

Выявление значимости факторов технических рисков на этапе возведения многоэтажных жилых зданий

К.А. Назарова¹, М.М. Мануйлов²

¹*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва*

²*Подольский колледж имени А. В. Никулина, Подольск*

Аннотация: В ходе реализации инвестиционно-строительного проекта объектов гражданского назначения возникает ряд рисков. Данные риски связаны прежде всего со спецификой устройства инженерных систем, организационно-технологическими решениями, характером воздействия на окружающую среду и застройку, архитектурно-строительными особенностями, требованиями гражданской охраны чрезвычайных ситуации и пожарной безопасности. Для определения веса факторов принято решение о проведении экспертного опроса. В исследовании было определено минимальное количество экспертов, отобраны наиболее значимые факторы технических рисков, влияющих на качество конечного строительного продукта, экологическую безопасность, надежность и безопасность.

Ключевые слова: факторы технических рисков, экспертный опрос, коэффициент конкордации Кэндалла, коэффициент Пирсона, строительство многоэтажных жилых зданий.

Введение

Рассмотрение наиболее значимых технических рисков обусловлено поддержкой и созданием программ по увеличению объема сектора многоэтажной жилой застройки, необходимостью в обеспечении решений социальных проблем населения, в том числе демографического кризиса и доступности жилья для всех слоев населения [1].

Изучение вопросов возникновения технических рисков позволит оценить степень их влияния на качество производимой строительной продукции, стоимость и продолжительность при реализации инвестиционно-строительного проекта [2].

Материалы и методы

Как правило, на возникновение рисков влияет совокупность тех или иных факторов под влиянием которых вероятность их возникновения наибольшая. [3]

В ходе исследования были выявлены группы наиболее значимых факторов, возникающих при возведении многоэтажных зданий и сооружений на рис.1. [4-6]



1

АРХИТЕКТУРНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

- 1.Отсутствие в проектно-конструкторской документации узлов, необходимых графических материалов в стадии «Рабочая документация» (x1.1);
- 2.Низкое качество подготовленных конструкций под дальнейшую отделку (x1.2);
- 3.Некачественный авторский надзор либо его отсутствие (x1.3);
- 4.Отклонения конструкций от вертикали, превышающие максимально допустимые значения (x1.4);
- 5.Отсутствие технологических отверстий в плитах перекрытий (x1.5);
- 6.Отсутствие согласованности между проектировщиками при проектировании в среде информационного моделирования (x1.6);



2

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ, В ТОМ ЧИСЛЕ: СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ; ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОТОПЛЕНИЯ.

- 1.Несоответствия размеров/характеристик инженерных систем требуемым (x2.1);
- 2.Монтаж разными исполнителями (x2.2);
- 3.Отсутствие/неполнота технических условий подключения к внешним сетям (x2.3);
- 4.Низкое качество стыков (x2.4);
- 5.Несоответствия на этапе строительства с другими инженерными системами и конструктивными решениями (x2.5);



3

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ, В ТОМ ЧИСЛЕ: СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

- 1.Нарушения правил прокладки кабелей (x3.1);
- 2.Нарушения техники безопасности проведения работ под напряжением (x3.2);
- 3.Неправильный монтаж систем заземления (x3.3);
- 4.Повреждение элементов оборудования при монтаже, доставке на монтажный горизонт (x3.4);
- 5.Некачественная изоляция (x3.5);



4

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

- 1.Отсутствие современного оборудования с высокой производительностью (x4.1);
- 2.Отсутствие промышленных опалубочных систем (x4.2);
- 3.Отсутствие проведения геотехнического мониторинга строительства (x4.3);
- 4.Несоблюдение взаимоувязания во времени и последовательности потоков СМР (x4.4);
- 5.Неквалифицированный, несвоевременный и не в полном объеме проведенный лабораторно-производственный контроль качества (x4.5);
- 6.Срывы поставок сырья, стройматериалов для обеспечения технологической оснащенности (x4.6);



5

ТЕХНИЧЕСКИЕ РИСКИ, СВЯЗАННЫЕ С НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫМИ ОТСТУПЛЕНИЯМИ И НАРУШЕНИЯМИ

- 1.Нарушение требований законодательства в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от ЧС (x5.1);
- 2.Нарушение требований обеспечения пожарной безопасности (x5.2);
- 3.Нарушение и неисполнение антитеррористических мероприятий (x5.3);
- 4.Нарушение экологических требований (x5.4);
- 5.Нарушение требований проектной документации (x5.5);
- 6.Нарушение требований строительно-монтажных работ (x5.6).

