

УДК 658.512:624.05

© Хурейни Надим К. Р., аспирант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет,  
Санкт-Петербург, Россия)  
E-mail: nadimhuraini@gmail.com

DOI 10.23968/1999-5571-2022-19-6-75-82

© Nadim Q. R. Huraini, post-graduate student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering,  
St. Petersburg, Russia)  
E-mail: nadimhuraini@gmail.com

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА, ОЦЕНКИ И ПЛАНИРОВАНИЯ РИСКОВ В СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТАХ

### IMPROVING METHODS OF ANALYSIS, ASSESSMENT AND PLANNING RISKS IN CONSTRUCTION PROJECTS

Обоснован метод, предназначенный для анализа взаимосвязи между рисками и несвоевременностью выполнения строительных монтажных работ и оценки их воздействия на продолжительность строительного проекта. Задержки и риски, приводящие к несвоевременности завершения проектов, являются одной из наиболее частых и основных проблем в строительных проектах. Доступные исследования по качественной и количественной оценке рисков не учитывают, что величина критериев риска зависит от многих факторов. Например, временно-пространственное расположение задачи, для которой назначен риск. Также они не учитывают зависимость и взаимодействие между рисками. В нашей работе дополнительно предложено разбить расписание проекта на еженедельные контрольные точки, где используется недельный индекс прогресса работы, средневзвешенный индекс каждого риска для критических и некритических работ, определить долю каждого риска, чтобы представить необходимую информацию лицам, принимающим решение, для разработки соответствующих мер реагирования. Исходя из приведенного нами примера расчета было установлено, какие риски оказывают наибольшее воздействие на соблюдение сроков.

*Ключевые слова:* управление рисками, оценка риска, управление строительными проектами, неопределенности, строительство.

The article presents a substantiation of the method designed to analyze the relationship between risks and failure to keep deadlines in construction project installation work and assess its impact on the duration of a construction project. Delays and risks leading to the untimely project completion are one of the most frequent and major problems in construction projects. Available research works on qualitative and quantitative risk assessment do not take into account the fact that the value of the risk criteria depends on many factors, for example, the temporal and spatial location of the task to which the risk is assigned. Neither do they take into account the dependence and interaction between risks. Our study additionally proposes to break down the project schedule into weekly checkpoints, where we apply the weekly work progress index, the average weighted index of each risk for critical and non-critical work, to determine the proportion of each risk in order to provide the necessary information to decision makers to develop appropriate response measures. Based on the example calculation we give in the article, it has been determined what risks have the greatest impact on compliance with project work deadlines.

*Keywords:* risk management, risk assessment, construction project management, uncertainties, construction.

#### Введение

Риски, приводящие к задержкам, являются одной из наиболее частых и основных проблем, с которыми сталкиваются строительные компании, и оказывают негативное влияние на цели и интересы участников проекта [1].

Важность изучения рисков, связанных с несвоевременным завершением строительномонтажных работ, возникающих в процессе строительства, обусловлена тем, что они являются основными причинами, которые влекут за собой превышение продолжительности и стои-

мости возведения конкретного строительного объекта [2, 3].

Заданные сроки и продолжительность строительного проекта содержат много неопределенностей [4]. Данные риски и неопределенности возникают в случайные моменты времени и определяют условия течения строительства, которые в свою очередь приводят в несоответствие фактический и запланированный прогресс выполнения строительных работ [5].

На практике было установлено, что чем длительнее рассматриваемый период, тем большее

расхождение возможно в будущем. В связи с тем что производство подвержено действию ряда случайных факторов, приводящих к потерям рабочего времени, производственные процессы следует считать случайными [6].

В публикациях [7–10] значительные усилия были направлены на сравнительный анализ с выделением преимуществ и недостатков качественных и количественных методов оценки рисков в строительстве.

Согласно [11] при качественном анализе определяются источники, причины, места возникновения рисков. Его результаты используются для последующего количественного анализа, чтобы получить числовые значения величин риска.

Можно заметить, что оценка рисков с использованием экспертных оценок доминирует в литературе, однако сложно понять, какие риски встречаются чаще и оказывают более серьезное влияние на строительный проект. Это связано с тем, что в исследованиях используются разные классификации и шкалы измерения для оценки важности рисков, что затрудняет прямое сравнение [12–15].

