

Технология и организация строительства

УДК 69.05

© А. А. Руденко, д-р экон. наук, профессор

© А. А. Р. А. Аль-Мсари, аспирант

© И. Г. Осипенкова, старший преподаватель

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет,

Санкт-Петербург, Россия)

E-mail: rudenkoa.a@mail.ru, ahmed433@rambler.ru,

os9292466@yandex.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2025-22-3-99-108

© A. A. Rudenko, Dr. Sci. Ec., Professor

© A. A. R. A. Al-Msari, post-graduate student

© I. G. Osipenkova, senior lecturer

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering,

St. Petersburg, Russia)

E-mail: rudenkoa.a@mail.ru, ahmed433@rambler.ru,

os9292466@yandex.ru

МОДЕЛЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАСТРОЙКИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ И ТЕРРИТОРИЙ

A MODEL FOR ENSURING THE ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF INTEGRATED BUILDINGS DURING THE RESTORATION OF SETTLEMENTS AND TERRITORIES

В последние годы разрушения зданий на территориях различных государств стали происходить со стабильным постоянством. Причины в основном связаны с повреждениями, вызванными силовыми факторами стихийного или военного характера. В статье рассмотрены компоненты уравнения регрессии и информационной модели комплексной застройки при восстановлении территорий с учетом воздействия наиболее значимых факторов. Разработаны основные компоненты информационной модели оценки обеспечения организационно-технологической надежности (ОТН) застройки. Реализация данной модели является важным направлением градостроительной деятельности, основанном на ОТН с учетом возможностей ресурсного обеспечения строительства, что позволит более точно прогнозировать вероятность успешного завершения инвестиционно-строительного проекта по комплексной застройке.

Ключевые слова: информационная модель, ресурсообеспечение, комплексная застройка территории, организационно-технологическая надежность, восстановление территорий.

In recent years the destruction of buildings in significant areas has begun to occur with steady regularity. The reasons are mainly related to damage caused by force factors of natural or military nature. The article considers the components of the regression equation and information model of complex development in the restoration of territories, taking into account the impact of the most significant factors. There have been developed main components of the information modeling for assessing the effectiveness of providing OTR (organizational and technological reliability) for complex development during the restoration of the territory. The implementation of integrated rehabilitation and integrated territory development (ITD) projects is an important direction of urban planning activity, based on the model of organizational and technical reliability of the development, taking into account the possibilities of resource support of construction, which will allow a more accurate prediction of the probability of successful completion of the ICP (investment and construction project) on integrated development.

Keywords: information model, resource provision, integrated development of the territory, organizational and technical reliability, reconstruction of territories.

Введение

События последнего времени свидетельствуют об участившихся случаях разрушения зданий на территориях различных государств. Одними из наиболее распространенных источников разрушений являются землетрясения и ураганы, происходящие во многих странах, в том числе в Турции, Сирии, Афганистане, России, Ираке, Иране и др. Такие силовые воздействия привели к повреждениям и разрушениям, в результате чего требуется восстановление целых населенных пунктов и обширных территорий. Кроме этого, необходимость в комплексной застройке может быть связана с нехваткой жилья или физическим износом зданий.

Например, несмотря на рекордные объемы нового строительства в России в 2023 году, когда было введено в эксплуатацию 110,44 млн м² жилого фонда, существенная часть эксплуатируемого жилого фонда требует ремонта. Так, по данным Росстата, за 2023 год не требовался ремонт только для 31 % всех жилых помещений, а на конец 2023 года в России насчитывалось 257,4 млн м² жилья со степенью износа более 66 %.

В других странах, например в Ираке, проблема комплексной застройки также достаточно актуальна в связи со значительным масштабом разрушений и существенным физическим износом зданий.

В последние годы строительная отрасль активно развивается во многих странах мира, что связано с растущим спросом на жилье. Соответственно, необходима разработка новых моделей организации строительства и надежности комплексного развития территорий. Проблемы, связанные с ограниченными ресурсами, высокими рисками и недостаточной социальной инфраструктурой, требуют разработки эффективных решений для обеспечения устойчивого развития городов и создания жилых комплексов на восстановленных территориях.

Разработка модели организационно-технологической надежности комплексной застройки с учетом ресурсного обеспечения имеет важное значение для успешного решения этих проблем.

Одним из основных условий обеспечения организационно-технологической надежности (ОТН) восстановления территорий является наличие необходимых ресурсов, что не всегда возможно. Кроме того, при реализации таких крупных проектов, как восстановление и комплексная застройка, строители часто сталкиваются с рисками недопоставки ресурсов или их неполной номенклатуры при подвозе [1].

