

Общие принципы оценки риска при проектировании зданий и сооружений

О.В. Смирнова¹, К.В. Авдеев², Н.А. Полянский^{1,2}

¹*Российский университет транспорта, Москва*

²*Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений, Москва*

Аннотация: При решении задачи обеспечения механической безопасности зданий и сооружений, согласно ГОСТ 27551-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения», допускается применять риск-ориентированный подход. Обязательным этапом данного подхода является прогноз ожидаемой ситуации риска аварии объекта. В связи с тем, что действующие нормативные документы по рискам не отражают всех особенностей напряженно-деформированного состояния строительных конструкций и оснований зданий и сооружений при эксплуатации и, следовательно, не позволяют достаточно точно оценить безопасность конструктивных систем, оценка риска для строительных и несущих конструкций является весьма актуальной научно-технической проблемой.

Ключевые слова: здание, строительные конструкции, проектирование, разрушение, безопасность, риск аварии, оценка риска, управление риском, мониторинг и анализ рисков.

Введение

Согласно Федеральному закону от 27.12.2002 N 184-ФЗ (ред. от 23.06.2014) «О техническом регулировании», риск — это допустимость причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений, при этом учитывается тяжесть этого вреда.

В последнее время проблеме оценки рисков в строительстве уделяют все больше внимания. Методика оценки рисков на этапе проектирования строительных конструкций могут быть разными, но в целом оценка проводится на общих основаниях [1].

Выявление опасностей и их последствий – основной процесс при оценке рисков. Риски могут быть связаны не только со строительными и несущими конструкциями, но и с инженерными системами, поскольку выход

из рабочего состояния элементов конструкций имеет серьезные последствия для инженерных систем, а отказ систем (системы противопожарной защиты и т.д.) может иметь критические последствия для всего здания или сооружения. Именно поэтому меры управления риском строительных конструкций закладывают ещё на этапе проектирования зданий и сооружений.

Для определения категории риска используют признаки зданий и сооружений, которые предусмотрены пунктами 1 и 2 части 1 статьи 4 ФЗ №384 от 30 декабря 2009 г. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

В ранее опубликованных работах [2] были исследованы и описаны различные методы оценки риска аварии строительных конструкций с учетом положений ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» с привязкой к категориям технического состояния [3].

Общие положения

На всех этапах оценки риска нужно актуализировать последнюю информацию, которая используется в качестве исходных данных для статистического анализа, моделирования или применения технологий.

Сбор информации, цели, объем оценки и технологий – данные для каждого индивидуального случая, которые будут использоваться для анализа. Далее следует определить способы сбора, хранения и предоставления информации.

В одно время с решением о получении результатов оценки риска необходимо решить, как эти результаты будут переданы, каким образом будут храниться, актуализироваться и как будут предоставляться группе, организациям, которые могут воздействовать на риск, находиться под его воздействием или считать себя подверженным воздействию риска [4]. Источники получения информации также необходимо предоставить.

Процесс оценки риска зачастую состоит из: постановки целей, оценки риска, управления риском, обмена информацией, а также мониторинга и анализа. На рис. 1 показана схема процесса оценки рисков.