#### Методы

Отечественные ученые внесли большой вклад в развитие управления рисками строительных проектов. Например, известны работы, связанные с учетом рисков и неопределенностей в календарном планировании строительного производства. В источнике [16] анализируются различные подходы и методы прогноза продолжительности строительства, которые можно использовать для прогнозирования задержек и контроля хода строительства, такие как индексный метод, метод дифференциального учета отказов, методы линейной и нелинейной экстраполяции, метод PERT, метод множественной регрессии и метод нейросетевого моделирования.

Для количественной оценки возможной несвоевременности окончания строительства в работах [17–18] были предложены показатели индекса своевременности проекта (ИСП) и индекса прогресса проекта (ИПП).

ИСП можно рассчитать по следующей формуле:

$$\text{ИСП} = \frac{T_{\text{план}} - T_{\text{ожд}}}{T_{\text{план}} - T_{\text{текущ}}}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{план}}$  — плановая дата завершения строительства;  $T_{\text{ожд}}$  — ожидаемая дата окончания строительства;  $T_{\text{текущ}}$  — текущая дата мониторинга строительства.

ИСП показывает отношение отклонения даты завершения строительства к оставшемуся времени до плановой даты завершения строительства.

ИПП можно рассчитать по следующей формуле:

$$\text{ИПП} = \frac{\frac{H_{\text{вып}} - H_{\text{план}}}{H_{\text{план}}}}{T_{\text{план}} - T_{\text{текущ}}}, \quad (2)$$

где  $H_{\text{план}}$  — планируемый объем работ на текущую дату;  $H_{\text{вып}}$  — выполненный объем работ на текущую дату.

ИПП показывает отношение прогресса выполнения работ к оставшемуся до окончания проекта времени.

Отрицательные значения ИСП и ИПП показывают вероятность угрозы срыва проекта: чем они меньше, тем вероятность срыва срока и несвоевременности в выполнении проекта становится больше.

Авторы [17–18] отмечают, что индекс ИСП можно считать основным, а индекс ИПП — дополнительным. Значения этих индексов не взаимосвязаны, поэтому изменение одного показателя напрямую не повлияет на величину другого. Пределы этих показателей определяют, в каких зонах находятся проекты относительно сроков выполнения работ. Рассмотрим эти зоны далее.

- ИСП > 0 или ИПП > 0: реализация проекта находится в темно-зеленой зоне, что означает, что реализация проекта идет лучше, чем планировалось.

- $-0,15 < \text{ИСП} < 0$  или  $-0,15 < \text{ИПП} < 0$ : переход хотя бы одного из двух показателей в светло-зеленую зону свидетельствует о том, что проект близок к своим отрицательным отклонениям от запланированного графика, но эти отклонения незначительны и их можно не учитывать.

- $-0,3 < \text{ИСП} < -0,15$  или  $-0,3 < \text{ИПП} < -0,15$ : переход хотя бы одного из двух показателей в желтую зону свидетельствует о том, что есть необходимость в регулировании расписания работ, перерасчете и ускорении оставшейся работы.

• ИСП < -0,3 или ИПП < -0,3: переход хотя бы одного из двух показателей в красную зону свидетельствует о несвоевременности окончания строительства, несмотря на то что еще есть время до завершения проекта.

Можно заметить, что предлагаемая методика авторов описывает общее состояние проекта (степень риска), но не указывает на причины и место возникновения, которые привели проект в данную рисковую зону. Тем более присутствуют определенные сложности при расчете объема выполненных работ для всего проекта на текущую дату мониторинга.

Обзор и анализ литературы показывает, что исследователи широко использовали качественные и количественные методы для анализа рисков и прогнозирования задержек в строительном проекте. Однако их труды в качественной и количественной оценке рисков не учитывают, что величина рисков зависит от времени и места их возникновения, уровня зрелости и контроля, зависимости рисков и их взаимодействия с параметрами проекта. Также их разработанные модели прогнозирования задержек и оценки возможной несвоевременности окончания строительства, ориентированные только на продолжительность или неопределенность, присущие строительным работам, описывают состояние проекта в общем виде. Более того, отсутствие единого стандартизированного подхода к оценке рисков и расчету задержки строительства усугубляет эту проблему.