Комплексная застройка при восстановлении территорий представляет собой стратегический подход одновременно и к развитию городской среды, и к восстановлению разрушенного. При этом сложность заключается в том, что требуется строительство не только жилья, но и всей необходимой инфраструктуры: социальных объектов, дорог, коммуникаций, зон отдыха и других элементов. В связи тем, что в последние годы активизировался процесс урбанизации, комплексная застройка стала ключевым элементом в решении проблемы дефицита жилья, создания устойчивых городских агломераций и восстановления территорий одновременно.

Комплексная застройка территорий предполагает разработку проектов, которые охватывают не только жилые комплексы, но и необходимые для жизни объекты — школы, больницы, торговые центры, общественные и культурные учреждения, а также эффективное развитие транспортной инфраструктуры и систем водоснабжения. Реализация данных проектов требует системного подхода, который должен обеспечить максимальную эффективность использования ресурсов, а также позволить минимизировать риски, связанные с задержками в поставках материалов и рабочей силы на разных этапах строительства.

Риски и проблемы могут возникнуть, когда ресурсы для строительства задерживаются или являются неполными по объему, ассортименту или качеству. Это будет приводить к снижению таких показателей ОТН, как продолжительность строительства и затраты на проект. При этом за счет использования материалов с не предусмотренными проектом характеристиками может снизиться и качество строительно-монтажных работ.

Важно отметить, что материальные и трудовые ресурсы составляют прямые затраты на строительство и во многом будут определять сметную стоимость, а значит, и конкурентоспособность строительной продукции и строительной организации в целом [3].

Актуальность исследования определяется тем обстоятельством, что существующие подходы учитывают параметры и условия обеспечения ОТН строительства для отдельных объектов без учета всех факторов и рисков, присущих комплексной застройке, особенно при восстановлении разрушенных территорий.

Возможность обеспечения ОТН комплексного восстановления территории в первую очередь будет определяться наличием требуемых ресурсов, что, как показывает практика, не всегда реализуемо. Необходимо создание математической модели, включающей значимые факторы и информационное обеспечение ОТН территории и все риски ресурсоснабжения [4].

Целью работы является проектирование математической модели учета важных факторов и информационной модели обеспечения ОТН комплексного развития территории и ее эффективного ресурсного обеспечения.

Задачи исследования:

1. Разработать уравнения регрессии учета факторов, влияющих на ОТН комплексной застройки с учетом ресурсообеспечения.
2. Разработать основные компоненты информационной модели оценки эффективно-

сти обеспечения ОТН комплексной застройки при восстановлении территории.

Объектом исследования является процесс комплексного восстановления территорий при разрушениях населенных пунктов и территорий.

Предметом исследования являются факторы, влияющие на ОТН при комплексной застройке и восстановлении территорий с учетом ресурсного обеспечения.

Научная новизна исследования заключается в разработке уравнения регрессии учета факторов и информационной модели оценки эффективности обеспечения ОТН с учетом ресурсообеспечения, что позволит оценить процесс комплексно.

Методы исследования

В работе использованы методы регрессионного анализа при моделировании факторов, влияющих на ОТН комплексной застройки. Также используются методы теоретического анализа и прогнозного моделирования при исследовании реализуемых в настоящее время практик строительства.

Методы обеспечения ОТН в строительстве активно исследовались в мировой практике достаточно давно, однако авторы работ часто фокусировались на отдельных объектах строительства, не учитывая при этом все аспекты, влияющие на комплексное восстановление территорий.

Проблемы ОТН и комплексной застройки территорий исследовались и были изложены в работах отечественных и зарубежных специалистов, в том числе А. А. Афанасьева, А. К. Бессонова, А. А. Волкова, А. В. Гинзбурга, А. А. Гусакова, Е. В. Гусева, М. Д. Дворнина, В. М. Челноковой, А. Б. Гуревич, С. А. Ершовой, Т. Н. Орловской, С. А. Болотина, А. А. Руденко, Л. Б. Зеленцова, А. К. Шрейбер, D. Jato-Espino, K. Jones, L. Lassad, W. Liu, P. Mitropoulos, S. Mubarak, Q. Shen, E. K. Zavadskas и др.

Данные исследования охватывали широкий спектр вопросов, включая оптимизацию

строительных процессов, использование современных цифровых технологий, а также повышение надежности в условиях мегаполисов.

