

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2017.07.7>

Шприц М.Л.

ORCID:0000-0003-3614-0243, аспирант,

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ РИСКОВ И КОМПЕНСАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ НАДЕЖНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА

Аннотация

В статье излагаются результаты исследования влияния рисков и паллиативных компенсационных и предупреждающих мероприятий на организационно-технологическую надежность (ОТН) строительства крупных объектов. Для количественной оценки влияния рисков и компенсационных мероприятий на ключевые параметры строительства разработаны математические модели, позволяющие рассчитать сроки и стоимость строительства с учетом строительных рисков и паллиативных мероприятий. Применение данных моделей позволит оценить влияние рисков на сроки и стоимость строительства, оценить эффективность и достаточность применяемых компенсационных мероприятий и своевременно принять дополнительные паллиативные мероприятия в случае необходимости.

Ключевые слова: организационно-технологическая надежность, строительные риски, паллиативные предупреждающие и компенсационные мероприятия.

Spric M.L.

ORCID:0000-0003-3614-0243, Postgraduate Student,

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

MATHEMATICAL ESTIMATIONS OF THE RISKS IMPACT AND COMPENSATION ACTIVITIES ON THE ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF CONSTRUCTION

Abstract

The article presents the results of a study of the impact of risks and palliative compensation and preventive measures on organizational and technological reliability (OTR) for the construction of large facilities. To quantify the impact of risks and compensation measures on the key parameters of construction, mathematical models have been developed that allow calculating the time and cost of construction, taking into account construction risks and palliative measures. The application of these models will allow us to assess the impact of risks on the timing and cost of construction, assess the effectiveness and sufficiency of compensatory measures used, and takes additional palliative measures in time if necessary.

Keywords: organizational and technological reliability, construction risks, palliative preventive and compensatory measures.

Email авторов / Author email: mspric@mail.ru

Строительная деятельность во всех формах и видах сопряжена с риском. Риск – это вероятность возникновения непредвиденных негативных производственных ситуаций в условиях высокой неопределенности строительной деятельности, которые ведут к невыполнению основных технико-экономических показателей (ТЭП) проекта, контрактных обязательств, срывам сроков и к финансовым потерям [3]. Риск можно определить как вероятность наступления таких негативных факторов, при возникновении которых поставленные цели частично или полностью не достигаются.

Строительные риски можно классифицировать по следующим признакам: по видам, по сферам проявления, по формам проявления, по источникам возникновения. Риски делятся на внешние и внутренние, управляемые, частично управляемые и неуправляемые. Примерная классификация рисков, свойственных строительству большинства объектов, приведена на рисунке 1.



Рис. 1 - примерная классификация строительных рисков

Для получения полного и всестороннего представления о влиянии рисков необходимо провести комплексный анализ возможных рисков, определить вероятность их наступления, возможное влияние на сроки и стоимость строительства. Для определения количественного влияния рисков на сроки и стоимость строительного проекта необходимо определить следующие основные показатели рисков:

- Срок возникновения $T_{B(N)}$ – вероятное время возникновения строительного риска.
- Продолжительность периода воздействия $T_{II(N)}$ – период, в который риск оказывает воздействие на ключевые показатели строительной деятельности при реализации проекта.
- Вероятность возникновения $P_{(N)}$
- Объем воздействия $V_{(N)}$ – влияние, которое риск оказывает на определенную часть графика (влияние на сроки) и на определенную часть бюджета (влияние на стоимость).
- Уровень воздействия $K_{(N)}$ – какой параметр строительного проекта и как может ухудшаться при наступлении риска.
- N – количество событий риска (фактора влияния).

С целью получения наиболее достоверной оценки влияния рисков на ключевые показатели конкретного проекта в конкретных условиях (географических, экономических, политических и др.), для выявления возможных строительных рисков и оценки их влияния, целесообразно привлекать квалифицированных экспертов. На основании проведенного анализа заполняется таблица, аналогичная приведенной ниже таблице 1. В таблице указывается порядковый номер выявленного риска, вероятность его наступления в конкретном проекте, влияние риска на сроки и стоимость выполнения конкретной работы (конкретной стадии строительства) в случае его наступления.

Таблица 1 – влияние рисков на сроки и стоимость строительства

№	Выявленные риски	Вероятность наступления риска, %	Влияние риска на сроки соотв. этапа строительства	Влияние риска на стоимость соотв. этапа стр-льства
1	Срывы сроков разработки рабочей документации	80%	2,1%	2,80%
2	Ошибки в рабочих чертежах	100%	4,4%	2,80%
3	Срывы сроков изготовления и поставки арматурных изделий	60%	1,3%	1,0%
4	Срывы сроков армирования конструкций	80%	2,3%	1,50%
...