Таким образом, формирование метода и механизмов, которые бы смогли устранить данные недостатки, обеспечило бы повышение эффективности анализа проекта, точность оценки рисков, осуществление мероприятий по управлению рисками и уменьшению их последствий при ходе строительного проекта.

Методический подход, предложенный нами в этой статье, должен помочь справиться с этими ограничениями через анализ взаимосвязи между рисками и несвоевременностью выполнения работ, а также их воздействием на сроки в проекте на уровне работы и на уровне проекта.

Риски могут описывать проблемы, влияющие на прогресс проекта. Например, если завершение какой-либо работы находится под угрозой, это должно означать определенный уровень за-

держки в этой работе, а риски служат объяснением или причиной этой задержки. Следовательно, определение рисков в соответствии с конкретной работой как причины задержек поможет с оценкой рисков и их последствий на проекте.

Одним из важных моментов является относительный вклад или доля каждого риска в задержке работы.

Под риском мы понимаем стохастическое событие, величина которого меняется во времени, зависящее от пространственно-временного расположения и характеристик объекта, для которого оно назначено, и при реализации оказывающее воздействие на планы и цели проекта. Например, вероятность возникновения фактора риска — сильного дождя — зависит от времени года, а его воздействие зависит от характеристик и свойств работы, которая подвержена этому риску.

На этапе планирования каждая работа занимает свое пространственно-временное расположение в расписании проекта, определяющем ее характеристики и ее связь с другими работами и элементами в проекте. По нашему мнению, разделение работ на критические и не критические является ключевым фактором для оценки риска и анализа задержек проекта.

Критическими называются такие работы, которые лежат на критическом пути и не могут быть задержаны без влияния на дату окончания проекта. Такие работы не имеют запаса во времени.

Некритические работы имеют некоторый запас во времени и в пределах этого запаса могут быть задержаны. Лица, принимающие решения, могут определить и оценить, какие работы являются критическими, а какие нет, на основе нескольких факторов, таких как уровень контроля, техническая сложность, продолжительность, стоимость или любые другие личные предпочтения, с учетом важности задачи с точки зрения их пространственно-временного расположения.

### Результаты

В данной статье риски рассматриваются как причины задержек путем назначения рисков для работ, а также анализируется их воздействие на своевременность и прогресс на уровне работ и уровне проекта. Для количественной оценки задержек и рисков применяется кумулятивный прогресс работы в качестве индикатора.

Алгоритм решения состоит из двух этапов — перспективного и ретроспективного.

**На первом этапе** можно провести оценку рисков методом анализа иерархий (*Analytic Hierarchy Process* — *AHP*), аналогично применению его в работе [19], но с учетом следующих поправок и усовершенствований:

1. До момента начала реализации метода оценки мы рекомендуем разбить календарный план проекта на временные интервалы, например, по неделям.

2. В каждом интервале провести идентификацию рисков и назначить их для соответствующих им работ.

3. Поменять общую классификацию рисков первого уровня в *AHP* из рисков, связанных с генеральным подрядчиком, коммунальными предприятиями и регулирующими органами, например, на риски, связанные с неделями 1, 2...  $n$ , в зависимости от количества и шага выбранного интервала времени.

4. Поменять подклассификацию рисков второго уровня из рисков, связанных с генеральным подрядчиком, коммунальными предприятиями и регулирующими органами, на риски, связанные с работами, входящими в выбранный интервал времени (неделю  $n$ ).

5. В подклассификации рисков третьего уровня распределить под каждой работой свои индивидуальные риски или указать их по источнику, например, ресурсные риски, внешние риски и т. д. в зависимости от необходимого уровня детализации.

6. Начать реализацию метода оценки *AHP* после вышеперечисленных поправок для каждого временного интервала, а также определить высокие риски.

Данный подход с учетом всех поправок и усовершенствований, которые отсутствуют в литературе по оценке рисков как факторов времени и места возникновения риска, на перспективном этапе способствует динамическому представлению величины индивидуальных рисков, рисков на уровне работы и рисков на уровне рассматриваемых интервалов.

Таким образом, традиционный метод анализа иерархий (*AHP*) является статичным и традиционным в своей структуре, где риски делятся по ответственности или по источникам, что делает

его абстрактным. В методе отсутствует ответ на важные вопросы группы планировщиков и инженеров: где находится риск, когда он произойдет и какова его величина.