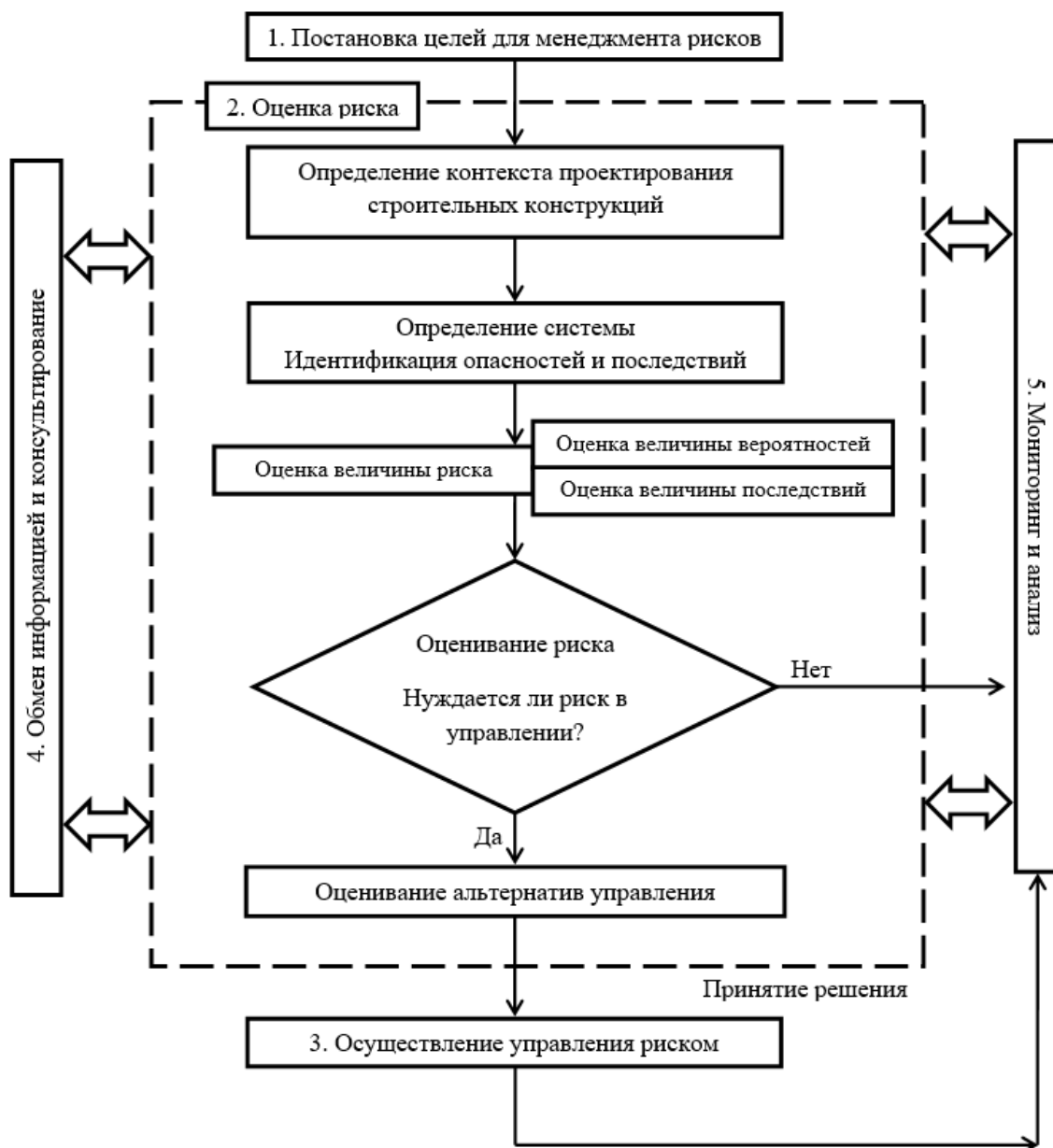


Рис. 1. – Схема процесса оценки рисков (общая) (ГОСТ Р ИСО 13824-2013)

Оценка риска состоит из:

- распознавания опасностей и их последствий;
- определения контекста проектирования конструкций;
- оценки объема риска;

- оценивания риска;
- определения структуры системы;
- вариантов управления риском, при принятии решения об управлении риском.

Для понимания целей проведения оценки риска рассмотрим связь проектирования строительных конструкций и трактования вариантов управления риском, несмотря на их нахождение вне рамок оценки риска.

Учитывая экономические эффективности и/или других критерии социальной значимости, принимают меры по понижению риска.

Обмен информацией, а также консультирование должны быть организованы со всеми участниками процесса отдельно по каждому элементу процесса и в целом по процессу оценки риска.

Вне зависимости от того, проводится регулирование риском или нет, осуществляют отслеживание уровня риска для сохранения его на установленном уровне. Дополнительно осуществляют проверку эффективности функционирования всех элементов процесса контроля риска.

