grabbed)

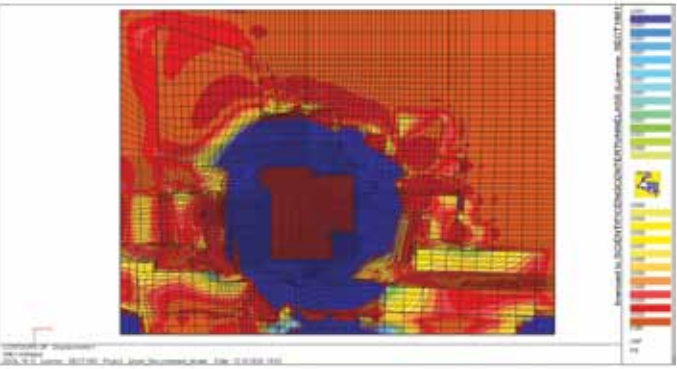


Рис. 4. Расчетная зона влияния от строительства административного здания с подземным паркингом при использовании шпунта Ларсена

Fig. 4. Calculated zone of influence from the construction of an administrative building with underground parking when using Larsen sheet piling

что удовлетворяет требованиям нормативных документов.

На рисунках 5, 6, 7, 8 представлены расчетная схема и расчетные зоны влияния при строительстве переходной камеры метрополитена. Исходя из полученных данных, необходимо оценить НДС сооружений и инженерных сетей, попадающих в расчетную зону влияния нового строительства. Дополнительные деформации фундамента и относительная разность осадок при выборе определенного типа ограждающей конструкции составили соответственно:

а) «стена в грунте» [12] толщиной 1,0 м: сооружение № 1 – **10 мм, 0,0003**. Данная величина находится в пределах допустимых значений, следовательно, нет необходимости усиления основания фундамента. Необходимо оценить НДС состояния и прочность водопровода диаметром 900 мм, попадающего в расчетную зону влияния. В результате расчетов коэффициент запаса прочности обделки водопровода составил **3,7** [13].

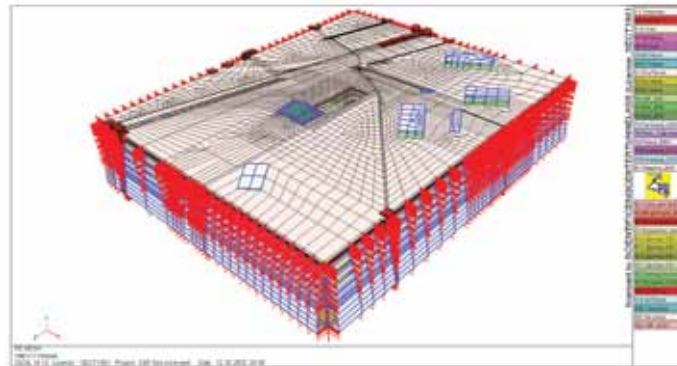


Рис. 5. Расчетная схема
Fig. 5. Modeled scheme

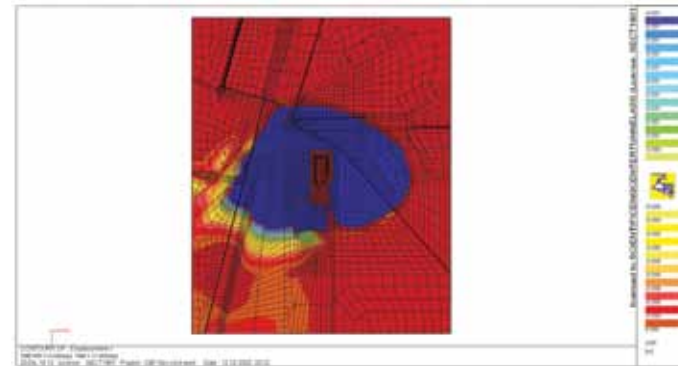


Рис. 7. Расчетная зона влияния при строительстве переходной камеры метрополитена при использовании СВГ
Fig. 7. Calculated zone of influence during the construction of the metro transition chamber when using diaphragm wall (grabbed)