**Шаги ретроспективного этапа** решения задачи:

1. Определить критические ( $A_k$ ) и некритические работы ( $A_{нк}$ ) и назначить для них риски. Риски можно назначать отдельно или в соответствии с общей их классификацией, например, исходя из их источника.

2. Собрать данные по каждой работе на данную неделю  $i$ . Команда проекта должна собрать следующие данные о своевременности и прогрессе для  $A_k$  и  $A_{нк}$ :

$H_{вып\ i}$  — фактический кумулятивный показатель прогресса (выполненный объем работ) по работе в конце данной недели  $i$ ,  $i = 1...n$ , в процентах от общего прогресса.

$H_{план\ i}$  — плановый кумулятивный показатель прогресса (выполненный объем работ) по работе в конце данной недели  $i$ ,  $i = 1...n$ , в процентах от общего прогресса.

$H_{вып\ i-1}$  — фактический кумулятивный показатель прогресса (выполненный объем работ) по работе в конце предыдущей недели  $i-1$ ,  $i = 1...n$ , в процентах от общего прогресса.

3. Собрать данные по каждой незавершенной работе в конце  $i$ -й недели, уточнить, достигла ли работа запланированного прогресса, рассмотреть риски, которые назначены для работы, какие из них реализовались, и исключить те, которые не реализовались.

4. Определить частоту критических ( $R_k$ ) и некритических рисков ( $R_{нк}$ ), риски несвоевременности для каждой незавершенной работы на  $i$ -й неделе.

Частота критического риска определяется при рассмотрении только критических работ как отношение числа повторений риска к числу всех критических рисков. Общая частота риска рассчитывается при рассмотрении всех работ и определяется как число повторений риска к числу всех рисков на данную неделю.

5. Рассчитать недельный индекс прогресса работы (ИПР) и взвешенное среднее значение для рисков.

$H_{вып\ i-1}$  принимается в качестве начальной точки на данную неделю, и в случае задержки

$H_{\text{вып } i}$  не достигает  $H_{\text{план } i}$ . Используя подход простой линейной интерполяции, можно оценить задержку в сроках по отношению к плановому прогрессу для достижения  $H_{\text{план } i}$  (рисунок).

Таким образом, индекс ИПР позволяет оценить степень задержки для  $A_{\text{к}}$  и  $A_{\text{нк}}$ :

$$\text{ИПР} = \frac{H_{\text{вып } i} - H_{\text{план } i}}{H_{\text{план } i} - H_{\text{вып } i-1}} \quad (3)$$

Затем можно рассчитать средневзвешенное значение для каждого риска для критических и некритических работ. Каждый риск, назначенный для работы, имеет критический вес  $A - R_{i(\text{к})}$ ,  $A - R_{i(\text{к})}$  и общий вес  $A - R_{i,\text{общий}}$  согласно уравнениям (4) и (5):

$$A - R_{i(\text{к})} = \frac{\sum \text{ИПР}_{Ri(\text{к})}}{\sum \text{ИПР}_{\text{все}(\text{к})}}; \quad (4)$$

$$A - R_{i,\text{общ}} = \frac{\sum \text{ИПР}_{Ri(\text{к+нк})}}{\sum \text{ИПР}_{\text{все}(\text{к+нк})}}, \quad (5)$$

где  $A - R_{i(\text{к})}$  — критический средневзвешенный индекс для  $i$ -го риска, определяется при рассмотрении только критических работ;  $\text{ИПР}_{Ri(\text{к})}$  равен сумме всех  $\text{ИПР}_{Ri(\text{к})}$  для соответствующего риска;  $\text{ИПР}_{\text{все}(\text{к})}$  равен сумме всех  $\text{ИПР}_{Ri(\text{к})}$ ;  $A - R_{i,\text{общ}}$  — общий средневзвешенный индекс для  $i$ -го риска при рассмотрении всех работ;  $\text{ИПР}_{Ri(\text{к+нк})}$  равен сумме всех  $\text{ИПР}_{Ri(\text{к})}$  и  $\text{ИПР}_{Ri(\text{нк})}$  для соответствующего риска;  $\text{ИПР}_{\text{все}(\text{к+нк})}$  равен сумме ИПР для всех незавершенных работ.