Идентификация последствий и опасностей

На несущие конструкции на протяжении всего срока их эксплуатации воздействуют различные природные и техногенные угрозы, которые вероятно могут повлечь за собой аварийные ситуации. Все риски, которые могут привести к наихудшим последствиям, должны быть обязательно идентифицированы. Анализ сценариев проводят в отношении опасностей, приводящих к событиям вне зависимости от человеческого фактора (например, наводнение или пожар).

Когда идентификация возможной опасности установлена, определяется (прогнозируется) сценарий. Сценарий – качественная характеристика некоторых последовательных друг за другом событий во времени и

пространстве, а также их зависимость при возникновении опасности (ГОСТ Р ИСО 13824-2013). Существует ряд методов толкования последствий, вероятности и риска: анализ дерева событий, анализ дерева отказов, анализ причинно-следственных связей, байесовский анализ, байесовские сети, марковский анализ и т.д. [5]. Дерево событий и анализ дерева отказов являются основополагающими методами, которые используют для примерного представления сценария.

Анализ дерева событий – метод, графически демонстрирующий взаимоисключающие (несовместимые) цепочки событий, следующих за исходным событием, согласно работе или выходу из строя различных систем.

Анализ дерева отказов – это метод нахождения и разбора факторов, при которых появляется вероятность негативного события.

Сценарий включает в себя:

- утрату функциональности;
- гибель людей и травмы при несоблюдении охраны труда [6];
- разрушение строительной структуры;
- повреждение строительных структур (коррозия и т.д. [7]);
- экономический ущерб.

К сценарию можно отнести и исключение одного элемента строительной конструкции из общей конструктивной схемы здания или сооружения (прогрессирующее обрушение).

Исход опасностей и последующие события необходимо идентифицировать. Описывают их в форме последовательности показателей, таких, как число погибших, денежные потери и т.д. Анализируя сценарий с учётом размера влияния произошедшей аварии несущих и строительных конструкций, можно выявить некоторые последствия.

При анализе величины риска опасностей, которые являются значимыми для системы, совершается контроль и проверка среди всех учтённых

возможных опасностей. Индивидуальные особенности и возможные последствия присущи каждой опасности. В связи с этим, рекомендована группировка опасности по следующим причинам:

- первоисточник;
- количественное выражение;
- важность последствий.

Предварительную оценку величины риска осуществляют для выявления значительных рисков. Именно на объеме риска, определенном на момент заблаговременной оценки величины риска, основаны критерии отбора опасностей. Также возможны и полезны критерии, зависящие от значимости соответствующих последствий и/или от частоты возникновения опасности. При оценке могут не принимать во внимание опасности с явно маленьким риском в сравнении с оптимальным уровнем.

Критерии отбора опасностей, вероятно, основаны на ранее известном опыте, человеческом понимании и других идентичных понятиях и должны быть описаны в результатах периодичности возникновения события и размера его последствий [8, 9]. Схема идентификации опасности представлена на рис. 2.

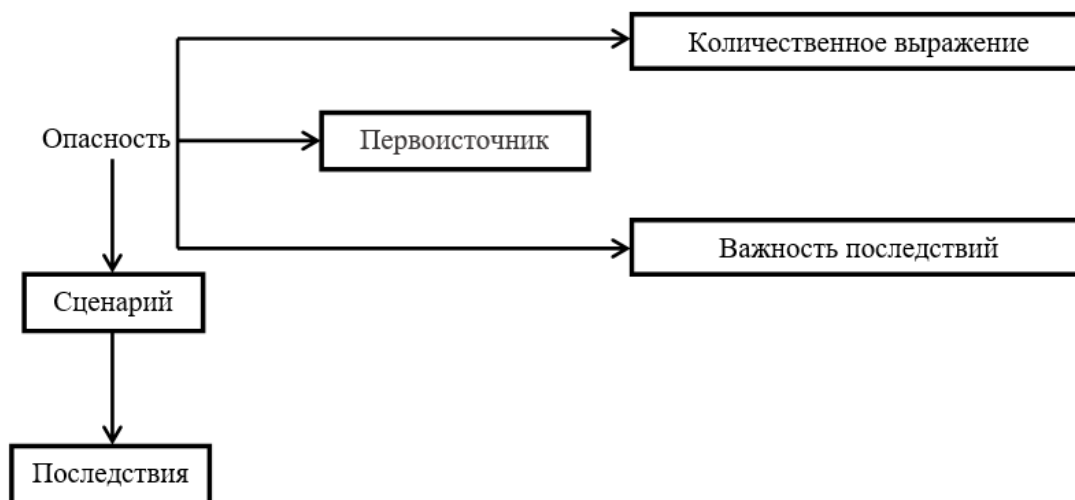


Рис. 2. – Схема идентификации опасности

Оценка величины риска

Оценку величины риска проводят согласно:

