

Научная статья
УДК 69.05
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-120-133>
EDN: LNJLER



МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАСТРОЙКИ С УЧЕТОМ РИСКОВ РЕСУРСОБЕСПЕЧЕНИЯ

Аль-Мсари Ахмед Абдул Руда Ауда ✉, А. А. Руденко

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия

✉ ahmed4_33@rambler

✉ ответственный автор

АННОТАЦИЯ

Введение. В настоящий момент ресурсы строительного проекта (СП) ограничены, поэтому основными задачами управления ресурсным обеспечением строительного производства (РОСП) являются оптимальное планирование ресурсов и управление логистикой. Это включает в себя управление закупками ресурсов, снабжение, управление запасами и распределение ресурсов по видам строительного-монтажных работ (СМР).

Материалы и методы. Для системного анализа функционирования строительного проекта выделяют организационно-технологические подсистемы, которые оказывают наибольшее влияние на качество и надёжность строительных систем. К ним относятся календарное планирование строительства, ресурсное обеспечение строительства и сметные расчёты, определяющие стоимостные характеристики строительного производства.

Научная новизна. В качестве критерия определения эффективности строительного процесса в статье предлагается использовать организационно-технологическую надёжность комплексной застройки с учетом ресурсообеспечения. В статье исследованы факторы, влияющие на этот критерий, а также определены показатели факторов и интервальные значения оценки рисков ОТН. Получены значения показателя ОТН, являющиеся вероятностью выполнения проекта в установленный срок, дополнена классификация факторов, влияющих на ОТН.

Результаты. Подрядные организации и застройщики обеспечивают объекты строительства всеми необходимыми ресурсами согласно технологической последовательности производства СМР, установленным календарным планам и графикам строительства. Организация комплектных поставок ресурсов через предприятия и подразделения производственно-технологической комплектации, а также производственно-комплектовочные базы будет предусматривать перераспределение необходимых ресурсов для выполнения производственной программы между объектами строительства комплексной застройки. Новизна исследования состоит в моделировании организационно-технологической надёжности комплексной застройки с учетом рисков ресурсообеспечения.

Обсуждение и заключение. Для обеспечения успешного ресурсообеспечения необходимо учитывать риски и осуществлять учет в рамках информационного программирования организационно-технологической надёжности технологических процессов работ строительного проекта с учетом конкретных условий и факторов реализации проекта комплексной застройки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: риски ресурсообеспечения, организационно-технологическая надёжность, комплексная застройка, информационное программирование, строительный проект

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

БЛАГОДАРНОСТИ: авторы выражают благодарность рецензентам статьи за проделанную работу.

Статья поступила в редакцию 02.12.2023; одобрена после рецензирования 06.02.2024; принята к публикации 20.02.2024.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

© Аль-Мсари Ахмед Абдул Руда Ауда, Руденко А.А., 2024



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

Для цитирования: Аль-Мсари Ахмед Абдул Руда Ауда, Руденко А. А. Моделирование организационно-технологической надежности комплексной застройки с учетом рисков ресурсообеспечения // Вестник СибАДИ. 2024. Т. 21, № 1. С. 120-133. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-120-133>

Origin article

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-120-133>

EDN: LNJLER

ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF COMPLEX BUILDINGS WITH RESOURCE SUPPLY RISKS MODELLING

Al-Msari Ahmed Abdul Ruda Awda ✉, **Aleksandr A. Rudenko**
St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
Saint Petersburg, Russia
✉ ahmed4_33@rambler.ru
✉ *corresponding author*

ABSTRACT

Introduction. In recent days, the resources of a construction project (CP) are limited; therefore, the main tasks of managing the resource supply of construction production (RSCP) are optimal planning of resources and management of material and technical support. This includes managing the resources, supply, inventory management and distribution of resources by type of construction and installation work (CIW).

Materials and methods. For a systematic analysis of the functioning of a construction project, organizational and technological subsystems are identified that have the greatest impact on the quality and reliability of construction systems. These include construction scheduling, resource support for construction and estimates that determine the cost characteristics of construction production.

Scientific novelty. As a criterion for determining the effectiveness of the construction process, the article proposes to use the organizational and technological reliability (OTR) of complex development, taking into account resource supply. The article examines the factors influencing this criterion, as well as determines the indicators of factors and the interval values of the risk assessment of OTR. The values of the OTR indicator are obtained, which is the probability of completing the project on time, and the classification of factors affecting OTR is supplemented.

Results. Contractors and developers provide construction facilities with all necessary resources according to the technological sequence of production of the CIW, established calendar plans and construction schedules. The organisation of complete supplies of resources through enterprises and divisions of production and technological equipment, as well as production and acquisition bases will provide for the redistribution of necessary resources to fulfill the production program between the construction sites of complex development. The novelty of the study lies in the modelling of the organizational and technological reliability of complex development, taking into account the risks of resource supply.

Discussion and conclusion. To ensure successful resource provision, it is necessary to take into account the risks and take into account, within the framework of information programming, the organizational and technological reliability of the technological processes of the construction project, taking into account the specific conditions and factors of the implementation of the integrated development project.

KEYWORDS: resource supply risks, organizational and technological reliability, integrated development, information programming, construction project

CONFLICT OF INTERESTS: The authors declare no conflict of interest.

ACKNOWLEDGMENT: the authors express their gratitude to the reviewers of the article for the work done.

The article was submitted 02.12.2023; approved after reviewing 06.02.2024; accepted for publication 20.02.2024.

The authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

© Al-Msari Ahmed Abdul Ruda Awda, Rudenko A.A., 2024



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

For citation. Al-Msari Ahmed Abdul Ruda Awda, Rudenko A.A. Organizational and technological reliability of complex buildings with recourse supply risks modelling. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal.* 2024; 21 (1): 120-133. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-1-120-133>

ВВЕДЕНИЕ

Средства и меры интенсификации поставок ресурсов включают совершенствование форм и методов снабжения и комплектации объектов, рациональное сочетание принципов в управлении поставками, определение потребности и планирование поставок ресурсов, переход к оптимальным методам и управление производственными запасами.

Термин «организационно-технологическая надежность» в строительстве и инструментарий его оценки были предложены А.А. Гусаковым в 1974 г. и являются действительно многогранными¹. При этом оценка организационно-технологической надежности функционирования СП может базироваться на статистических данных объектов-аналогов, а также на

продолжительности работ в календарном плане и по графикам обеспеченности ресурсами.

Разработка автоматизированного учета данных по объектам-аналогам позволяет системотехнически оценить взаимосвязь разнообразной информации по организационно-технологическим задачам реализации СП [1, 2, 3].

На каждом этапе строительства основные характеристики функционирования СП подвергаются случайным, вероятностным воздействиям, имеющим существенное влияние на стабильность достижения целей системы. Только комплексный системотехнический подход позволяет достоверно оценить надежность строительства².

Таблица 1
Значимые факторы ресурсообеспечения строительства
Источник: составлено авторами.

Table 1
Significant factors in resource supply for construction
Source: compiled by the authors.

№ п.п.	Виды ресурсов				
	Трудовые	Информационные	Материальные	Финансовые	Интеллектуальные
1	Наличие персонала (a1)	Используемая технология (b1)	Наличие необходимого оборудования (c1)	Своевременное кредитование строительства (d1)	Договора на использование интеллектуальной собственности (e1)
2	Внутренние программы обучения персонала (a2)	Внедрение новых технологических решений (b2)	Электроэнергия требуемых параметров (c2)	Своевременные выплаты по обязательствам организации (d2)	Доверие к организации у клиентов, контрагентов (e2)
3	Уровень компетентности персонала (a3)	Устойчивость работы программного обеспечения (b3)	Вода требуемых параметров (c3)	Своевременное проведение расчетно-кассовых операций (d3)	Согласованность строительства с органами власти (e3)
4	Уровень мотивированности персонала на работу и отсутствие увольнений (a4)	Устойчивость работы оборудования (ПК, серверное оборудование, средства связи) (b4)	Наличие топлива для технического оборудования (c4)	Валютные финансовые контракты (d4)	Устойчивость бизнес-ситуации в отрасли (e4)
5	Надлежащее исполнение сотрудниками своих должностных обязанностей (a5)	Защищенность закрытой информации (b5)	Поставка строительных материалов (c5)	Валютные финансовые вложения (d5)	Поддержка строительства в случае форс-мажорных рисков (e5)

¹ Гусаков А.А. Организационно-технологическая надежность строительного производства (в условиях автоматизированных систем проектирования). М.: Стройиздат, 1974. 252 с.

² Александровская Ю.П. Информационные технологии статистического анализа данных: учебно-методическое пособие. Казань: КНИТУ, 2019. 180 с.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Многокритериальные задачи, включающие дискуссионные вопросы в практике научных исследований, часто решаются с использованием метода экспертных оценок [4, 5]. Данный метод предполагает экспертное сравнение ряда параметров. Оценка эффективности факторов ресурсоснабжения, влияющих на ОТН, осуществляется на основе результатов экспертного заключения, сформированного путём выставления балльных оценок по параметрам результативной и затратной составляющих, эффективности ресурсоснабжения с учётом значимости рассматриваемых факторов. Таким образом, возможно произвести количественную (квалиметрическую) оценку значимости каждого фактора. В экспертной

оценке принимали участие пять экспертов – сотрудников и руководителей строительных организаций.

На основании выполненного исследования факторов были определены наиболее значимые по каждому виду рассматриваемых ресурсов, что и было представлено в таблице 1

При рассмотрении интервальных значений по каждому фактору необходимо установить пределы изменения по шкале желательности³. Если проводится сравнение ресурсообеспечения на разных предприятиях, то для каждого показателя нужно установить допустимый норматив (таблица 2). В данном случае рассматривается общая динамика изменения ресурсообеспечения на одном предприятии [6].

Таблица 2
Матрица соответствия показателей эффективности шкале функции желательности Харрингтона
Источник: составлено авторами.

Table 2
Correspondence matrix of performance indicators to the Harrington desirability function scale
Source: compiled by the authors

Фактор	Пределы по шкале желательности.				
	1,00..0,80	0,80..0,63	0,63..0,37	0,37..0,20	0,20..0,00
	Очень хорошо	Хорошо	Средне	Плохо	Очень плохо
А) Трудовые ресурсы					
а1 – наличие персонала	100–90%	90–80%	80–70%	70–60%	60–50%
а2 – внутренние программы обучения персонала	По данному параметру за лучшее значение принимаются максимальные затраты на обучение персонала в течение рассматриваемого периода				
	1000–900	900–800	800–700	700–600	600–500
а3 – уровень компетентности персонала	Более 33% работников ежегодно прошли подготовку	От 28 до 33% работников ежегодно прошли подготовку	От 23 до 28% работников ежегодно прошли подготовку	От 18 до 23% работников ежегодно прошли подготовку	От 13 до 18% работников ежегодно прошли подготовку
а4 – уровень мотивированности персонала на работу и отсутствие увольнений	Оцениваем по количеству увольнений за год в %				
	0–10	10–20	20–30	30–40	40–50
а5 – надлежащее исполнение сотрудниками своих должностных обязанностей	По данному параметру оценку проводим по коэффициенту частоты травматизма на строительстве				
	0–0,2	0,2–0,4	0,4–0,6	0,6–0,8	0,8–1,0

³ Алесинская Т. В. Основы логистики. Функциональные области логистического управления. М.: Академия, 2015. 325 с.