Когда существует более одного назначенного риска для одной работы, то критический вес и общий вес представляют всю группу рисков на

этой работе, затем определяется доля каждого риска от этих весов.

6. Анализ результатов расчета частоты и средневзвешенного индекса для рисков. После расчета обоих индексов для критических и некритических работ становится понятно, что величины этих индексов связаны с рисками на соответствующей неделе. Таким образом, лицо, принимающее решение в управлении проектами, получает информацию, что может иметь дело с обоими типами рисков, но с разной направленностью и приоритетом. Критические риски могут привести к прямым потерям в продолжительности проекта, и эти риски должны быть устранены незамедлительно. Затем можно управлять общими рисками, чтобы они не наносили потерь в прогрессе и рабочем времени проекта и не усугубляли ситуацию в будущем.

7. Определить высокие индексы в  $i$ -й неделе и определить долю каждого риска от индекса, чтобы принять необходимые меры для реагирования.

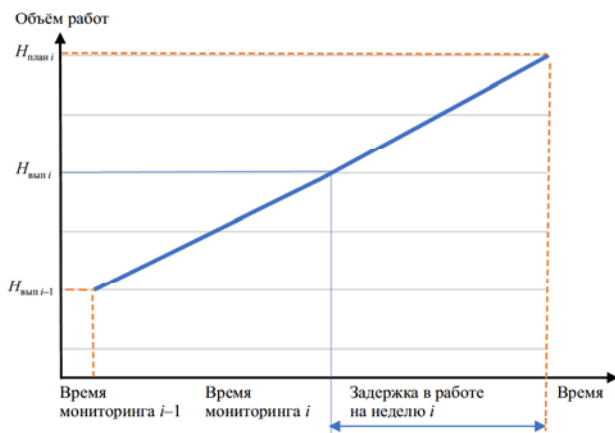
В таблице приведен искусственный пример расчета на ретроспективном этапе для трех рисков, назначенных для пяти строительных работ, которые реализовались, а также были установлены командой проекта при мониторинге в конце  $i$ -й недели.  $R_1$  — проектный риск,  $R_2$  — ресурсные риски и  $R_3$  — организационные риски.

**Обсуждение**

Таблица показывает, что риск  $R_3$  наиболее распространен, а его общая частота составляет на текущем недельном анализе 50 %. Можно также заметить, что критичная частота для всех рисков одинаковая и составляет 33 %. Эти значения предоставляют важную информацию об  $i$ -й неделе проекта для принятия обоснованных управленческих решений, поскольку при анализе рисков только на глобальном уровне есть вероятность пропустить более важные риски.

Например, наиболее распространенные риски, влияющие на все виды работ, могут быть не теми же рисками, которые влияют на критические работы. Причина такого анализа заключается в том, чтобы сосредоточиться на критических работах в проекте.

В таблице значение  $A - R_{i,\text{общий}}$  указывает на наиболее важные риски, то есть вес на общем (глобальном) уровне, и снова это  $R_3$ , который



Расчет ИПР

**Пример расчета ИПР**

№ работ	Критичность	$H_{\text{план } i}$	$H_{\text{вып } i-1}$	$H_{\text{вып } i}$	Риски	Частота $R$		ИПР	$A - R_{i(k)}$	$A - R_{i\text{общ}}$	Доля $R$
						Общ.	Кр.				
1	$A_{\text{нк}}$	10	4	10	нет	0	0	0	0	0	0
2	$A_{\text{к}}$	40	30	35	$R_1$	0,25	0,33	-0,5	0,35	0,25	3,5
3	$A_{\text{к}}$	25	20	22	$R_2$	0,25	0,33	-0,6	0,42	0,30	4,2
4	$A_{\text{нк}}$	44	35	39	$R_3$	0,50	0,33	-0,55	0,23	0,45	3,85
5	$A_{\text{к}}$	30	27	29	$R_3$	0,50	0,33	-0,33	0,23	0,45	2,31

№ работ	Критичность	ИПР	$\Sigma\text{ИПР}_{R(i,k)}$	$\Sigma\text{ИПР}_{\text{все}(k)}$	$A - R_{i(k)}$	$\Sigma\text{ИПР}_{R(i,k+\text{нк})}$	$\Sigma\text{ИПР}_{\text{все}(k+\text{нк})}$	$\Sigma A - R_{i\text{общ}}$
4	$A_{\text{нк}}$	-0,55	-0,33	-1,43	$-0,33/-1,43 = 0,23$	-0,88	-1,98	$-0,88/-1,98 = 0,44$
5	$A_{\text{к}}$	-0,33						

равен 45 %, а на критическом уровне —  $R_2$ , равный 42 %.