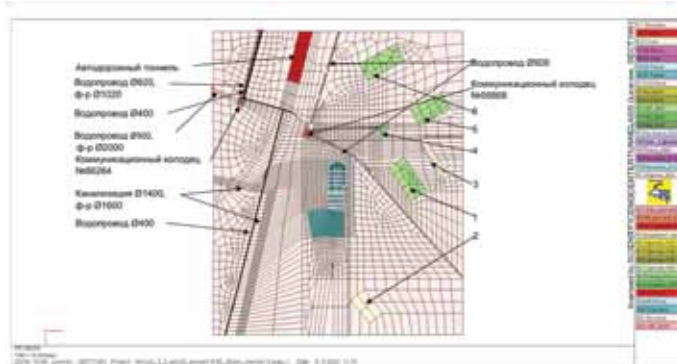


Рис. 6. Расчетная схема в плане
Fig. 6. Modeled scheme from above

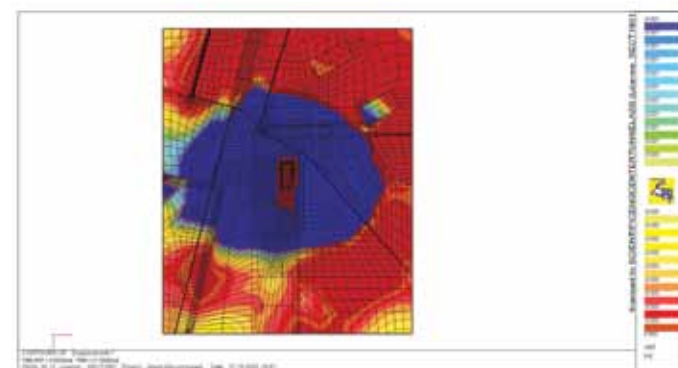


Рис. 8. Расчетная зона влияния при строительстве переходной камеры метрополитена при использовании шпунта Ларсена
Fig. 8. Calculated zone of influence during the construction of the metro transition chamber when using Larsen sheet piling

б) шпунт Ларсена Л7 с глубиной заложения: сооружения 45,0 м: № 1 – 36,4 мм, 0,0011, № 4 – 9 мм, № 5 – 1,3 мм. Данные величины превышают нормативное значение, следовательно, необходимо усиление основания фундамента. Усиление фундамента происходит с помощью струйной цементации грунтов основания толщиной 1,0 м и возведения отсечной стенки (размером 35x1,5x17 м). В ходе подбора конструктивных решений по минимизации негативного влияния от нового строительства выяснилось, что ни один из применяемых усиления фундамента не дает положительного эффекта. Исходя из вышесказанного, в данной постановке не рекомендуется использовать в качестве ограждения котлована шпунт Ларсена, т. к. дополнительные осадки фундамента превышают предельно допустимые.

Выводы

Проведенный анализ результатов численного моделирования рассмотренных конструктивных решений позволяет сделать следующие выводы:

1. Использование шпунтового ограждения (шпунт Ларсена Л7) при глубине заложения 45,0 м на рассмотренном в исследовании объекте – строительстве переходной камеры метрополитена – недопустимо, поскольку максимальные дополнительные осадки 38,5 мм и максимальные относительные разности осадок 0,0011, возникающие в процессе производства работ,

превышают предельно допустимые [5]. Результаты расчета показали, что для рассматриваемого объекта целесообразно применять в качестве ограждения котлована технологию «стена в грунте».

2. Использование шпунтового ограждения при строительстве административного здания с подземным паркингом, рассмотренного в данном исследовании, в большинстве случаев при строительстве позволяет обеспечить значения дополнительных осадок основания и фундаментов в пределах нормативных значений. При этом анализ организационно-технических и конструктивных решений объектов-аналогов говорит о том, что устройство шпунтового ограждения в совокупности с дополнительными мероприятиями по усилению фундаментов (чаще всего метод струйной цементации), а также возведение отсечной стены для предотвращения образования призмы обрушения вблизи зданий и сооружений гарантировано обеспечивает нахождение величины дополнительных осадок в области допустимых значений.

3. На примере рассмотренных в статье объектов и анализа объектов-аналогов (более 15 объектов) установлено, что наиболее эффективным решением является «стена в грунте», что подтверждается численными значениями максимальной дополнительной осадки и максимальной относительной разности осадок.