Располагая данными о планируемых сроках и бюджете строительства проекта, и статистическими (или экспертными) данными о влиянии рисков на сроки и стоимость каждой стадии строительного проекта, можно оценить вероятное увеличение сроков и стоимости каждой стадии строительного проекта, и рассчитать общий срок и стоимость строительства всего объекта с учетом влияния рисков.

Срок реализации проекта без учета рисков определяется как:

$$T_{PP} = \sum_{i=1}^n T_{DIRi} - \sum_{i=2}^n \Delta T_{DIRi} \quad (1),$$

где:

$$\Delta T_i = T_{окончанияi} - T_{начала(i+1)} \quad (2),$$

T_{DIRi} – срок реализации каждого отдельного этапа строительства, ΔT_{DIRi} – срок совмещения соответствующего этапа строительства с предыдущим. Графически совмещение этапов строительства показано на рисунке 2.

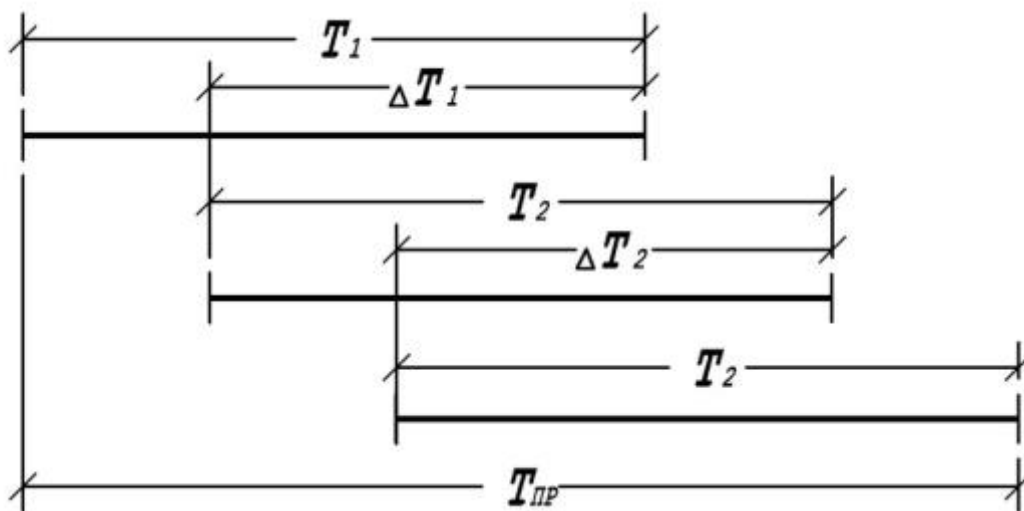


Рис. 2 – схема совмещения этапов строительства

Рассматривая отдельные строительные работы (например: устройство опалубки, арматурные работы, заливка бетонной смеси и пр.) или отдельные этапы строительства (например: устройство подземных конструкций), необходимо отметить, что риск, как правило, действует не на всю работу или этап, а на какую-либо его часть. Графически это отображено на рисунке 3.

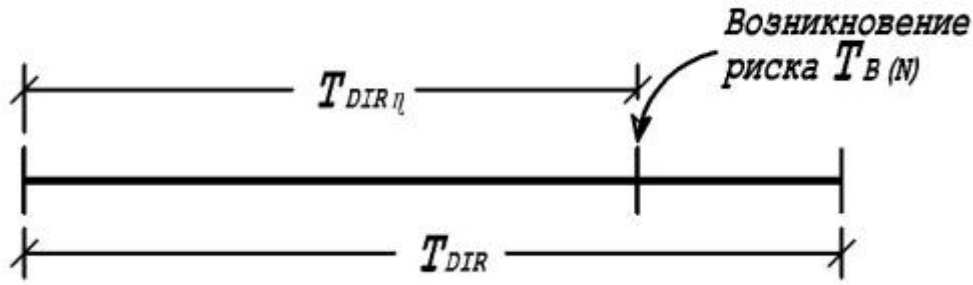


Рис. 3 – схема воздействия риска на отдельную строительную работу

В этом случае сроки отдельных строительных работ учетом рисков определяются как:

$$T_i = T_{DIRi\eta} / P_{ucx} + (T_{DIRi} - T_{DIRi\eta}) \cdot m_i \tag{3}$$

В случае воздействия на определенную работу (этап) двух и более рисков, сроки строительства отдельных этапов определяются согласно следующей формуле:

$$T_i = T_{DIRi\eta} / P_{ucx} + (T_{DIRi} - T_{DIRi\eta}) \cdot \sum_{i=1}^n m_i \tag{4}$$