Важным вкладом является работа Е. В. Гусева, который рассматривал повышение надежности управленческих решений в строительстве, выделяя значимость применения математических и компьютерных моделей для прогнозирования и анализа рисков на всех этапах реализации строительных проектов [1].

Другим значимым исследованием является работа С. А. Ершовой и Т. Н. Орловской, в которой рассматриваются вопросы дифференциации комплексной застройки мегаполиса с особым акцентом на жилищное строительство и обеспеченность объектами образования. В этой работе подчеркивается важность интегрированных подходов к планированию и строительству на уровне города [2].

Зарубежными учеными также рассматривались процессы моделирования надежности в строительстве. Например, в работе Х. Chen и соавторов представлены модели готовности и инструментария самодиагностики для реализации цифровых технологий в строительных организациях, а также исследовалась проблема технологической надежности и эффективности процессов на основе цифровизации [11]. В свою очередь, А. К. Singh [16] обосновал применение стратегических дорожных карт для решения проблем внедрения блокчейн-технологий в строительство, что также затрагивает вопросы технологической надежности в условиях цифровой трансформации строительной отрасли.

В данном исследовании авторами статьи в качестве критерия оценки эффективности производственного процесса использована категория «организационно-технологическая надежность». Поставлена задача проанализировать и выбрать факторы, влияющие на ОТН [5]. При этом ее основным пока-

зателем принята «продолжительность» ИСП (инвестиционно-строительного проекта), что представлено в виде показателя $P_{\text{вып. пр}}$ (вероятности выполнения проекта в срок). Этот показатель и является Y (зависимой переменной) в уравнении регрессии. Исходя из степени влияния на Y требовалось определить четыре наиболее значимых фактора. Для каждого из этих факторов и Y разрабатывалась метрика.

Результаты

Для построения уравнения регрессии были первоначально отобраны 26 факторов, которые могут влиять на переменную Y . В последующем эти факторы были проанализированы и проранжированы методом экспертной оценки. В результате выборка включала уже 15 факторов, в том числе и наиболее значимых (табл. 1). Наиболее существенными факторами являются:

- № 1 — безотказная работа машин и механизмов ($P_{\text{мм}} = 0,061$);
- № 2 — безотказная работа системы электроснабжения и электрооборудования ($P_{\text{ээ}} = 0,059$);
- № 12 — своевременность поставки строительных материалов ($K_{\text{псм}} = 0,054$);
- № 15 — обеспеченность трудовыми ресурсами, в соответствии со штатным расписанием ($Z_{\text{отр}} = 0,6$).

Для оценки согласованности результатов экспертного опроса был применен коэффициент конкордации (W), вычисленный по формуле

$$W = \frac{12 \cdot 8866,5}{(6)^2 (15^3 - 15) - 6 \cdot 4} = 0,88. \quad (1)$$

Поскольку значение W больше 0,5, то это указывает на наличие консенсуса среди экспертов. Полученное значение 0,88 подтверждает высокую степень согласованности.

Кроме того, уровень согласия оценивался с помощью коэффициента корреляции Пирсона по следующему уравнению:

$$X_p^2 = W \cdot m(n-1) = 0,88 \cdot 6(15-1) = 73,92,$$

Ранжирование факторов риска, влияющих на ОТН при комплексной застройке территории

№ п/п	Наименование факторов риска	Эксперты						Σ рангов	Вес фактора
		1	2	3	4	5	6		
1	Безотказная работа машин и механизмов	226	224	222	221	221	223	138	0,061
2	Безотказная работа системы электроснабжения и электрооборудования	220	223	225	223	222	119	132	0,059
3	Способы производства СМР	17	19	17	15	23	12	102	0,046
4	Уровень специализации и разделения СМР	14	17	19	18	14	15	97	0,043
5	Объем СМР	6	8	7	10	3	3	36	0,016
6	Наличие и уровень проектной и рабочей документации	4	1	9	11	8	1	34	0,015
7	Наличие производственных условий	8	6	10	7	4	6	40	0,018
8	Соблюдение требований безопасности	25	21	20	24	25	18	133	0,059
9	Качество материалов и конструкций	12	13	12	14	13	17	81	0,036
10	Финансовое обеспечение строительства	11	7	4	8	10	2	42	0,019
11	Трудовая дисциплина	3	4	8	6	9	11	41	0,018
12	Своевременность поставки строительных материалов	19	14	23	22	18	25	121	0,054
13	Скоординированность между заказчиком и подрядчиком	18	20	14	17	15	21	105	0,047
14	Качество выполнения работ	7	9	11	9	6	10	51	0,023
15	Обеспеченность квалифицированными трудовыми ресурсами	21	25	21	26	19	22	134	0,060

где m — количество исследований;

n — количество исследуемых факторов.