Продолжение Таблицы 2

Фактор	Пределы по шкале желательности.				
	1,00..0,80	0,80..0,63	0,63..0,37	0,37..0,20	0,20..0,00
	Очень хорошо	Хорошо	Средне	Плохо	Очень плохо
В) Информационные ресурсы					
Используемая технология (b1)	Оценивается по комплексному показателю качества выполненных работ в соответствии с ГОСТ Р ИСО серии 9000, адаптированном к условиям строительной отрасли				
	Более 0,91	0,91–0,88	0,87–0,82	0,82–0,78	Менее 0,78
Внедренные новых технологических решений (b2)	Оценка эффективности инноваций осуществляется на основе результатов экспертного оценивания путём выставления балльных оценок по параметрам результативной и затратной составляющих эффективности инноваций с учётом их значимости. Таким образом, возможно произвести количественную (квалиметрическую) комплексную оценку эффективности инноваций по коэффициенту эффективности инноваций				
	Более 1,5	1,5–1	1–0,8	0,8–0,5	Менее 0,5
Устойчивость работы программного обеспечения (b3)	Оцениваем по вероятности вероятность безотказной работы ПО за заданное время				
	1–0,95	0,95–0,90	0,90–0,85	0,85–0,80	Менее 0,80
Устойчивость работы оборудования (ПК, серверное оборудование, средства связи) (b4)	Оцениваем по вероятности вероятность безотказной работы оборудования за заданное время				
	1–0,95	0,95–0,90	0,90–0,85	0,85–0,80	Менее 0,80
Защищенность закрытой информации (b5)	Оцениваем по уязвимости хоста				
	Менее 0,80	0,85–0,80	0,90–0,85	0,95–0,90	1–0,95
С) Материальные ресурсы					
Наличие необходимого оборудования (c1)	100–95%	95–90%	90–85%	85–80%	Менее 80%
Электроэнергия требуемых параметров (c2)	Основными параметрами оценки надежности системы электроснабжения являются вероятность безотказной работы P				
	100–95%	95–90%	90–85%	85–80%	Менее 80%
Вода требуемых параметров (c3)	Основными параметрами оценки надежности СПРВ являются вероятность безотказной работы P				
	100–95%	95–90%	90–85%	85–80%	Менее 80%
Наличие топлива для технического оборудования (c4)	100–95%	95–90%	90–85%	85–80%	Менее 80%
Поставка строительных материалов (c5)	100–95%	95–90%	90–85%	85–80%	Менее 80%
Д) Финансовые ресурсы					
Своевременное кредитование строительства (d1)	100–95%	95–90%	90–85%	85–80%	Менее 80%
Своевременные выплаты по обязательствам организации (d2)	100–95%	95–90%	90–85%	85–80%	Менее 80%
Своевременное проведении расчетно-кассовых операций (d3)	100–95%	95–90%	90–85%	85–80%	Менее 80%
Валютные финансовые контракты (d4)	Оцениваем по стабильности курса национальной валюты				
	100–95%	95–90%	90–85%	85–80%	Менее 80%
Валютные финансовые вложения (d5)	Оцениваем по уровню инфляции в год				
	Менее 1%	2–7%	8–14%	15–20%	Более 20%

Продолжение Таблицы 2

Фактор	Пределы по шкале желательности.				
	1,00..0,80	0,80..0,63	0,63..0,37	0,37..0,20	0,20..0,00
	Очень хорошо	Хорошо	Средне	Плохо	Очень плохо
Е) Интеллектуальные ресурсы					
Договора на использование интеллектуальной собственности (е1)	Оценка по интегральному (дисконтированному) доходу (Эитн, руб.) — разница между результатами и инновационными затратами за расчетный период, приведенная к одному (как правило, начальному) году, с учётом ставки дисконтирования				
	$\text{Эитн} = \sum_{i=1}^n (\text{Рез}_i - \text{З}_i) / \text{Кд}_i$ $\text{Кд}_i = 1 / (1 + \text{Сд})^i$				
	где Рез _i – результат за i-й год; З _i – инновационные затраты за i-й год; Кд _i – коэффициент дисконтирования; Сд – ставка дисконтирования (0 % ≤ Сд ≤ 15 %)				
	15%	12%	9%	6%	3%
Доверие к организации у клиентов, контрагентов (е2)	100–95%	95–90%	90–85%	85–80%	Менее 80%
Согласование строительства с органами власти (е3)	Сдача объекта в эксплуатацию	Согласование сопровождения строительства	Согласование проектной документации	Выполнение проектно-изыскательских работ	Подготовка исходной документации
Устойчивость бизнес-ситуации в отрасли (е4)	По данному параметру предлагается оценка режима функционирования хозяйственной системы по интегральному критерию Э				
	$\text{Э} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n(n-1)}$				
	где Э – оценка режима функционирования хозяйственной системы; n – число показателей в динамической модели устойчивости (нормативной модели); m – количество инверсий				
	1	0,8	0,6	0,4	Менее 0,2
Влияние принятых мер поддержки в сфере строительства [2]					
Поддержка строительства в случае форс-мажорных рисков (е5)	Введение льготной ипотечной программы	Меры по предоставлению доступных банковских кредитов	Мораторий на взыскание финансовых санкций	Мораторий на обращение в суд о приостановке деятельности застройщиков за нарушение сроков	Мораторий на взыскание убытков

Полученные интервальные значения определяют распределение факторов по видам ресурсов строительства.