Рис. 1. – Реестр технических рисков, возникающих на этапе строительства многоэтажных жилых зданий. (Разработан авторами)

Параметры, представленные на рис. 1, попали в анкету экспертного опроса.

При использовании метода экспертной оценки изначально не ставятся ограничения в количестве экспертов [7]. Однако, для упрощения дальнейших расчетов, необходимо придерживаться выделенной в статье [8] зависимости. В исследование для 28 факторов привлекалось 8 экспертов, так как при проверке мнений 4 экспертов не удалось достичь согласованности мнений.

Оценки представляют собой ранг натуральных чисел от 1 до N по числу сравниваемых параметров без повторений. Чем выше ранг имеет параметр, тем наименьшее значение он имеет в сравнении с другими параметрами [9].

После проведения анкетирования экспертов, проведена обработка результатов исследования.

При обработке результатов, полученных методом априорного ранжирования, в соответствии с [10], используются:

– коэффициент конкордации Кэнделла (W), с помощью которого оценивают согласованность мнений экспертов (1):

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2(k^3 - k)}, \quad (1)$$

где $S = \Delta_i = \left(\sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m x_{ij} \right)^2$ – сумма квадратов разностей рангов (отклонений от среднего); m – число опрошенных экспертов; k – число факторов.

– критерий Пирсона χ^2 , с помощью которого проверяется гипотеза о неслучайности согласия экспертов по формуле (2):

$$\chi_p^2 = m \cdot (k - 1) \times W = \frac{12 \cdot S}{m \cdot k \cdot (k + 1)}, \quad (2)$$

где m – число опрошенных экспертов; k – число факторов; W – коэффициент конкордации Кэнделла.

Результаты

Сводная таблица №1 иллюстрирует оценки экспертов, полученные благодаря проведенному исследованию. Также в данной таблице приведены весовые критерии значимости.

Таблица №1

Сводная таблица результатов ранжирования факторов технического риска по степени значимости

Факторы/эксперты	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Эксперт 6	Эксперт 7	Эксперт 8	Сумма рангов, $\sum x$	Средняя сумма рангов	Вес, w	Среднее на вес, x_i
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
x1.1.	9	14	26	7	3	8	10	8	85	3,04	0,03	0,079
x1.2.	12	17	27	8	6	12	12	10	104	3,71	0,03	0,119
x1.3.	11	18	28	9	5	10	11	12	104	3,71	0,03	0,119
x1.4.	10	16	24	12	2	7	8	7	86	3,07	0,03	0,081
x1.5.	8	15	25	11	4	9	7	9	88	3,14	0,03	0,085
x1.6.	7	13	23	10	1	11	9	11	85	3,04	0,03	0,079
x2.1.	19	19	2	19	20	13	21	16	129	4,61	0,04	0,183
x2.2.	21	21	3	20	21	15	20	13	134	4,79	0,04	0,197
x2.3.	20	20	5	22	22	14	22	14	139	4,96	0,04	0,212
x2.4.	23	22	4	23	19	17	23	17	148	5,29	0,05	0,241
x2.5.	22	23	1	21	23	16	19	15	140	5,00	0,04	0,215
x3.1.	28	27	18	27	25	26	28	26	205	7,32	0,06	0,462
x3.2.	27	24	21	24	24	27	27	27	201	7,18	0,06	0,444
x3.3.	24	26	22	26	26	25	24	25	198	7,07	0,06	0,431
x3.4.	26	25	19	26	27	24	25	24	196	7,00	0,06	0,422
x3.5.	25	28	20	28	28	28	26	28	211	7,54	0,06	0,489
x4.1.	1	9	13	4	8	2	3	2	42	1,50	0,01	0,019
x4.2.	2	10	12	1	10	5	2	5	47	1,68	0,01	0,024
x4.3.	3	11	15	6	9	4	1	4	53	1,89	0,02	0,031
x4.4.	6	7	16	3	12	1	6	1	52	1,86	0,02	0,030
x4.5.	5	8	14	5	11	3	5	3	54	1,93	0,02	0,032
x4.6.	4	12	17	2	7	6	4	6	58	2,07	0,02	0,037
x5.1.	13	2	9	15	13	20	13	20	105	3,75	0,03	0,121
x5.2.	17	1	6	18	15	19	15	19	110	3,93	0,03	0,133
x5.3.	16	3	11	17	14	21	14	21	117	4,18	0,04	0,150
x5.4.	18	6	10	14	16	23	16	23	126	4,50	0,04	0,175
x5.5.	14	4	8	13	17	18	18	18	110	3,93	0,03	0,133
x5.6.	15	5	7	16	18	22	17	22	122	4,36	0,04	0,164

При проведении проверки согласованности мнений экспертов расчётный коэффициент исследования конкордации Кэнделла равен:

$$W = \frac{12 \cdot 69650,96}{8^2(28^3 - 28)} = 0,6 \geq 0,5 - \text{ проверка выполняется. Это доказывает, что}$$

мнение экспертов согласованно.