Расчитанный коэффициент Пирсона сравнивался с табличными значениями при $n-1 = 14$ степеням свободы и уровню значимости $\alpha = 0,05$.

Так как расчетное значение $X_p^2 = 73,92$, что больше табличного значения, равного 37,652, можно сделать вывод, что $W = 0,88$ является значимой величиной. Это свидетельствует о том, что полученные результаты важны и могут быть использованы для дальнейших исследований.

В результате после регрессионного анализа мы получили уравнение регрессии для n -го фактора, где Y — зависимая переменная ($P_{\text{вып. пр}}$);

x_1, x_2, x_n — независимые переменные (показатели факторов, которые могут повлиять на Y). Подставив конкретные факторы, получим $x_1 — Z_{\text{отр}}; x_2 — P_{\text{мм}}; x_3 — P_{\text{эз}}; x_n — K_{\text{псм}}$.

Таким образом, в окончательном виде уравнение регрессии получило следующий вид:

$$Y_1 = a + \beta_1 Z_{\text{отр}} + \beta_2 P_{\text{мм}} + \beta_3 P_{\text{эз}} + \beta_4 K_{\text{псм}}, \quad (2)$$

где $Z_{\text{отр}}$ — обеспеченность трудовыми ресурсами в соответствии со штатным расписанием (от 0 до 1);

$P_{\text{мм}}$ — вероятность безотказной работы машин и механизмов в заданное время (от 0 до 1):

$$P_{\text{мм}} = e^{-\lambda t}, \quad (3)$$

где λ — параметр интенсивности отказов (частота отказов техники в единицу времени);

t — заданное время.

$P_{\text{эз}}$ — вероятность безотказной работы системы электроснабжения и электрического оборудования в связи с большими нагрузками в системе электроснабжения (от 0 до 1):

$$P_{\text{эз}} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}, \quad (4)$$

где MTBF — среднее время между отказами;

MTTR — среднее время на восстановление после отказа;

$K_{\text{псм}}$ — коэффициент поставки строительных материалов (от 0 до 1);

β_1 — коэффициент, показывающий обеспеченность трудовыми ресурсами по штатному расписанию $Z_{\text{отр}}$;

β_2 — коэффициент для переменной $P_{\text{мм}}$, учитывающий безотказную работу машин и механизмов;

β_3 — коэффициент для $P_{\text{эз}}$, учитывающий безотказную работу системы электроснабжения и электрооборудования;

β_4 — коэффициент для $K_{\text{псм}}$, учитывающий эффект влияния поставок строительных материалов.

На основании результатов исследования была сформирована информационная модель оценки ОТН с учетом ресурсоснабжения, обеспечивающая анализ и прогнозирование производственного процесса с учетом рисков поставок ресурсов. Основная цель данной модели — минимизировать ошибки и оптимизировать сложные процессы разработки за счет своевременного выявления ограничений, связанных с ресурсами и организационно-техническими условиями.

Информационная модель ОТН представляет собой систему сбора, обработки и анализа данных, описывающую риски обеспечения ресурсами и организационно-технологические условия, сочетания данных о ресурсах, плановых и фактических показателях производства, технических и нормативных границах.

Основные параметры модели будут включать такие показатели, как текущая потребность в ресурсах ($P_{\text{рес}}$), уровень обеспечения ресурсами ($Y_{\text{рес}}$), своевременность выполнения процессов ($C_{\text{пр}}$) и имеющиеся ограничения в системе (O_c).

Эти показатели используются для оценки эффективности управления комплексной застройкой $\text{ЭУ}_{\text{кз}}$ по формуле

$$\text{ЭУ}_{\text{кз}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{пр}} \cdot P_{\text{рес}} \cdot Y_{\text{рес}} \cdot O_c. \quad (5)$$

В качестве компонентов информационной модели ОТН с учетом ресурсоснабжения предлагаются следующие элементы:

1. Входные данные: потребности в ресурсах (материалах, оборудовании, персонале), текущий статус работ (плановый/факт), организационно-нормативный статус, дата и количество ресурсов.

2. Ключевые показатели: $P_{\text{рес}}$; $Y_{\text{рес}}$; $C_{\text{пр}}$; O_c .