В приведенном примере видно, что большее влияние на своевременность выполнения работ на  $i$ -й неделе оказывает  $R_3$ . В данном случае более распространенный риск не означает, что он является крайне важным для проекта.

В последнем столбце доля риска представляет собой 100 % от величины ИПР, потому что существует только один риск для каждого вида работ, и на основе линейной экстраполяции его величина была определена в днях, но в случае наличия более одного риска ИПР каждой работы распределяется на риски, которые для нее назначены согласно их важности.

**Выводы**

В статье представлен способ оценки и анализа рисков несвоевременности завершения строительного проекта.

Было рассмотрено два этапа анализа: перспективный и ретроспективный. На первом этапе, то есть на начало рабочей недели, мы предложили использовать метод анализа иерархий (АИР) с поправками, где учитывается пространственно-временной фактор при оценке рисков. На втором, или ретроспективном, этапе был обоснован методический подход для изучения отношения между несвоевременностью выполнения работ и рисками, а также анализ этих рисков. Подход основан на еженедельном определении индексов прогресса работ. Пример расчетов показал, что не только частота риска определяет его важ-

ность, и в связи с этим риски, оказывающие наибольшее влияние на выполнение проекта, могут быть идентифицированы через средневзвешенный индекс с учетом критичности работ.

Этот анализ, в первую очередь, помогает расставить приоритеты в управленческих усилиях над ресурсами и временем, направленными на смягчение последствий конкретных рисков.

По нашему мнению, реализация такого комплексного подхода представляет информацию руководителям проектов для принятия более эффективных решений при реализации строительства в отношении рисков, а также помогает автоматизировать процесс управления рисками и проектом в целом.

**Библиографический список**

1. Кучумова Ю. В., Букалова А. Ю. Постановка задачи исследования оценки организационно-технологических рисков в строительстве // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2019. Т. 1. С. 160–165.
2. Шаранов О. Н., Бутлов А. Н., Булах Р. В. Обзор и анализ методик применения статистического моделирования при планировании строительства объектов с учетом заданных сроков // Наука и инновации в строительстве: сб. докл. III Междунар. науч.-практ. конф. к 65-летию БГТУ им. В. Г. Шухова, Белгород, 18 апреля 2019 г. Белгород: Белгородский гос. технол. ун-т им. В. Г. Шухова, 2019. С. 235–239.
3. Николаев Д. А. Оценка рисков проекта строительства контейнерного терминала на примере ком-

пании ООО «Тис Лоджистик» // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского гос. ун-та экономики и сервиса. 2011. № 4 (13). С. 114–123.

4. Изгородина О. В. Актуальность управления рисками в календарно-сетевом планировании // Синергия наук. 2020. № 43. С. 430–435.

5. Хурейни Надим К. Р. Неопределенность и риски в строительстве между теорией и практикой // Инновационные методы организации строительного производства: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 18–19 ноября 2021 г.). СПб.: СПГА-СУ, 2021. С. 30–34.

6. Кантюшина А. Г., Казинаускас М. А. Организационно-технологические решения при оперативном календарном планировании строительства монолитного здания // Жилищное строительство. 2018. № 10. С. 44–48.

7. Бочаров А. Ю., Блохина Я. В. Этапы и методы оценки рисков в строительстве // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: сб. ст. 77-й Всерос. науч.-техн. конф. (Самара, 26–30 октября 2020 г.). Самара: СамГТУ, 2020. С. 511–516.

8. Dziadosz A., Rejment M. Risk Analysis in Construction Project – Chosen Methods // Procedia Engineering. 2015. Vol. 122. Pp. 258–265.

9. Шелайкина А. Н., Приходько Е. С., Дуброва И. В., Дедов Е. В. Методический инструментарий количественной оценки степени риска инвестиционно-строительных проектов // Вестник Белгородского гос. технол. ун-та им. В. Г. Шухова. 2016. № 8. С. 200–208.