В качестве критерия определения эффективности строительного процесса следует использовать в рамках данного исследования «организационно-технологическую надежность» [7]. Далее будут отобраны факторы, влияющие именно на этот критерий, а также будут определены показатели для оценки ОТН (которые будут численно определять-

ся и использоваться в формуле). Значение показателя ОТН во многих методиках представляет собой оценку вероятности выполнения проекта в установленный срок. Рвып.пр. (вероятность выполнения проекта) – Y (зависимая переменная), на основании которой будет выбираться множество факторов, а затем наиболее значимые 3 или 4 фактора. Для каждого из этих факторов, как и для Y, определяется показатель оценки каждого x. В итоге после регрессионного анализа получается уравне-

ние регрессии для n-го количества факторов, где Y – зависимая переменная (Rвып.пр.); x1, x2, xp – независимые переменные (показатели факторов, которые могут влиять на Y)⁴.

Для построения уравнения регрессии предлагается выбрать следующие факторы, влияющие на у: наличие трудовых ресурсов, программы обучения персонала, компетенция персонала, мотивация персонала, исполнение обязанностей, используемая технология, внедрение новых технологий, устойчивость работы, надёжность оборудования, защищённость информации, наличие необходимого оборудования, снабжение энергией, водой, топливом и материалами для строительства, своевременное кредитование строительства, своевременные выплаты по обязательствам организации, своевременное проведение расчётно-кассовых операций, валютно-финансовые контракты, валютно-финансовые вложения, договора на использование интеллектуальной собственности, доверие к организации у клиентов, контрагентов, согласование строительства с органами власти, устойчивость бизнес-ситуации в отрасли, поддержка строительства в случае форс-мажорных рисков.

Далее сгруппируем факторы по группам (классификационным признакам). В таблице 3 представлена дополненная классификация факторов, влияющих на ОТН.

Таблица 3
Дополненная классификация факторов, влияющих на ОТН
Источник: составлено авторами.

Table 3
Supplemented classification of factors influencing OTN
Source: compiled by the authors.

№п/п	Наименование факторов
Трудовые ресурсы	
1.1	a1 – наличие трудовых ресурсов
1.2	a2 – программы обучения персонала
1.3	a3 – компетенция персонала
1.4	a4 – мотивация персонала
1.5	a5 – исполнение обязанностей
Информационные ресурсы	

2.1	b1 – используемая технология
2.2	b2 – внедрение новых технологий
2.3	b3 – устойчивость работы ПО
2.4	b4 – надёжность оборудования
2.5	b5 – защищённость информации
3. Материальные ресурсы	
3.1	c1 – наличие необходимого оборудования
3.2	c2 – снабжение строительства электроэнергией
3.3	c3 – снабжение строительства водой
3.4	c4 – снабжение строительства топливом
3.5	c5 – снабжение строительства материалами
4. Финансовые ресурсы	
4.1	d1 – своевременное кредитование строительства
4.2	d2 – своевременные выплаты по обязательствам организации
4.3	d3 – своевременное проведении расчётно-кассовых операций
4.4	d4 – валютные финансовые контракты
4.5	d5 – валютные финансовые вложения
5. Интеллектуальные ресурсы	
5.1	e1 – договора на использование интеллектуальной собственности
5.2	e2 – доверие к организации у клиентов, контрагентов
5.3	e3 – согласование строительства с органами власти
5.4	e4 – устойчивость бизнес-ситуации в отрасли
5.5	e5 – поддержка строительства в случае форс-мажорных рисков

Методом экспертной оценки было осуществлено ранжирование указанных факторов и выбраны 4 фактора: a1 – наличие трудовых ресурсов; b4 – надёжность оборудования; c2 – снабжение строительства электроэнергией; c5 – снабжение строительства материалами [8, 9]⁵.

Интервальные значения показателей факторов матрицы, влияющих на Y, в группах, представлены в таблице 4.

⁴ Алешкин П. Bigdata в логистике – модный тренд, реальность или необходимость? Текст: электронный // Режим доступа: URL:https://logistics.ru/automation/news/big-data-v-logistike-modnyy-trend-realnost-ili-neobhodimost (дата обращения: 20.11.2023)

⁵ Kamwa, Ghada Mohamed Ismail (2015) "Green Architecture Systems in Sustainable Environmental Design" Doctoral Thesis, Department of Architecture, Faculty of Engineering, University of Baghdad, Iraq. 105 с.

Таблица 4

Интервальные значения показателей факторов матрицы, влияющих на Y
Источник: составлено авторами.

Table 4

Interval values of indicators of matrix factors influencing on Y
Source: compiled by the authors.