3. Анализ данных:

- прогнозирование недостатка ресурсов на основе исторических данных;

- оценка влияния текущих ограничений O_c на сроки и качество выполнения работ;

- автоматизированное сравнение фактических и плановых графиков выполнения процессов;

4. Система управления данными:

- хранилище данных (БД с интеграцией ВМ-моделей);

- средства визуализации данных (графики, таблицы, дашборды);

- инструменты связи между участниками (онлайн-платформы).

Алгоритм управления ОТН предлагается сформировать из следующих этапов:

- Этап 1. Сбор данных: фиксируются текущие ограничения, потребности и плановые показатели;

- Этап 2. Оценка эффективности управления комплексной застройкой $\text{ЭУ}_{\text{кз}}$:

$$\text{ЭУ}_{\text{кз}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{пр}} \cdot P_{\text{рес}} \cdot Y_{\text{рес}} \cdot O_c; \quad (6)$$

- Этап 3. Определение рисков: выявляются ключевые факторы, приводящие к отклонениям (формируется таблица ограничений);

- Этап 4. Разработка корректирующих действий: перераспределение ресурсов, изменение сроков поставки ресурсов, замена материалов и технологий.

Кроме того, предполагается использовать такие организационные инструменты, как правила и директивы для всех участников (поставщиков, подрядчиков, заказчиков), подробные соглашения об

ограничениях, точках контроля и системах оповещения.

Риски, связанные с управлением ресурсами, можно разделить на несколько категорий. К системным рискам относятся приемка работ, технические трудности, задержки финансирования и т. д. К техническим рискам относятся выход из строя оборудования и использование материалов, не соответствующих требованиям. Регуляторные риски включают угрозы безопасности и регулирование со стороны контролирующих органов.

Обсуждение

Проведенное моделирование, оценка применения полученных результатов на 10 объектах строительства позволили выявить зависимости и интерпретировать результаты Y -уравнения регрессии.

Значение Y в уравнении регрессии находится в диапазоне от 0 до 1. При значении «0» риски отсутствуют и проект будет завершен в запланированный срок. Значение «1» укажет, что неблагоприятное событие свершится, и проект не будет завершен вовремя, а значение 0,5 будет указывать на равные возможности успешного завершения или незавершения ИСП в срок.

Более подробная интерпретация значений Y с соответствующими характеристиками представлена в табл. 2. На основе полученного значения Y мы можем оценивать, насколько вероятно завершение проекта в срок. Диаграмма интервальных значений воздействия факторов с учетом интерваль-

ных значений, влияющих на показатель Y , показана на рисунке.

Интеграция проектов по строительству объектов при комплексной застройке территории осуществляется через информационную платформу. Платформа сочетает возможности BIM-технологии визуализации строительного процесса с возможностями специализированного программного обеспечения для условного контроля, например, MS Project и Primavera. Автоматизация процессов позволит получать быстрые уведомления о превышении предельно допустимых значений ключевых показателей, таких как $P_{рес}$, $Y_{рес}$, $C_{пр}$, а также моделировать альтернативные управленческие решения с помощью сценарного анализа.

Используемая модель позволит уменьшить количество ошибок, оптимизировать рабочее время и повысить эффективность производственного процесса. Своевременная корректировка ограничений и динамическая корректировка плана комплексного строительства позволят исключить простои, сохранить непрерывность строительных работ и снизить влияние рисков на ИСП по комплексной застройке.

Вывод

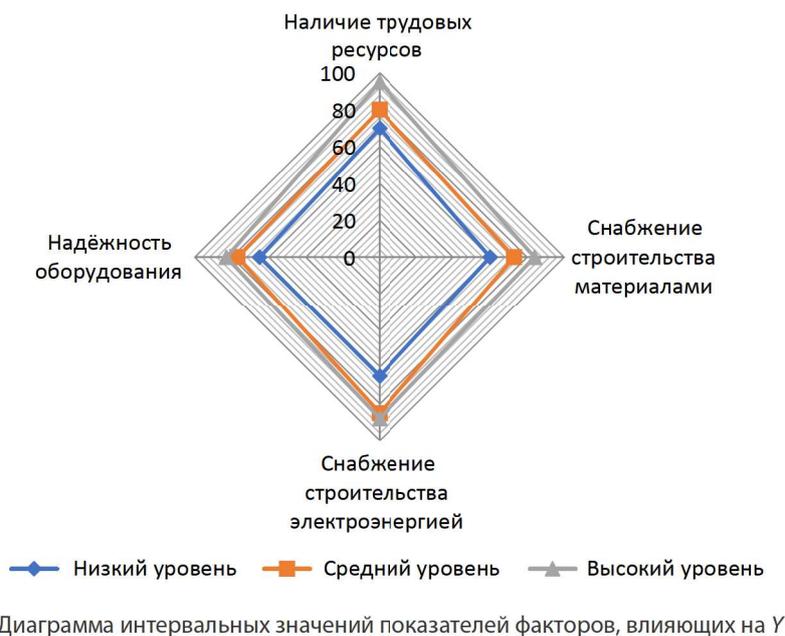
Результаты проведенного исследования позволяют утверждать, что наиболее важным условием обеспечения ОТН при комплексной застройке является наличие материалов, оборудования и трудовых резервов.