Срок строительства всего проекта с учетом рисков определяется по следующей формуле:

$$T = \sum_{i=1}^n (T_{DIRi\eta} / P_{ucx} + (T_{DIRi} - T_{DIRi\eta}) \cdot \sum_{i=1}^n m_i) - \sum_{i=2}^n \Delta T_{DIRi} / P_{риска}^- \tag{5}$$

- Где:
- T – срок строительства проекта с учетом выявленных рисков;
 - T_i – срок реализации каждой отдельной строительной работы с учетом риска;
 - T_{DIR} – директивный срок реализации соответствующей работы (этапа);
 - $T_{DIR\eta}$ – срок реализации соответствующей работы до наступления риска;
 - P_{ucx} – вероятность выполнения работы до наступления риска;
 - m_i – прогнозируемое влияние i -го риска на сроки строительства проекта в % увеличения изначально заданных сроков;
 - ΔT_{DIRi} – срок совмещения соответствующего этапа строительства с предыдущим;
 - $P_{риска}^-$ – средняя вероятность выполнения строительных работ после наступления рисков.

Прогнозируемое влияние i -го риска на сроки строительства m_i принимается в процентах увеличения директивных сроков. Например, если прогнозируемое увеличение составляет 10%, то m_i в формуле 3 следует принимать 1.1. Если прогнозируемое увеличение по риску m_1 составляет 10%, по риску m_2 составляет 20%, по риску m_3 составляет 15%, в формуле 4 следует принимать:

$$\sum_{i=1}^n m_i = (1.1 + 1.2 + 1.15) = 1.45$$

По аналогичной методике, располагая данными о влиянии рисков на стоимость каждого этапа строительства МФК, представляется возможным рассчитать увеличение сметной (бюджетной) стоимости проекта с учетом рисков. Стоимость строительства ключевых стадий условного МФК с учетом выявленных факторов влияния определяется по формуле

$$P_i = P_{USTi} + P_{USTi} \sum_{i=1}^n k_i p_i M_i \tag{6}$$

Стоимость реализации проекта МФК с учетом влияния рисков определяется по формуле:

$$P_{IP} = \sum_{i=1}^n (P_{USTi} + P_{USTi} \sum_{i=1}^n k_i p_i M_i) \tag{7}$$

Где:

P_{np} - стоимость реализации проекта с учетом рисков;

P_i – стоимость реализации определенной стадии проекта с учетом риска;

P_{USTi} – установленная сметная (бюджетная) стоимость соответствующего этапа проекта, рассчитанная на основании технико-экономических показателей (млн руб.);

k_i – коэффициент вероятности наступления события i -го негативного фактора влияния;

p_i – прогнозируемое влияние i -го негативного фактора на стоимость проекта (млн руб./событие);

M_i – количество событий i -го негативного фактора влияния (события);

Для управления строительными рисками используется ряд приемов: в основном они состоят из средств разрешения рисков и приемов снижения степени риска. Основными известными средствами управления рисками при реализации строительных проектов являются: избегание (отказ от риска), передача риска, страхование риска, сокращение степени риска, удержание риска (принятие на себя). Примерная классификация методов управления строительными рисками приведена на рисунке 4.



Рис. 4 - примерная классификация предупреждающих и компенсационных мероприятий

Для нейтрализации негативного влияния строительных рисков и обеспечения необходимого уровня ОТН необходимо разработать комплекс предупреждающих и компенсационных паллиативных мероприятий, которые помогут предотвратить наступление рисков, или компенсировать негативное воздействие, если предотвратить наступление риска не представляется возможным. Необходимо оценить стоимость применения компенсационного мероприятия, степень устранения негативного воздействия, влияние предлагаемых мероприятий на строки и стоимость строительства. Целесообразно проводить эту работу также при помощи квалифицированных экспертов. На основании проведенного анализа заполняется таблица, аналогичная приведенной ниже таблице 2.

Таблица 2 – влияние паллиативных мероприятий

Предлагаемые мероприятия		Ст-сть компенса-ионного мер-ия (P_m тыс. рублей)	Эффективность устранения негативного воздействия (%)	Влияние на сроки соотв. этапа % сокращения	Влияние на стоимость соотв. этапа % сокращения
1	Закладка в проект отечественных строительных материалов и оборудования.	-	20%	1,9%	1,3%
2	Постоянное отслеживание изменений миграционного законодательства.	-	40%	1,3%	0,2%
3	Вариантное проектирование, разработка и оценка альтернативных решений, выбор оптимального на стадии «Проект».	...	70%	7,0%	4,7%
...

Располагая экспертными и / или статистическими данными о влиянии предупреждающих и компенсационных паллиативных мероприятий на сроки и стоимость строительства объекта МФК, представляется возможным сформировать математическую модель оценки влияние этих мероприятий на сроки и стоимость строительства проекта.