10. Скиба А. А., Гинзбург А. В. Количественная оценка рисков строительного инвестиционного проекта // Вестник МГСУ. 2013. № 3. С. 201–206.

11. Сергеева Н. В., Корякина К. В. Актуальные аспекты проблемы оценки рисков в строительстве // Новая наука: опыт, традиции, инновации. 2017. № 1-1 (123). С. 267–270.

12. Герасимова М. В., Авдеева Л. А. Методический подход к оценке совокупного риска строительного предприятия // Науковедение. 2015. Т. 7. № 3 (28). С. 139–150.

13. Ramanathan C., Narayanan S. P., Idrus A. B. Construction delays causing risks on time and cost — a critical review // Australasian Journal of Construction Economics and Building. 2012. Vol. 12. № 1. Pp. 37–57.

14. Viles E., Rudeli N. C., Santilli A. Causes of delay in construction projects: a quantitative analysis // Engineering, Construction and Architectural Management. 2019. Vol. 27. № 4. Pp. 917–935.

15. Бовтеев С. В., Хурейни Надим К. Р. Классификации и параметры рисков строительных проектов // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 6 (89). С. 79–86.

16. Болотин С. А., Дадар А. Х., Мальсагов А. Р. Анализ современных методов прогноза продолжительности строительства // Недвижимость: экономика, управление. 2018. № 4. С. 79–83.

17. Bovteev S., Kanyukova S., Okrepilov V., Rezvaia A. Construction work tasks duration: New method of estimation and quality control // Journal of Applied Engineering Science. 2016. Vol. 14. № 1. Pp. 121–127.

18. Bovteev S. V., Kanyukova S. V. Development of methodology for time management of construction projects // Magazine of Civil Engineering. 2016. № 2 (62). Pp. 102–112.

19. Hossen M. M., Kang S., Kim J. Construction schedule delay risk assessment by using combined AHP-RII methodology for an international NPP project // Nuclear Engineering and Technology. 2015. Vol. 47. № 3. Pp. 362–379.

## References

1. Kuchumova Yu. V., Bukalova A. Yu. *Postanovka zadachi issledovaniya otsenki organizatsionno-tehnologicheskikh riskov v stroitel'stve* [Setting the research problem of assessing organizational and technological risks in construction]. *Sovremennyye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika – Modern technologies in construction. Theory and practice*, 2019, vol. 1, pp. 160–165.

2. Sharapov O. N., Butlov A. N., Bulakh R. V. *Obzor i analiz metodik primeneniya statisticheskogo modelirovaniya pri planirovani stroitel'stva ob'ektov s uchetom zadannykh srokov* [Review and analysis of methods including the application of statistical modeling in planning the construction of facilities in view of setting terms]. *Trudy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. k 65-letiyu BGTU im. V. G. Shukhova, Belgorod, 18 aprelya 2019 g. «Nauka i innovatsii v stroitel'stve»* [Proceedings of the III International scientific-practical conf. to the 65-th anniversary of BSTU named after V. G. Shukhov. Belgorod, April 18, 2019. “Science and innovations in construction”]. Belgorod, Belgorodskiy gosudarstvenniy tekhnologicheskii universitet im. V. G. Shukhova Publ., 2019, pp. 235–239.

3. Nikolaev D. A. *Otsenka riskov proekta stroitel'stva konteynernogo terminala na primere kompanii ООО «Тис Лоджистик». Territoriya novykh vozmozhnostey* [Risk assessment of the container terminal construction project by the example of the company “Tis Logistic LLC”. Territory of new opportunities]. *Vestnik Vladivostokskogo gos. un-ta ekonomiki i servisa – Bulletin of Vladivostok State University of Economics and Service*, 2011, no. 4 (13), pp. 114–123.

4. Izgorodina O. V. *Aktual'nost' upravleniya riskami v kalendarно-setevom planirovani* [The relevance of risk

management in calendar-network planning]. *Sinergiya nauk – Synergy of Sciences*, 2020, no. 43, pp. 430–435.

5. Khureyni N. K. R. *Neopredelennost' i riski v stroitel'stve mezhdru teoriey i praktikoy* [Uncertainty and risks in construction between theory and practice]. *Trudy Vseros. nauch.-prakt. konf. Sankt-Peterburg, 18–19 noyabrya 2021 g. «Innovatsionnye metody organizatsii stroitel'nogo proizvodstva»* [Proceedings of the All-Russia sci.-pract. conference, St. Petersburg, November 18–19, 2021 “Innovative methods of organization of construction production”]. St. Petersburg, SPGASU Publ., 2021, pp. 30–34.