Регрессионный анализ с учетом влияния различных факторов позволяет более точно

Таблица 2

Интерпретация значений Y для реализуемого проекта

Значение Y (вероятность)	Характеристика проекта
0,0–0,2	Очень высокая вероятность завершения проекта в срок
0,21–0,4	Незначительный риск задержки сроков окончания проекта
0,41–0,6	Умеренный, допустимый риск
0,61–0,8	Высокий риск незавершения проекта в срок
0,81–1,0	Очень высокий риск незавершения проекта в срок или его незавершение вообще



спрогнозировать результат, учитывать неблагоприятные факторы и предусмотреть минимизацию рисков.

Построив интервальные значения матричных факторов, влияющих на Y, ранжированы наиболее значимые, представленные в уравнении регрессии (2) (см. табл.1):

1. Безотказная работа машин и механизмов ($P_{\text{мм}} = 0,061$);

2. Безотказная работа системы электроснабжения и электрооборудования ($P_{\text{эз}} = 0,059$);

3. Обеспеченность квалифицированными трудовыми ресурсами в соответствии со штатным расписанием ($Z_{\text{отр}} = 0,6$);

4. Своевременность поставок строительных материалов ($K_{\text{псм}} = 0,054$).

Разработанная информационная модель обеспечения ОТН при застройке и восстановлении территории (уравнение (5)) позволяет предусмотреть различные сценарии реализации строительного процесса с учетом таких условий, как ресурсное обеспечение, затраты и соблюдение сроков ИСП. Модель основана на аналитических данных, учитывающих взаимосвязь между объемом ресурсов, их доступ-

ностью, ограничениями в системе и продолжительностью ИСП.

Регрессионный анализ и информационная модель, учитывающие укомплектование персоналом, вероятность безотказной работы оборудования, индикаторы неисправностей электрооборудования и своевременность обеспечения строительными материалами, позволят более точно прогнозировать вероятность успешного завершения ИСП по комплексной застройке.

Библиографический список

1. Гусев Е. В. Некоторые аспекты повышения надежности управленческих решений в строительстве // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2020. Т. 20, № 3. С. 123–128.

2. Еришова С. А., Орловская Т. Н. Исследование феномена дифференциации комплексной застройки мегаполиса: жилищное строительство и обеспеченность объектами образования // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 2(79). С. 221–229.

3. Белов Д. Б., Игнатъев А. А., Соловьев С. И. Проблема погрешности измерений при коммерческом учете ресурса (на примере поставки природного газа) // Методы оценки соответствия. 2012. № 9. С. 20–24.

4. Еловой И. А., Лебедева И. А. Интегрированные логистические системы доставки ресурсов: (теория,

методология, организация). Минск: Право и экономика, 2017. 467 с.

5. Герцберг Л. Я. Ретроспективный анализ и оценка факторов, влияющих на состав и содержание социально-экономических обоснований документов территориального планирования // *Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2018 году*. 2019. С. 243–251.

6. Яськова Н. Ю. Вызовы нового десятилетия и переосмысление действующих подходов к развитию недвижимости (по материалам Гайдаровского форума – 2020) // *Недвижимость: экономика, управление*. 2020. № 1. С. 6–9.

7. Сокольников В. В. Декомпозиция проблемы обеспечения организационно-технологической надежности строительства на основе классификации определений понятийного поля «организация строительства» // *Вестник гражданских инженеров*. 2019. № 3 (74). С. 87–93.

8. Falah Khalaf Ali Alrubaie. The identity of the economic system in Iraq between the rentier state and the developmental state February 2021 *Future Journal of Pharmaceutical Sciences* 484 (2019). Pp. 12–38.

9. Garrison Noah and Horowitz Kara. Looking Up: How Green Roofs and Cool Roofs Can Reduce Energy Use, Address Climate Change, and Protect Water Resources in Southern California. Natural Resources Defense Council (NRDC) Report, Emmett Center on Climate Change and the Environment, UCLA School of Law, USA. 2012. 210 p.