1. Затраты проекта	1.1. Низкий уровень	Сектор 1 a1 – наличие трудовых ресурсов [50–70%]; b4 – надёжность оборудования [менее 0,8]; c2 – снабжение строительства электроэнергией [менее 0,8]; c5 – снабжение строительства материалами [менее 0,8]	Сектор 4 a1 – наличие трудовых ресурсов [50–70%]; b4 – надёжность оборудования [менее 0,8]; c2 – снабжение строительства электроэнергией [менее 0,8]; c5 – снабжение строительства материалами [менее 0,8]	Сектор 7 a1 – наличие трудовых ресурсов [50–70%]; b4 – надёжность оборудования [менее 0,8]; c2 – снабжение строительства электроэнергией [менее 0,8]; c5 – снабжение строительства материалами [менее 0,8]
	1.2. Средний уровень	Сектор 2 a1 – наличие трудовых ресурсов [70–80]; b4 – надёжность оборудования [0,8–0,9]; c2 – снабжение строительства электроэнергией [0,8–0,9]; c5 – снабжение строительства материалами [0,8–0,9]	Сектор 5 a1 – наличие трудовых ресурсов [70–80]; b4 – надёжность оборудования [0,8–0,9]; c2 – снабжение строительства электроэнергией [0,8–0,9]; c5 – снабжение строительства материалами [0,8–0,9]	Сектор 8 a1 – наличие трудовых ресурсов [70–80]; b4 – надёжность оборудования [0,8–0,9]; c2 – снабжение строительства электроэнергией [0,8–0,9]; c5 – снабжение строительства материалами [0,8–0,9]
	1.3. Высокий уровень	Сектор 3 a1 – наличие трудовых ресурсов [80–100]; b4 – надёжность оборудования [0,9–1,00]; c2 – снабжение строительства электроэнергией [0,9–1,0]; c5 – снабжение строительства материалами [0,9–1,00]	Сектор 6 a1 – наличие трудовых ресурсов [80–100]; b4 – надёжность оборудования [0,9–1,00]; c2 – снабжение строительства электроэнергией [0,9–1,0]; c5 – снабжение строительства материалами [0,9–1,00]	Сектор 9 a1 – наличие трудовых ресурсов [80–100]; b4 – надёжность оборудования [0,9–1,00]; c2 – снабжение строительства электроэнергией [0,9–1,0]; c5 – снабжение строительства материалами [0,9–1,00]
		2.1. Краткосрочный	2.2. Среднесрочный	2.3. Долгосрочный
Продолжительность строительного проекта				

Далее проводится составление уравнения регрессии по каждому сектору (от 1 до 9). В результате получается 9 уравнений регрессии:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= a + \beta_1 \text{Зап}_{\text{шт.расп.1}} + \beta_2 P_{t1} + \beta_3 P_{\text{э}1} + \beta_4 K_{\text{пост.стр.мат.1}} \\
 Y_2 &= a + \beta_1 \text{Зап}_{\text{шт.расп.2}} + \beta_2 P_{t2} + \beta_3 P_{\text{э}2} + \beta_4 K_{\text{пост.стр.мат.2}} \\
 Y_3 &= a + \beta_1 \text{Зап}_{\text{шт.расп.3}} + \beta_2 P_{t3} + \beta_3 P_{\text{э}3} + \beta_4 K_{\text{пост.стр.мат.3}} \\
 Y_4 &= a + \beta_1 \text{Зап}_{\text{шт.расп.4}} + \beta_2 P_{t4} + \beta_3 P_{\text{э}4} + \beta_4 K_{\text{пост.стр.мат.4}} \\
 Y_5 &= a + \beta_1 \text{Зап}_{\text{шт.расп.5}} + \beta_2 P_{t5} + \beta_3 P_{\text{э}5} + \beta_4 K_{\text{пост.стр.мат.5}} \\
 Y_6 &= a + \beta_1 \text{Зап}_{\text{шт.расп.6}} + \beta_2 P_{t6} + \beta_3 P_{\text{э}6} + \beta_4 K_{\text{пост.стр.мат.6}} \\
 Y_7 &= a + \beta_1 \text{Зап}_{\text{шт.расп.7}} + \beta_2 P_{t7} + \beta_3 P_{\text{э}7} + \beta_4 K_{\text{пост.стр.мат.7}} \\
 Y_8 &= a + \beta_1 \text{Зап}_{\text{шт.расп.8}} + \beta_2 P_{t8} + \beta_3 P_{\text{э}8} + \beta_4 K_{\text{пост.стр.мат.8}} \\
 Y_9 &= a + \beta_1 \text{Зап}_{\text{шт.расп.9}} + \beta_2 P_{t9} + \beta_3 P_{\text{э}9} + \beta_4 K_{\text{пост.стр.мат.9}}
 \end{aligned}$$

Диаграмма интервальных значений показателей факторов матрицы, влияющих на Y, по секторам, представлена на рисунке.