- необходимому уровню конкретики;
- задаче такой оценки;
- доступным данным и ресурсам.

Типы(категории) оценки величины риска в зависимости от определенных обстоятельств:

- качественная;
- полуколичественная;
- количественная.

Количественную оценку часто применяют на практике, как первичную оценку размера риска. Требуется это для приобретения общих сведений о величине риска и нахождении рисков, подвергнутых изучению [10].

Субъективные выводы и последующее присвоение к какой-либо категории описательным способом используются при качественной оценке риска. Случаи применения качественной оценки риска:

- первичная мера обнаружения рисков, нуждающихся в более детальной оценке;
- события, обеспечивающие достоверную информацию в полном объеме для принятия решения;
- обстоятельства, для которых недостаточны ресурсы и числовые данные для качественной оценки.

Вероятности, которые могут привести к нарушению целостности конструкции:

- неверно принятые решения при проектировании;

- нарушение технологий при выполнении строительно-монтажных работ;
- экстремальные значения климатических воздействий;
- сейсмические воздействия;
- иные воздействия, такие, как взрыв, пожар;
- расчетная ситуация (прогрессирующее обрушение).

При полуколичественной оценке используется более широкая шкала классификации по сравнению с количественной оценкой. Однако при этом возможны расхождения, неправильная или неадекватная интерпретация результатов, потому что относительные показатели могут быть неправильно выражены выбранными значениями.

Количественная оценка отличается от качественной и полуколичественной тем, что в ней используются числовые значения последствий и вероятности на основе данных из ряда источников. Точность и полнота числовых данных, а также достоверность используемых моделей – вот ключевые факторы, влияющие на качество оценки.

В случае оценки вероятности рекомендуется использовать максимально значимые методы и источники информации.

Источники информации включают в себя:

- практические сведения и важные данные (сбор эксплуатационных данных);
 - эксперименты и прототипы;
 - сведения прошедших периодов;
 - опубликованные данные (данные о происшествиях);
 - понимания специалистов (экспертные мнения);
 - инженерные модели.
-

Представление риска

При выполнении расчетов для подтверждения устойчивости строительных конструкций здания к прогрессирующему обрушению выполняют выбор сценариев на основе критериев, указанных в СП 385.13525800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения». Если это сопоставить с оценкой риска и её этапами, то такой выбор является процедурой оценивания риска опасностей. Первопричиной становится исключение элемента системы строительных конструкций, количественным выражением – результат расчета, а значимостью последствий – обеспечение несущей способности остальных элементов или их разрушение.

Так как при оценке риска прогрессирующего обрушения используют числовые значения последствий, применяют только количественную оценку, без учета качественной или полукачественной оценки.

Принятые в процессе оценки размера риска результаты представляют с максимальной прозрачностью причастным сторонам. Один из примеров: приведение к общим показателям (потенциальные человеческие жертвы). После этого результаты соотносят с возможностью появления других опасностей и сравнивают с иными критическими видами работы или другой величиной риска.

Если результат оценивая риска представляют качественно, то его причисляют к одной из категории (высокий, средний или низкий риск). Комбинация вероятностей и последствий и есть количественное представление риска.

Выводы

Достоинствами количественного метода являются: использование объективных данных для определения показателей риска, формализация процедуры, объективная информация для страхования рисков объекта,

однако требуется квалифицированное владение расчетно-аналитическими методами.

Шанс получить оценку риска при сжатом наборе первичных данных, быстрое решение проблем (например, использование “мозгового штурма”), произвести учет влияния человеческого фактора – преимущества качественного и полуколичественного методов. Но для этого требуется наличие специалистов, обладающих соответствующим уровнем компетенции, и проведение сложных процедур обработки данных.