10. Калугин Ю. Б., Романов Р. С. Особенности оптимизации поточной организации работ с вероятностными временными параметрами // *Петербургская школа поточной организации строительства: материалы II Междунар. науч.-практ. конф., посв. 100-летию со дня рождения проф. В. А. Афанасьева*. Санкт-Петербург, 21–22 февраля 2023 г. СПб.: СПбГАСУ, 2023. С. 6–11.

11. Chen X., et al. Developing a readiness model and a self-assessment tool for adopting digital technologies in construction organizations // *Building Research & Information*. 2023. Vol. 51, № 3. Pp. 241–256.

12. Побегайлов О. А., Аль-Мсари А. Организационно-технологическая надежность строительства в Ираке // *Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ»*. 2023. Т. 20, №. 3. С. 388–395.

13. Сокольников В. В. Математическая постановка задачи моделирования поточной организации работ в строительстве // *Вестник МГСУ*. 2020. Т. 15, №. 3. С. 443–451.

14. Наркевич М. Ю. и др. Интеллектуальная система принятия решений при оценке качества зданий и сооружений на опасных производственных объектах: определение траектории движения беспилотного летательного аппарата // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова*. 2022. Т. 20, №. 1. С. 50–60.

15. Kagan P. Theory and practice of organizational and technological design in construction // *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences. 2023. Vol. 389. P. 06013.

16. Singh A. K. A strategic roadmap to overcome blockchain technology barriers for sustainable construction: A deep learning-based dual-stage SEM–ANN approach // *Technological Forecasting and Social Change*. 2023. Vol. 194. Pp. 122–136.

17. Wang K., et al. Investigating the role of artificial intelligence technologies in the construction industry using a Delphi-ANP-TOPSIS hybrid MCDM concept under a fuzzy environment // *Sustainability*. 2023. Vol. 15, № 15. Pp. 118–148.

18. Jiang Z., Xu C. Disrupting the technology innovation efficiency of manufacturing enterprises through digital technology promotion: an evidence of 5G technology construction in China // *IEEE Transactions on Engineering Management*. 2023.

References

1. Gusev E. V. *Nekotorye aspekty povysheniya nadezhnosti upravlencheskikh resheniy v stroitel'stve* [Some aspects of improving the reliability of management decisions in construction]. *Vestnik YuUrGU. Seriya «Komp'yuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika» – Bulletin of South Ural State University. Series «Computer Technologies, Management, Radio-Electronics»*, 2020, vol. 20, no. 3, pp. 123–128.

2. Ershova S. A., Orlovskaya T. N. *Issledovanie fenomena differentsiatsii kompleksnoy zastroyki megapolisa: zhilishchnoe stroitel'stvo i obespechennost' ob'ektami obrazovaniya* [Investigation of the phenomenon of differentiation of complex development of megalopolis: housing construction and provision with educational facilities]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 2 (79), pp. 221–229.

3. Belov D. B., Ignat'ev A. A., Solov'ev S. I. *Problema pogreshnosti izmereniy pri kommercheskom uchete resursa (na primere postavki prirodnogo gaza)* [Problem of measurement error in commercial resource accounting (by the example of natural gas supply)]. *Metody otsenki sootvetstviya – Methods of conformity assessment*, 2012, no. 9, pp. 20–24.

4. Elovoy I. A., Lebedeva I. A. *Integrirrovannyye logisticheskiye sistemy dostavki resursov: teoriya, metodologiya*,

organizatsiya [Integrated logistic systems of resource delivery: theory, methodology, organization]. Minsk, Pravo i ekonomika Publ., 2017, 467 p.

5. Gertsberg L. Ya. *Retrospektivniy analiz i otsenka faktorov, vliyayushchikh na sostav i sodержanie sotsial'no-ekonomicheskikh obosnovaniy dokumentov territorial'nogo planirovaniya* [Retrospective analysis and assessment of factors influencing the composition and content of socio-economic justifications of territorial planning documents]. *Fundamental'nye, poiskovye i prikladnye issledovaniya Rossiyskoy akademii arkhitektury i stroitel'nykh nauk po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noy otrasli Rossiyskoy Federatsii v 2018 godu* [Fundamental, search and applied research of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences on scientific support for the development of architecture, urban planning and construction industry of the Russian Federation in 2018]. 2019, pp. 243–251.