3.1. Так, например, при строительстве административного здания с подземным паркингом для обеспечения допустимых значений максимальных осадок и относительных разностей осадок необходимо только мероприятие по усилению фундамента струйной цементацией, благодаря чему рассматриваемые параметры негативного влияния на здания, на которые оказывалось наибольшее влияние, составили: № 1 – 23,6 мм, 0,0005; № 2 – 27,8 мм, 0,0006.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Травуш В. И. Цифровые технологии в строительстве / В. И. Травуш // Academia. Архитектура и строительство. – 2018. – № 3. – С. 107–117.
2. СП 249.1325800.2016. Свод правил. Коммуникации подземные. Проектирование и строительство закрытым и открытым способами. – Москва : Росстандарт, 2016.
3. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85 (с Изменениями № 1, 2). – Москва : Стандартинформ, 2018; 2019.
4. СП 22.13330.2016. Свод правил. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83 (с Изменениями № 1, 2, 3). – Москва : Стандартинформ, 2019.
5. СП 14.13330.2018. Свод правил. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81 (с Изменением № 1). – Москва : Стандартинформ, 2018.
6. El Hussieny O. M. A study of different aspects of diaphragm walls / O. M. El Hussieny // Tunnelling and Underground Space Technology. – 1992. – Vol. 7, № 1. – P. 55–58.
7. Kreiger E. L. Development of the construction processes for reinforced additively constructed concrete / E. L. Kreiger, M. A. Kreiger, M. P. Case / Additive Manufacturing. – 2019. – Vol. 28, August.
8. Modoni G. Strength of sandy and clayey soils cemented with single and double fluid jet grouting / G. Modoni, L. Wanik, M. Mascolo // Soils and Foundations. – 2019. – № 59 (4). – P. 942–954.
9. Nagaraj M. H. Nonlinear analysis of compact and thin-walled metallic structures including localized plasticity under contact conditions / M. H. Nagaraj, I. Kaleel, E. Carrera, M. Petrolo // Engineering Structures. – 2019. – Vol. 203. – P. 109819.
10. Shahin M. A. Use of evolutionary computing for modelling some complex problems in geotechnical engineering / M. A. Shahin // Geomechanics and Geoengineering. – 2013. – P.109–125.
11. Sližytė D. Evaluation of Gravity Retaining Walls from Jet Grouting Piles Installed in Sands / D. Sližytė, J. Medzvieckas // Procedia Engineering. – 2013. – Vol. 57. – P. 1070–1077.
12. Tanga L. Finite element analysis of lateral earth pressure on sheet pile walls / L. Tanga, Sh. Cong, W. Xing, X. Ling [et al.] // Engineering Geology. – 2018. – August. – P.148–158.
13. Wang J. Influence of diaphragm wall on seismic responses of large unequal-span subway station in liquefiable soils / J. Wang, G. Ma, H. Zhuang, Y. Dou, J. Fu // Tunnelling and Underground Space Technology. – 2019. – Vol. 91, September. – P. 102988.

Для обеспечения прочности и надежности тех же фундаментов зданий при использовании шпунта Ларсена Л5 необходимо уширение фундаментной плиты, после чего рассматриваемые параметры негативного влияния составили: № 1 – 25,6 мм, 0,0005; № 2 – 30 мм, 0,0006.

3.2. При строительстве переходной камеры метрополитена выяснилось, что применяемые конструктивные решения по усилению фундаментов зданий не дают достаточного положительного эффекта при использовании Шпунта Ларсена Л7. При использовании «стены в грунте» дополнительных мероприятий не потребовалось, значения максимальных осадок и относительных разностей осадок здания составили: № 1 – 10 мм, 0,0003.