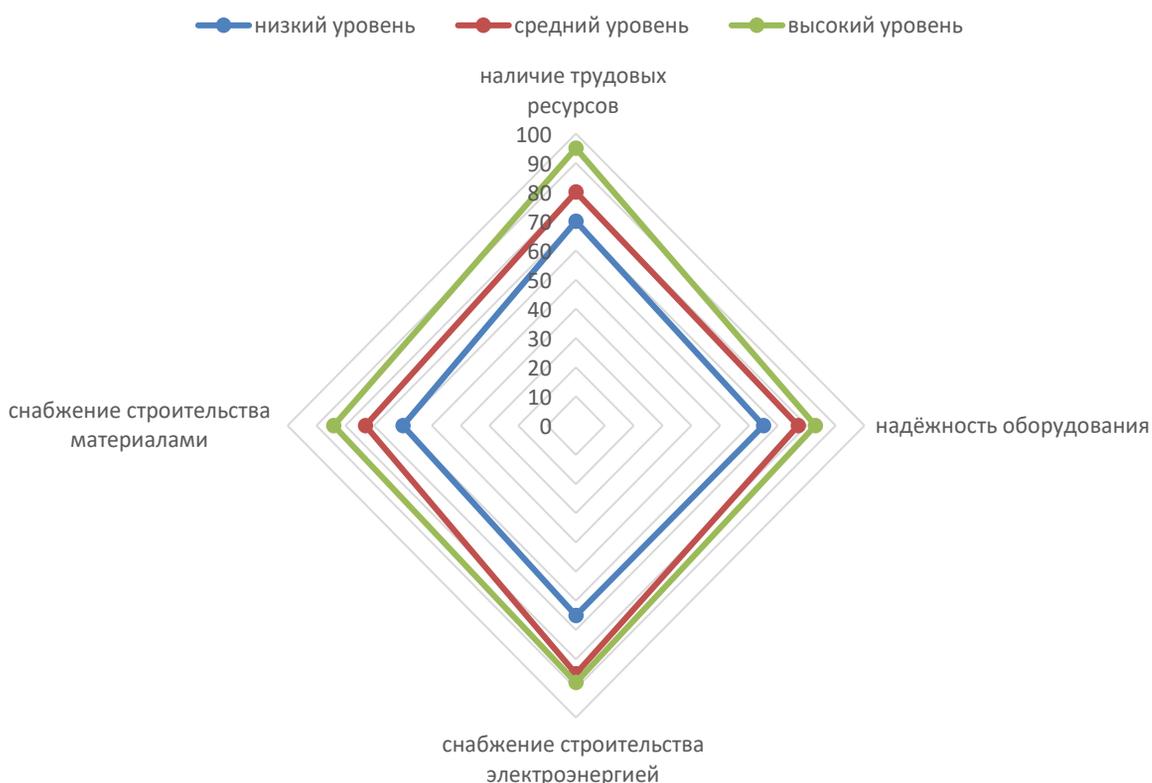


Рисунок – Диаграмма интервальных значений показателей факторов матрицы, влияющих на Y, по секторам
 Источник: составлено авторами.

Figure – Diagram of interval values of indicators of matrix factors influencing on Y, by sectors
 Source: compiled by the authors.

Таблица 5
Экспертная оценка рисков ОТН строительного проекта
Источник: составлено авторами.

Table 5
Expert assessment of the risks of OTN of a construction project
Source: compiled by the authors.

Вид риска		Средняя оценка	Приоритет	Вес риска	Средняя вероятность
1		2	3	4	5
Организационные решения					
P11	Риск изменения объемов комплексного потока	0,71	2	0,005	0,003
P12	Риск изменения объемов	0,68	2	0,003	0,002
P13	Риск изменения объемов операционного потока	0,61	1	0,004	0,002
P21	Риск изменения продолжительности комплексного потока	0,78	3	0,003	0,006
P22	Риск изменения продолжительности специализированного потока	0,73	2	0,001	0,001
P23	Риск изменения продолжительности операционного потока	0,69	3	0,003	0,002
P31	Риск изменения совмещения специализированного в комплексном потоке	0,33	1	0,008	0,007
P32	Риск изменения совмещении операционного в специализированном потоке	0,91	3	0,009	0,008
P33	Риск изменения совмещении технологического модуля в операционном потоке	0,87	2	0,004	0,008
Итого					0,042
Технологические решения					
P11	Риск изменения интенсивности комплексного потока	0,53	1	0,004	0,002
P12	Риск изменения интенсивности специализированного потока	0,5&1	1	0,006	0,003
P13	Риск изменения интенсивности операционного потока	0,52	2	0,008	0,004
P21	Риск изменения отношения в комплексном потоке	0,68	3	0,001	0,001
P22	Риск изменения отношения операционных показателей в комплексном потоке	0,71	2	0,00	0,001
P23	Риск изменения отношения потоков технологических модулей в операционных потоках	0,72	2	0,003	0,002
Итого				0,013	

РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследуемой работе принята именно такая система и приведены усредненные оценки, данные экспертами по каждому виду рисков (таблица 5).

Существующие типологии к ранжированию рисков, предусматривающие их влияние на показатели СП, учитывают это не в полной мере.

Предлагается дополнить классификацию неопределенных событий, способных влиять на проект, такими финансовыми и организационными рисками как:

- События, которые влияют на денежные потоки данного СП, но не влияют на денежные потоки других сфер деятельности строительной организации.

- События, которые одинаково отразятся на денежных потоках как от данного проекта, так и от остальных сфер деятельности фирмы.

- События, которые оказывают положительное влияние на проект, но мешают остальным видам деятельности (или оказывают негативное влияние на проект и положительно влияют на остальные виды деятельности).

При этом должна реализовываться корреляция результатов СП с основным видом деятельности строительной фирмы. Корректирующее действие в управлении рисками заключается в проведении запланированного реагирования на риски, включая применение согласованных планов и незапланированных воздействий [10, 11]. Независимо от того, произошли ли запланированные события, связанные с риском, и превысили ли они ожидаемую оценку воздействия, необходимо учитывать все аспекты плана управления рисками [12]. Контроль реагирования на риски включает в себя выполнение плана управления рисками, а реагирование на рискованные события должно происходить на протяжении всего проекта. Когда происходят изменения, базовый цикл выявления, количественной оценки риска и реагирования повторяется, что несомненно будет приводить к увеличению срока реализации СП [13, 14, 15].

ОБСУЖДЕНИЕ

Предварительная исходная информация о событиях, реализуемых процессах (производственных, снабженческих, организационных) в предыдущих проектах, должна быть базовой для прогнозирования рисков в прогнозируемом проекте. Эта информация может быть получена из различных источников, в том числе из отчетов Росстата, баз данных Минстроя, министерств и ведомств, связанных с реализацией проектов, ресурсы корпоративной коммерческой информации и др. Для идентификации и управления рисками СП рекомендуется использовать такие инструменты и технические методы, как контрольные графики, опросы (анкеты), статистические отчеты.