В ходе проверки значимость коэффициента конкордации Кэнделла, проводится расчет коэффициента Пирсона.

$$\chi_p^2 = 8 \cdot (28 - 1) \times 0,6 = 129,6$$

При заявленном уровне значимости $q = 0,05\%$ степень свободы $f = 28 - 1 = 27$.

Согласно таблицам критических значений критерия Пирсона (χ^2 - критерия) для различного уровня значимости q (%) и числа степеней свободы f , табличное значение будет равно $\chi^2 = 40,10$.

$129,6 > 40,10 \Rightarrow \chi_p^2 > \chi^2$ - проверка выполняется. Гипотеза о согласии групп экспертов при ранжировании верна.

После присвоения всем факторам веса необходимо найти среднеквадратическое отклонение по формуле (3):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{k}} \quad (3)$$

Где x_i - общий весовой показатель, характеризующий вес i -го показателя; \bar{x} - среднее значение общих весовых показателей факторов технического риска; k - количество факторов.

$$\sigma = \sqrt{\frac{0,0565}{28}} = 0,14, \text{ тогда } 2\sigma = 0,28$$

Согласно нормальному распределению, при отборе факторов технических рисков наиболее значимыми из них оказались 23 фактора, представленные в таблице №2.

Таблица №2

Реестр проранжированных технических рисков

№ п/п	Наименование фактора технического риска	Весовой критерий
1	2	3
x4.1.	Отсутствие современного оборудования с высокой производительностью	0,0194
x4.2.	Отсутствие промышленных опалубочных систем	0,0243
x4.4.	Несоблюдение взаимоувязания во времени и последовательности СМР	0,0297
x4.3.	Отсутствие проведения геотехнического мониторинга строительства	0,0309
x4.5.	Неквалифицированный, несвоевременный и не в полном объеме проведенный лабораторно-производственный и строительный контроль качества	0,0321
x4.6.	Срывы поставок сырья, стройматериалов, комплектующих для обеспечения технологической оснащенности подрядными организациями	0,0370
x1.1.	Отсутствие в проектно-конструкторской документации узлов необходимых графических материалов в стадии «Рабочая документация»;	0,0794
x1.6.	Отсутствие согласованности между проектировщиками при проектировании в среде информационного моделирования.	0,0794
x1.4.	Отклонения конструкций от вертикали, превышающие максимально допустимые значения	0,0813
x1.5.	Отсутствие технологических отверстий в плитах перекрытий	0,0851
x1.2.	Низкое качество конструкций, подготовленных под дальнейшую отделку;	0,1189
x1.3.	Некачественный авторский надзор, либо его отсутствие	0,1189
x5.1.	Нарушение требований законодательства в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от ЧС	0,1212
x5.2.	Нарушение требований обеспечения пожарной безопасности	0,1330
x5.5.	Нарушение требований проектной документации	0,1330
x5.3.	Нарушение и неисполнение антитеррористических мероприятий	0,1505
x5.6.	Нарушение требований строительно-монтажных работ	0,1636
x5.4.	Нарушение экологических требований	0,1745
x2.1.	Несоответствия размеров/характеристик инженерных систем и конструкций требуемым	0,1829
x2.2.	Монтаж систем разными исполнителями	0,1974
x2.3.	Отсутствие/неполнота технических условий подключения к внешним сетям	0,2124
x2.5.	Несоответствия на этапе строительства с другими инженерными системами и конструктивными решениями	0,2155
x2.4.	Низкое качество стыков и т.д.	0,2408
x3.4.	Повреждение элементов оборудования при монтаже, доставке на монтажный горизонт	0,4223
x3.3.	Неправильный монтаж систем заземления	0,4309
x3.2.	Нарушения техники безопасности проведения работ под напряжением	0,4441
x3.1.	Нарушения правил прокладки кабелей	0,4620
x3.5.	Некачественная изоляция	0,4894

При отборе факторов технических рисков, согласно закону нормального распределения, в реестр не вошли факторы, относящиеся к группе инженерных систем, в том числе, системы электроснабжения.