6. Kaptyushina A. G., Kazinauskas M. A. *Organizatsionno-tehnologicheskie resheniya pri operativno-kalendarom planirovanii stroitel'stva monolitnogo zdaniya* [Organizational and technological solutions for operational and scheduling planning of monolithic building construction]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo – Housing Construction*, 2018, no. 10, pp. 44–48.

7. Bocharov A. Yu., Blokhina Ya. V. *Etapy i metody otsenki riskov v stroitel'stve* [Stages and methods of risk assessment in construction]. *Trudy 77-y Vseros. nauch.-tekh. konf. (Samara, 26–30 oktyabrya 2020 g. «Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture»* [Proceedings of the 77-th All-Russia sci.-techn. conf. (Samara, October 26–30, 2020. “Traditions and innovations in construction and architecture”]. Samara, SamGTU, 2020, pp. 511–516.

8. Dziadosz A., Rejment M. Risk analysis in construction project – chosen methods. *Procedia Engineering*, 2015, vol. 122, pp. 258–265.

9. Shelaykina A. N., Prikhod'ko E. S., Dubrova I. V., Dedov E. V. *Metodicheskiy instrumentariy kolichestvennoy otsenki stepeni riska investitsionno-stroitel'nykh projektov* [Methodological toolkit of quantitative risk assessment of investment and construction projects]. *Vestnik Belgorodskogo gos. tekhnol. un-ta im. V. G. Shukhova – Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov*, 2016, no. 8, pp. 200–208.

10. Skiba A. A., Ginzburg A. V. *Kolichestvennaya otsenka riskov stroitel'no-investitsionnogo projekta* [Quantitative risk assessment of construction and investment project]. *Vestnik MGSU – Bulletin of MSCU*, 2013, no. 3, pp. 201–206.

11. Sergeeva N. V., Koryakina K. V. *Aktual'nye aspekty problemy otsenki riskov v stroitel'stve* [Actual aspects of the problem of risk assessment in construction]. *Novaya nauka: opyt, traditsii, innovatsii – New science: experience, traditions, innovations*, 2017, no. 1-1 (123), pp. 267–270.

12. Gerasimova M. V., Avdeeva L. A. *Metodicheskiy podkhod k otsenke sovokupnogo riska stroitel'nogo predpriyatiya* [Methodological approach to the assessment of the aggregate risk of the construction enterprise]. *Naukovedenie – Science Studies*, 2015, vol. 7, no. 3 (28), pp. 139–150.

13. Ramanathan C., Narayanan S. P., Idrus A. B. Construction delays causing risks on time and cost — a critical review. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 2012, vol. 12, no. 1, pp. 37–57.

14. Viles E., Rudeli N. C., Santilli A. Causes of delay in construction projects: a quantitative analysis. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2019, vol. 27, no. 4, pp. 917–935.

15. Bovteev S. V., Khureyni Nadim K. R. *Klassifikatsii i parametry riskov stroitel'nykh projektov* [Classifications and parameters of construction project risks]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2021, no. 6 (89), pp. 79–86.

16. Bolotin S. A., Dadar A. Kh., Mal'sagov A. R. *Analiz sovremennykh metodov prognoza prodolzhitel'nosti stroitel'stva* [Analysis of modern methods of forecasting the duration of construction]. *Nedvizhimost': ekonomika, upravlenie – Real estate: economy, management*, 2018, no. 4, pp. 79–83.

17. Bovteev S., Kanyukova S., Okrepilov V., Rezvaia A. Construction work tasks duration: New method of estimation and quality control. *Journal of Applied Engineering Science*, 2016, vol. 14, no. 1, pp. 121–127.

18. Bovteev S. V., Kanyukova S. V. Development of methodology for time management of construction projects. *Magazine of Civil Engineering*, 2016, no. 2 (62), pp. 102–112.

19. Hossen M. M., Kang S., Kim J. Construction schedule delay risk assessment by using combined AHP-RII methodology for an international NPP project. *Nuclear Engineering and Technology*, 2015, vol. 47, no. 3, pp. 362–379.