Одним из основных способов минимизации последствий рисков СП и обеспечения его ОТН должно стать создание резервов. Здесь в первую очередь следует формировать резервы финансовых ресурсов, а также точно планировать ресурсы материальные и трудовые в процессе разработки проекта производства

работ. При этом при строительстве отдельного здания буквальное затаривание материалами и оборудованием складов приведет к увеличению прямых затрат и, соответственно, стоимости СП, что снизит ОТН проекта. Однако для варианта комплексной застройки территории резервы создавать возможно и необходимо. Указанное должно реализовываться не в виде формирования «склада буквально», а в форме реактивного инструментария пополнения недостающих ресурсов на одном строящемся объекте за счет временного их высвобождения на другом. Для такого варианта развития событий ресурсы должны быть зарезервированы на объекте (объектах) – поставщике(ах).

Это должно включать создание общего резерва по каждому ресурсу для всех объектов комплексной застройки данной территории, которым будет управлять служба руководителя проекта комплексной застройки.

С точки зрения достижения плановых сроков реализации СМР, важным аспектом ресурсоснабжения СП является заключение и контроль исполнения контрактов на поставку материалов и конструкций с учетом рисков. И в этой связи наименьшие риски будут с реализацией контрактов с поставщиками, которые максимально заинтересованы, что обеспечивается в первую очередь их финансовой ответственностью за результаты. В процессе управления рисками требуемые результаты будут достигаться за счет разработки альтернативных вариантов реализации СМР проекта комплексного освоения территории. Это будет достигаться планированием и выполнением (при необходимости) работ путем их переноса с одного объекта на другой.

С учетом того, что организационно-технологические решения существенно влияют на затраты и сроки проекта, их планирование и реализация должны обеспечить минимальное отклонение от запланированных показателей.

Представление множества организационно-технологических решений в пределах допустимых отклонений затрат и продолжительности создаст вариативность решений, которые следует оптимизировать с помощью ИТ-инструментария. Разработанная автором имитационная модель позволяет искать оптимальные параметры организационных и технологических решений в пространстве вариантов и параметров обеспечения ОТН строительного проекта.

Оценка риска организационно-технологических решений должна проводиться статистическим инструментарием при формировании текущих оценок влияния на затраты и продолжительность работ, а также динамическими процедурами при формировании долгосрочных оценок влияния на затраты и продолжительность работ, связанных с отклонениями при реализации организационно-технологических решений СП и его надежности. Использование имитационного моделирования и оптимизация параметров организационно-технологических решений, с учетом организационного баланса потоков и технологического баланса трудоемкости, создаст предпосылки для формирования эффективной системы оценки на всех уровнях планирования и управления реализацией строительного проекта.

ВЫВОДЫ

1. В качестве критерия определения эффективности строительного процесса в статье предлагается использовать организационно-технологическую надежность с учетом рисков ресурсоснабжения. В статье отобраны факторы, влияющие именно на этот критерий, а также будут определены показатели для оценки ОТН (которые будут численно определяться и использоваться в формуле). При этом в условиях комплексной застройки оптимальным вариантом будет перераспределение ресурсов при необходимости между объектами строительства. Значение показателя ОТН во многих методиках представляет собой оценку вероятности выполнения проекта в установленный срок. Рвып.пр. (вероятность выполнения проекта) – Y (зависимая переменная), на основании которой будет выбираться множество факторов, а затем наиболее значимые 3 или 4 фактора. Для каждого из этих факторов, как и для Y , определяется показатель оценки каждого x . В итоге после регрессионного анализа получается уравнение регрессии для n -го количества факторов, где Y – зависимая переменная (Рвып.пр.); x_1, x_2, x_n – независимые переменные (показатели факторов, которые могут влиять на Y).

2. Диаграмма интервальных значений показателей факторов матрицы, влияющих на Y , по секторам позволяет ранжировать факторы следующим образом: большее влияние оказывает наличие трудовых ресурсов, далее снабжение строительства электроэнергией,

затем надежность оборудования и снабжение строительства материалами.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белов Д.Б., Соловьев С.И. Определение значимости различий в результатах наблюдений объемов потребленного и поставленного ресурса статистическими методами // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. Вып. 11. Тула: Изд-во ТулГУ. С. 110–115.
2. Цона Н.В., Халилов А.Э. Ресурсное обеспечение инвестиционно-строительных проектов // Экономика строительства и природопользования. 2022. №1–2. С. 82–83.
3. 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. 2019:12-38.
4. Saaty T.L. Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making. Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors. The Analytic Hierarchy/Network Process // RACSAM – Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat. 2008. No. 102 (2). Pp. 251–318.
5. Дьячкова О. Н., Михайлов А. Е., Якунина Г. В. Опыт оценки привлекательности районных парков Санкт-Петербурга // Социология города. 2022. № 3. С. 49–63. DOI: 10.35211/19943520_2022_3_49
6. 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.
7. Еловой И.А. Интегрированные логистические системы доставки ресурсов (теория, методология, организация) / И. А. Еловой, И. А. Лебедева. Минск: Право и экономика, 2017. 467 с.
8. 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.
9. Nadhir Al-Ansari The Need to Develop a Building Code for Iraq September 2014 Engineering 6(6): 2014: 610-632.
10. Борисюк Н.К., Смотрина О. С. К вопросу функционирования предприятия в нестабильной внешней среде // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2022. № 2. С. 24–30. <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-2-24>.
11. Зеленцов Л. Б. Реализация строительных проектов изменяемого функционального назначения // Строительное производство. 2021. № 2. С. 26–32. https://doi.org/10.54950/26585340_2021_2_26.
12. Даулетбаев Р.Б., Вовк Б.В. Надежность строительных конструкций зданий и сооружений в

процессе их эксплуатации // Инновации и инвестиции. 2019. № 5. С. 173–177.