6. Yas'kova N. Yu. *Vyzovy novogo desyatiletiya i pereosmyslenie deystvuyushchikh podkhodov k razvitiyu nedvizhimosti (Trudy Gaydarovskogo foruma – 2020)* [Challenges of the new decade and rethinking the current approaches to real estate development (Proceedings of the Gaidar Forum – 2020)]. *Nedvizhimost': ekonomika, upravlenie – Real estate: economics, management*, 2020, no. 1, pp. 6–9.

7. Sokol'nikov V. V. *Dekompozitsiya problemy obespecheniya organizatsionno-tekhnologicheskoy nadezhnosti stroitel'stva na osnove klassifikatsii opredeleniy ponyatiynogo polya «organizatsiya stroitel'stva»* [Decomposition of the problem of ensuring organizational and technological reliability of construction on the basis of classification of definitions of the conceptual field “Organization of Construction”]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 3 (74), pp. 87–93.

8. Falah Khalaf Ali Alrubaie. The identity of the economic system in Iraq between the rentier state and the developmental state *Future Journal of Pharmaceutical Sciences* 484 (2019), February 2021, pp. 12–38.

9. Garrison Noah and Horowitz Kara. Looking Up: How Green Roofs and Cool Roofs Can Reduce Energy Use, Address Climate Change, and Protect Water Resources in Southern California. *Natural Resources Defense Council (NRDC) Report, Emmett Center on Climate Change and the Environment*, UCLA School of Law, USA, 2012, 210 p.

10. Kalugin Yu. B., Romanov R. S. *Osobennosti optimizatsii potochnoy organizatsii rabot s veroyatnostnymi vremennymi parametrami* [Features of optimization of flow organization of works with probabilistic time parameters]. *Peterburgskaya shkola potochnoy organizatsii stroitel'stva. Trudy II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya Professora Viktora Alekseevicha Afanas'eva. Sankt-Peterburg, 21–22 fevralya 2023 g.* [Petersburg school of

stream organization of construction. Proceedings of the 2-nd International sci.-pract. conf. devoted to 100-anniversary from the date of birth of Professor Victor A. Afanasyev, St. Petersburg, February 21–22, 2023]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2023, pp. 6–11.

11. Chen X., et al. Developing a readiness model and a self-assessment tool for adopting digital technologies in construction organizations. *Building Research and Information*, 2023, vol. 51, no. 3, pp. 241–256.

12. Pobegaylov O. A., Al'-Msari A. *Organizatsionno-tekhnologicheskaya nadezhnost' stroitel'stva v Irake* [Organizational and technological reliability of construction in Iraq]. *Nauchniy retsenziruemyy zhurnal «Vestnik SibADI» – Scientific peer-reviewed journal “Bulletin of SibADI”*, 2023, vol. 20, no. 3, pp. 388–395.

13. Sokol'nikov V. V. *Matematicheskaya postanovka zadachi modelirovaniya potochnoy organizatsii rabot v stroitel'stve* [Mathematical formulation of the task of modeling the flow organization of work in construction]. *Vestnik MGSU – Bulletin of MSCU*, 2020, vol. 15, no. 3, pp. 443–451.

14. Narkevich M. Yu., et al. *Intellektual'naya sistema prinyatiya resheniy pri otsenke kachestva zdaniy i sooruzheniy na opasnykh proizvodstvennykh ob'ektakh: opredelenie traektorii dvizheniya bespilotnogo letatel'nogo apparata* [Intellectual system of decision-making in the quality assessment of buildings and structures at hazardous production facilities: determination of the trajectory of the unmanned aerial vehicle]. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G. I. Nosova – Bulletin of G. I. Nosov Magnitogorsk State Technical University*, 2022, vol. 20, no. 1, pp. 50–60.

15. Kagan P. Theory and practice of organizational and technological design in construction. *E3S Web of Conferences. EDP Sciences*, 2023, vol. 389, p. 06013.

16. Singh A. K. A strategic roadmap to overcome block chain technology barriers for sustainable construction: A deep learning-based dual-stage SEM-ANN approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 2023, vol. 194, pp. 122–136.

17. Wang K., et al. Investigating the role of artificial intelligence technologies in the construction industry using a Delphi-ANP-TOPSIS hybrid MCDM concept under a fuzzy environment. *Sustainability*, 2023, vol. 15, no. 15, pp. 118–148.

18. Jiang Z., Xu C. Disrupting the technology innovation efficiency of manufacturing enterprises through digital technology promotion: an evidence of 5G technology construction in China. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2023.