Учитывая вышеизложенное, нужно отметить, что при анализе проекта здания или сооружения необходимо учитывать особенности каждого из методов оценки рисков, которые имеют свои неопределенности. В результате дальнейших исследований, авторы планируют подготовить предложения по совершенствованию методик оценки риска на стадии проектирования зданий и сооружений.

Литература

1. Захаров О. А., Баулин А. В. Методика обеспечения качества и безопасности гражданских зданий при их возведении посредством риск-ориентированного контроля, анализа значимости дефектов, оценки и регулирования системы обеспечения качества // Альманах Крым. 2021. №24. С. 31-36.
2. Федотова М. И., Шмелев Г. Д. Прогноз риска аварии несущих строительных конструкций на основе расчета снижения несущей способности // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2022. № 2(21). С. 30-37. DOI: 10.36622/VSTU.2021.21.2.003.
3. Тамразян А. Г. Основные принципы оценки риска при проектировании зданий и сооружений // Вестник МГСУ. 2011. С. 21-27.
4. Головина Н. В., Шмелев Г.Д. Сравнительный анализ нелинейных моделей прогнозирования остаточного ресурса и работоспособности

конструктивных элементов жилых зданий // Вестник МГСУ. 2016. № 5. С. 10-17.

5. Ведяков И. И., Соловьев Д. В., Коваленко А. И. Вероятностный подход к оценке риска прогрессирующего обрушения // Промышленное и гражданское строительство. 2021. №10. С. 36-43. DOI: 10.33622/0869-7019.2021.10.36-43.

6. Стасева Е.В., Пушенко С.Л. Основы методического подхода к совершенствованию организации охраны труда в строительстве на основе системы управления рисками // Инженерный вестник Дона. 2012. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1947.

7. Новоженин В.П., Карлина И.Н. К вопросу выбора защиты строительных конструкций на предприятиях с агрессивными средами // Инженерный вестник Дона. 2012. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1248.

8. Rykov V., Ivanova N., Farhadov M. On principles of risk analysis with a practical example // Reliability: Theory & Applications. 2022. №3(66). С. 38-41.

9. Henley E.J., Kumamoto H. Probabilistic risk assessment: Reliability Engineering, Design, and Analysis // IEEE Press. New York. 1992. P. 596.

10. Шмелев Г. Д., Сазонов Э.В., Кононова М.С. Мониторинг и прогноз технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2021. № 3(18). С. 9-18. DOI: 10.36622/VSTU.2021.18.3.001.

References

1. Zaharov O. A., Baulin A. V. Al`manax Kry`m. 2021. №24. 31-36 p.
2. Fedotova M. I., Shmelev G. D. Zhilishhnoe hozyajstvo i kommunal`naya infrastruktura. 2022. № 2(21). 30-37 p. DOI: 10.36622/VSTU.2021.21.2.003.
3. Tamrazyan A. G. Vestnik MGSU. 2011. Pp. 21-27.
4. Golovina N. V., Shmelev G.D. Vestnik MGSU. 2016. № 5. Pp. 10-17.



5. Vedyakov I. I., Solov`ev D. V., Kovalenko A. I. Promy`shlennoe i grazhdanskoe stroitel`stvo. 2021. №10. Pp. 36-43. DOI: 10.33622/0869-7019.2021.10.36-43.
6. Staseva E.V., Pushenko S.L. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. №4. URL: vdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1947.
7. Novozhenin V.P., Karlina I.N. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1248.
8. Rykov V., Ivanova N., Farhadov M. On principles of risk analysis with a practical example. Reliability: Theory & Applications. 2022. Pp. 38-41.
9. Henley E.J., Kumamoto H. Probabilistic risk assessment: Reliability Engineering, Design, and Analysis. IEEE Press. New York. 1992. P. 596.
10. Shmelev G. D., Sazonov E`V., Kononova M.S. Zhilishhnoe khozyajstvo i kommunal`naya infrastruktura. 2021. № 3(18). Pp. 9-18. DOI: 10.36622/VSTU.2021.18.3.001.