REFERENCES

1. Travush V. I. Tsifrovye tekhnologii v stroitel'stve [Digital technologies in construction] / V. I. Travush // Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo [Academia. Architecture and construction]. – 2018. – № 3. – P. 107–117.
2. SP 249.1325800.2016. Svod pravil. Kommunikatsii podzemnye. Proektirovanie i stroitel'stvo zakrytym i otkrytym sposobami [Set of rules. underground communications. Design and construction in closed and open ways]. – Moscow : Rosstandart, 2016.
3. SP 20.13330.2016. Svod pravil. Nagruzki i vozdeystviya. [Set of rules. Loads and impacts. Updated version of snip 2.01.07-85 (with Amendments No. 1, 2)]. – Moscow : Standartinform. – 2018; 2019.
4. SP 22.13330.2016. Svod pravil. Osnovaniya zdaniy i sooruzhenij [Set of rules. Foundations of buildings and structures. updated version of snip 2.02.01-83 (with amendments no. 1, 2, 3)]. – Moscow : Standartinform, 2019.
5. SP 14.13330.2018. Svod pravil. Stroitel'stvo v seismicheskikh rajonakh [Set of rules. construction in SEISMIC areas. updated version of snip ii-7-81 (with change no. 1)]. – Moscow : Standartinform, 2018.
6. El Hussieny O. M. A study of different aspects of diaphragm walls / O. M. El Hussieny // Tunnelling and Underground Space Technology. – 1992. – Vol. 7, № 1. – P. 55–58.
7. Kreiger E. L. Development of the construction processes for reinforced additively constructed concrete / E. L. Kreiger, M. A. Kreiger, M. P. Case / Additive Manufacturing. – 2019. – Vol. 28, August.
8. Modoni G. Strength of sandy and clayey soils cemented with single and double fluid jet grouting / G. Modoni, L. Wanik, M. Mascolo // Soils and Foundations. – 2019. – № 59 (4). – P. 942–954.
9. Nagaraj M. H. Nonlinear analysis of compact and thin-walled metallic structures including localized plasticity under contact conditions / M. H. Nagaraj, I. Kaleel, E. Carrera, M. Petrolo // Engineering Structures. – 2019. – Vol. 203. – P. 109819.
10. Shahin M. A. Use of evolutionary computing for modelling some complex problems in geotechnical engineering // Geomechanics and Geoengineering. – 2013. – P.109–125.
11. Sližytė D. Evaluation of Gravity Retaining Walls from Jet Grouting Piles Installed in Sands / D. Sližytė [et. al.] // Procedia Engineering. – 2013. – Vol. 57. – P. 1070–1077.
12. Tanga L. Finite element analysis of lateral earth pressure on sheet pile walls / L. Tanga, Sh. Cong, W. Xing, X. Ling [et al.] // Engineering Geology. – 2018. – August. – P.148–158.
13. Wang J. Influence of diaphragm wall on seismic responses of large unequal-span subway station in liquefiable soils / J. Wang, G. Ma, H. Zhuang, Y. Dou, J. Fu // Tunnelling and Underground Space Technology. – 2019. – Vol. 91, September. – P. 102988.



**Научно-исследовательский институт
проектирования, технологии и
экспертизы строительства**



- ✓ **Технический заказчик**
- ✓ **Строительный контроль**
- ✓ **Проектирование**
- ✓ **Лабораторное сопровождение**
- ✓ **Обследование зданий и сооружений**
- ✓ **Геодезическое сопровождение и мониторинг**
- ✓ **Судебно-техническая экспертиза**

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Статья или ее части не должны быть ранее опубликованы или находиться на рассмотрении в других изданиях. Автор несет ответственность за соответствие информации, содержащейся в представленных документах.
2. Статьи должны содержать результаты научных исследований, аналитику, описание проектов и др. в области технического регулирования в строительстве.
3. Статью необходимо представить в электронном виде.
4. Перед названием статьи должен быть указан индекс УДК.
5. Название статьи, Ф. И. О. авторов, аннотацию, ключевые слова, название таблиц и иллюстраций следует приводить на русском и английском языках.
6. На отдельном листе нужно представить сведения об авторах: фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, звание, должность, место работы, почтовый адрес, телефон и адрес электронной почты.
7. Объем рукописи не должен превышать 20 страниц (файл в формате .doc в MS Word).
8. Текст статьи должен быть напечатан следующим образом: с подрисуночными подписями, номерами рисунков и необходимыми пояснениями к ним; шрифт – Times New Roman, 12 пт., межстрочный интервал – полуторный.
9. Рисунки с подрисуночными подписями и номерами следует направлять отдельными файлами в формате .jpeg (разрешение не менее 300 dpi). Имя файла должно соответствовать наименованию или номеру рисунка в тексте статьи.
10. Библиографический список на русском и английском языках должен включать только литературу, цитируемую в статье. Ссылки на источники следует приводить в тексте в квадратных скобках. Список оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.5 - 2008.



8 (495) 162-64-42

✉ **mail@niiexp.com**



www.niiexp.com

Подписка:
в отделениях ФГУП Почты России через каталог агентства
«Пресса России», на сайте объединенного каталога «Пресса России»
www.ppressa-rf.ru
Подписной индекс E83990

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 Назыпова С. В.

Главный редактор Лapidус А. А.

Выпускающий редактор Каурова М. А.

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 (35) 2020
Дата публикации: 10 декабря 2020 года

Отпечатано в типографии ООО «PROMZONA»
105066, Москва, ул. Ольховская, д. 14, стр. 4
Тираж 550 экз. Свободная цена



Телефон: +7 (495) 162 61 02
email: info@build-pro.press
сайт журнала: www.build-pro.press

127018 РФ, город Москва, Сущевский
вал, д.16, стр.5, этаж 4, кабинет 405
сайт издательства: www.mosnec.com

© Редакция научно-технического журнала «Строительное производство» 2020