Срок строительства определенной работы или этапа с учетом влияния позитивных предупреждающих и компенсационных мероприятий определяем по следующей формуле:

$$T_i = T_{DIRi\eta} / P_{ucx} - (T_{DIRi} - T_{DIRi\eta}) \cdot n_j \tag{8}$$

В случае, если для определенной на работы (этапа строительства) применяется несколько компенсационных мероприятий, срок строительства этого этапа определяется по следующей формуле:

$$T_i = T_{DIRi\eta} / P_{ucx} - (T_{DIRi} - T_{DIRi\eta}) \cdot \sum_{j=1}^n n_j \tag{9}$$

Продолжительность строительства определенного этапа или работы с учетом негативных факторов влияния и позитивных мероприятий по их предупреждению и нейтрализации:

$$T_i = T_{DIRi\eta} / P_{ucx} + (T_{DIRi} - T_{DIRi\eta}) \cdot \sum_{i=1}^n m_i - (T_{DIRi} - T_{DIRi\eta}) \cdot \sum_{j=1}^n n_j \tag{10}$$

Срок строительства всего проекта МФК с учетом негативных факторов и позитивных мероприятий:

$$T = \sum_{i=1}^n (T_{DIRi\eta} / P_{ucx} + (T_{DIRi} - T_{DIRi\eta}) \cdot (\sum_{i=1}^n m_i - \sum_{j=1}^n n_j)) - \sum_{i=2}^n \Delta T_{DIRi} / (\sum_{i=1}^n m_i / \sum_{j=1}^n n_j) \tag{11}$$

Стоимость реализации проекта МФК с учетом влияния рисков и компенсационных мероприятий определяется по формуле:

$$P = \sum_{i=1}^n (P_{USTi} + P_{USTi} \sum_{i=1}^n (k_i p_i M_i - h_j N_j) + \sum_{j=1}^m P_{mj}) \tag{12}$$

Где:

$T_i, T_{DIR}, T_{DIR\eta}, P_{ucx}$ – то же, что в формулах 1-7,

N_j – количество событий j -го позитивного фактора влияния (события);

P_{mj} – стоимость применения j -го компенсационного мероприятия.

n_j – прогнозируемое влияние j -го мероприятия на сроки строительства проекта в % сокращения изначально заданных сроков;

h_j – прогнозируемое влияние j -го позитивного фактора на стоимость реализации проекта (млн руб./событие);

$\sum_{j=1}^n n_j$ - сумма влияния предупреждающих и компенсационных мероприятий на сроки реализации определенной работы (этапа) строительства. *Например:* если для нейтрализации определенного негативного фактора применяется три мероприятия, с то $n_1 = 3\%$, $n_2 = 5\%$, $n_3 = 2\%$; $\sum_{j=1}^n n_j = 1.03+1.05+1.02=1$.

Таким образом, располагая данными о прогнозируемом влиянии рисков и данными о влиянии предупреждающих и компенсационных паллиативных мероприятий на сроки строительства, а также данными о моменте наступления риска (T_{DIRn}), по приведенным формулам можно рассчитать сроки и стоимость строительства с учетом негативных факторов и позитивных мероприятий по их нейтрализации и предупреждению. Данный расчет позволит оценить эффективность и достаточность предлагаемых компенсационных мероприятий, и позволит своевременно принять дополнительные мероприятия в случае необходимости.

Список литературы / References

1. Гусаков А.А. Организационно-технологическая надёжность строительства / А. А. Гусаков, С. А. Веремеенко, А. В. Гинзбург и др. – М.: Издательство SvR-Аргус, 1994. – 252 с.
2. Гинзбург А.В. Организационно-техническая надёжность строительства / А. В. Гинзбург. – М.: Издательство Фонд «Новое тысячелетие», 2002. – 782 с.
3. Телегина Е. Об управлении рисками при реализации долгосрочных проектов [Текст] / Е. Телегина // Деньги и кредит. – 1995. – № 1. – С. 57–59.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gusakov A.A. Organizacionno-tehnologicheskaja nadjozhnost' stroitel'stva [Organizational and technological reliability of construction] / A. A. Gusakov, S. A. Veremeenko, A. V. Ginzburg i dr. – М.: Izdatel'stvo SvR-Argus, 1994. – 252 p. [in Russian]
2. Ginzburg A.V. Organizacionno-tehnicheskaja nadezhnost' stroitel'stva [Organizational and technological reliability of construction] / A. V. Ginzburg. – М.: Izdatel'stvo Fond «Novoe tysjacheletie», 2002. – 782 p. [in Russian]
3. Telegina E. Ob upravlenii riskami pri realizacii dolgosrochnyh proektov [Tekst] [About the risk management in the implementation of long-term projects [Text]] / E. Telegina // Den'gi i kredit [Money and credit]. – 1995. – № 1. – P. 57–59. [in Russian]