Заключение

1. В исследовании рассмотрены и систематизированы факторы технических рисков. Создана анкета экспертного опроса и на ее основе проведено исследование наиболее значимых факторов технических рисков, влияющих на качество и безопасность строительства многоэтажных жилых зданий.

2. В исследовании был найден весовой критерий каждого фактора. Наибольшее влияние, по мнению экспертов, имеет фактор риска - отсутствие современного оборудования с высокой производительностью; а наименее значимо - низкое качество стыков инженерных систем. Данные результаты могут быть использованы в дальнейшем исследовании.

Литература

1. Wu Z., Nisar T., Kapletia D., Prabhakar G., Risk factors for project success in the Chinese construction industry // Journal of Manufacturing Technology Management. 2017. 28(7). pp. 225-235.

2. Nicuță A., Butnaru B. Analysis of Risk Factors in Construction Industry // Bulletin of the Polytechnic Institute of Jassy, Constructions. Architecture Section. 2018. pp. 10-18.

3. Савушкина Т.Ю., Зенов В.С., Зеленцов А.С., Лapidус А.А. Потенциал эффективности комплексной оценки качества строительства от этапа проектирования до ввода объекта в эксплуатацию // Инженерный вестник Дона. – 2019. – №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5749

4. Назарова К.А., Лapidус А.А. Особенности формирования факторов технических рисков, возникающих при строительстве многоэтажных зданий // Вестник Евразийской науки. – 2021. – №3. URL: esj.today/11SAVN321.html

5. Кошелев В.А. Источники рисков в строительстве // Интернет-журнал «Наукоедение». – 2015. – №1. URL: naukovedenie.ru/PDF/12EVN115.pdf
6. Светловская А.Ю., Нелина В.В. Анализ рисков, возникающих в строительных организациях на этапе строительного-монтажных работ // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ" – 2017. – №1. – С. 215-222.
7. Базанова И.А., Орынбет М.М., Амирхожаева Д.А., Хамзиева А.Л. Метод экспертной оценки эффективности защитных сооружений // Наука и инновационные технологии. – 2018г. – №3. – С. 147-150.
8. Загорская А.В., Лapidус А.А. Применение методов экспертной оценки в научном исследовании. Необходимое количество экспертов // Строительное производство. – 2020. – №3. – С. 21-34.
9. Малкаров А.А., Кужин М.Ф. Выбор организационно-технологических решений производства фасадных работ при строительстве многоэтажных жилых домов // Вестник евразийской науки. – 2019. – №5. URL: esj.today/62SAVN519.html
10. Ефимов В.В. Выявление значимости параметров необходимых для выбора оптимального комплекта машин для производства земляных работ в условиях городской застройки // Инженерный вестник Дона. – 2021. – №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7067.

References

1. Wu Z., Nisar T., Kapletia D., Prabhakar G., Journal of Manufacturing Technology Management. 2017. 28(7). pp. 225-235.
2. Nicuță A., Butnaru B. Bulletin of the Polytechnic Institute of Jassy, Constructions. Architecture Section. 2018. pp. 10-18.



3. Savushkina T.Yu., Zenov V.S., Zelenczov A.S., Lapidus A.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5749
4. Nazarova K.A., Lapidus A.A. Vestnik Evrazijskoj nauki, 2021. №3. URL: esj.today/11SAVN321.html
5. Koshelev V.A. Internet-zhurnal «Naukovedenie». 2015. №1. URL: naukovedenie.ru/PDF/12EVN115.pdf
6. Svetlovskaya A.Yu., Nelina V.V. E`lektronny`j setevoy politematicheskij zhurnal "Nauchny`e trudy` KubGTU". 2017. №1. pp. 215-222.
7. Bazanova I.A., Ory`nbet M.M., Amirxozhaeva D.A., Xamzieva A.L. Nauka i innovacionny`e texnologii. 2018. №3. pp. 147-150.
8. Zagorskaya A.V., Lapidus A.A. Stroitel`noe proizvodstvo. 2020. №3. pp. 21-34.
9. Malkarov A.A., Kuzhin M.F. Vestnik evrazijskoj nauki. 2019. №5. URL: esj.today/62SAVN519.html
10. Efimov V.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. №7 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7067.