13. Кузовкова Т.А., Кузовков Д.В., Кузовков А.Д. Экспертно-квалиметрический метод интегральной оценки эффективности инновационных проектов и применения новых технологий // Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 3. С. 23–28.

14. Маркин В.С., Мизя М.С. Управленческие методы минимизации рисков инвестиционно-строительных проектов в условиях неопределенности. *Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий*. 2020;(4):52-57. <https://doi.org/10.24411/2225-8264-2020-10067>

15. Janani R., Rangarajan P. T., Yazhini S. A Systematic Study on Site Overhead Costs in Construction Industry // *Int. J. Res. Eng. Technol.* 2015. Vol. 04. No. 10. Pp. 149-151. Doi: 10.15623/ijret.2015.0410026.

REFERENCES

1. Belov D.B., Solov'ev S.I. Determination of the significance of differences in the results of observations of the volumes of consumed and supplied resources using statistical methods. *Izvestija TulGU. Tehnicheskie nauki*. 2013; 11: 110–115. (in Russ.)

2. Tsopa N.V., Khalilov A.E. Resource support of investment and construction projects. *Jekonomika stroitel'stva i prirodopol'zovanija*. 2022; 1–2: 82–83. (in Russ.)

3. 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*. 2019; 484:12-38.

4. Saaty T. L. Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making. Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors. *The Analytic Hierarchy Network Process*. RACSAM. Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat. 2008; No. 102(2):251–318.

5. D'yachkova O. N., Mikhailov A. E., Yakunina G. V. (2022) Experience of assessment of the attractiveness of district parks in Saint Petersburg. *Sotsiologiya Goroda [Urban Sociology]*, no. 3, pp. 49–63 (in Russian). DOI: 10.35211/19943520_2022_3_49

6. Belov D.B., Ignat'ev A.A., Solov'ev S.I. The problem of measurement error in commercial resource accounting (using the example of natural gas supply). *Metody ocenki sootvetstvija*. 2012; 9: 20–24. (in Russ.)

7. Elovj I.A., Lebedeva I. A. Integrated logistics systems for resource delivery: (theory, methodology, organization). Minsk: Pravo i jekonomika, 2017: 467. (in Russ.)

8. Garrison, Noah and Horowitz, Kara (2012) «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.

9. Nadhir Al-Ansari The Need to Develop a Building Code for Iraq September. *Engineering*. 2014; 6(6): p. 610-632.

10. Borisyuk N.K., Smotrina O.S. (2022) [Enterprise survival in an unstable environment]. *Intellect. Innovatsii. Investitsii [Intellect. Innovations. Investments]*. Vol. 2, pp. 24–30, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-2-24>.

11. Zelencov L.B. Implementation of construction projects of variable functional purpos]. *Construction production*. 2021;2: 26–32. (in Russ.) https://doi.org/10.54950/26585340_2021_2_26.

12. Dauletbaev R.B., Vovk B.V. Reliability of building structures of buildings and structures during their operation. *Innovacii i investicii*. 2019; 5: 173–177. (in Russ.)

13. Kuzovkova T.A., Kuzovkov D.V., Kuzovkov A.D. Expert-qualimetric method of integral assessment of the effectiveness of innovative projects and the application of new technologies]. *Sistemy upravlenija, svjazi i bezopasnosti*. 2016; 3: 23–28 (in Russ.)

14. Markin V.S., Mizya M.S. Management methods for minimizing the risks of investment and construction projects under uncertainty. *Herald of Siberian Institute of Business and Information Technologies*. 2020;(4):52-57. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2225-8264-2020-10067>

15. Janani R., Rangarajan P. T., Yazhini S. A Systematic Study on Site Overhead Costs in Construction Industry. *Int. J. Res. Eng. Technol.* 2015; Vol. 04.No. 10: 149-151. Doi: 10.15623/ijret.2015.0410026.

ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Аль-Мсари Ахмед Абдул Руда Ауда. Подготовка всех частей статьи и оформление статьи.

Руденко А. А. Доработка и корректировка вывода.

STATED CONTRIBUTION OF AUTHORS

Al-Msari Ahmed Abdul Ruda Awda. Preparation of all parts of the article and the layout of the article.

Aleksandr A. Rudenko Revision and correction of the output.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Аль-Мсари Ахмед Абдул Руда Ауда – аспирант Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8354-9661>, e-mail: ahmed4_33@rambler.ru

Руденко Александр Алексеевич – д-р экон. наук, канд. техн. наук, проф., проф. кафедры «Организация строительства», Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.), ORCID:<http://orcid.org/0000-0002-2996-9785>, SPIN-код: 6922-0113, e-mail: rudenkoa.a@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Al-Msari Ahmed Abdul Ruda Awda – Postgraduate student, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (4, 2nd Krasnoarmeiskaya Str., St Petersburg, 190005), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8354-9661>, e-mail: ahmed4_33@rambler.ru

Aleksander A. Rudenko – Dr. of Sci., Cand. of Sci., Professor of the Construction Management Department, Professor, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (4, 2nd Krasnoarmeiskaya Str., St Petersburg, 190005) ORCID:<http://orcid.org/0000-0002-2996-9785>, SPIN-код: 6922-0113, e-mail: rudenkoa.a@mail.ru