ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 13824— 2013

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕНЕДЖМЕНТА РИСКА

Общие принципы оценки риска при проектировании зданий и сооружений

ISO 13824:2009
Bases for design of structures — General principles on risk assessment of systems involving structures (IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2015

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Институт безопасности труда» (АНО «ИБТ») при участии Открытого акционерного общества «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АО «НИЦ КД») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 10 «Менеджмент риска»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 декабря 2013 г. № 2326-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 13824:2009 «Основы проектирования строительных конструкций. Общие принципы оценки риска систем, включающих строительные конструкции» (ISO 13824:2009 «Bases for design of structures — General principles on risk assessment of systems involving structures»).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (подраздел 3.5).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.ru)

© Стандартинформ, 2015

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 2
4 Общие принципы оценки риска для систем, включающих строительные конструкции . . . 3
4.1 Обзор менеджмента риска для систем, включающих строительные конструкции . . . 3
4.2 Применимость оценки риска . . . 5
5 Определение контекста проектирования строительных конструкций . . . 5
5.1 Контекст проектирования строительных конструкций . . . 5
5.2 Установление основ проектирования . . . 5
5.3 Оценка имеющихся строительных конструкций . . . 6
5.4 Оценка нетиповых строительных конструкций или непредвиденных событий . . . 6
5.5 Подготовка информации о риске для вынесения решения . . . 6
6 Определение системы . . . 6
6.1 Представление системы . . . 6
6.2 Определение подсистем . . . 6
7 Идентификация опасностей и последствий . . . 7
7.1 Идентификация возможных опасностей . . . 7
7.2 Определение масштаба сценариев . . . 7
7.3 Идентификация последствий . . . 7
7.4 Отбор опасностей . . . 7
8 Оценка величины риска . . . 7
8.1 Виды оценки величины риска . . . 7
8.2 Данные для оценки . . . 8
8.3 Представление риска . . . 8
8.4 Оценка величины вероятности . . . 8
8.5 Оценка величины последствий . . . 9
8.6 Расчет риска . . . 9
8.7 Анализ чувствительности . . . 9
9 Оценивание риска . . . 9
9.1 Принятие риска . . . 9
9.2 Критерии риска . . . 9
10 Оценка вариантов для управления риском . . . 10
10.1 Общая информация . . . 10
10.2 Определение вариантов . . . 10
10.3 Оценка вариантов управления риском . . . 10
10.4 Осуществление управления риском . . . 10
11 Отчет . . . 11
Приложение А (справочное) Принципы оценки риска . . . 12
Приложение В (справочное) Примеры непредвиденных событий и нетиповых строительных конструкций для оценки риска . . . 15
Приложение С (справочное) Методы обработки экспертных оценок . . . 16
Приложение D (справочное) Примеры количественного представления риска . . . 18
Приложение Е (справочное) Формулы, используемые при оценке величины риска . . . 21
Приложение F (справочное) Процедура оценки последствий . . . 24
Приложение G (справочное) Примеры мер по управлению риском . . . 26
Приложение Н (справочное) Примеры использования принятия и оптимизации риска . . . 28
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации . . . 32
Библиография . . . 33

Предисловие к ИСО 13824:2009

Международная организация по стандартизации ИСО (ISO) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ИСО). Разработка международных стандартов осуществляется техническими комитетами в ИСО. Каждый комитет-член, заинтересованный в деятельности технического комитета, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные правительственные и неправительственные организации, имеющие связи с ИСО, также принимают участие в работе. Что касается стандартизации в области электротехники, ИСО работает в тесном сотрудничестве с Международной электротехнической комиссией МЭК (IEC).

Международные стандарты проектируются в соответствии с правилами, изложенными в Директивах ИСО/МЭК, часть 2.

Основной задачей технических комитетов является подготовка международных стандартов. Проекты международных стандартов, принятые техническими комитетами, рассылаются комитетам-членам на голосование. Их опубликование в качестве международных стандартов требует одобрения не менее 75 % комитетов-членов, принимающих участие в голосовании.

Следует обратить внимание на то, что некоторые элементы настоящего международного стандарта могут быть объектом патентных прав. ИСО не должна нести ответственность за идентификацию какого-либо одного или всех таких патентных прав.

Стандарт ИСО 13824 подготовлен Техническим комитетом ИСО/ТК 98 «Основы проектирования строительных конструкций», Подкомитет ПК 2 «Надежность строительных конструкций».

Введение

В последнее время в строительстве начали уделять особое внимание проблеме рисков. И хотя оценка рисков для строительных конструкций проводится на общих основаниях, подходы к ней могут меняться в зависимости от ситуации. С этой целью настоящий стандарт предлагает общие основания для оценки рисков, связанных с проектированием, оценкой, обслуживанием и выводом из эксплуатации строительных конструкций. Настоящий стандарт соответствует основополагающему международному стандарту по оценке рисков ИСО 31000, подготовленному ISO/TMB.

Первичными и ключевыми процедурами в оценке рисков являются выявление опасностей и оценка их последствий. Они предполагают не только оценку рисков, связанных с самими строительными конструкциями, но также оценку рисков систем, включающих строительные конструкции, поскольку авария элементов конструкций имеет серьезные последствия для систем, а отказ систем, например, системы противопожарной защиты, может иметь тяжелые последствия для строительных конструкций. При этом меры управления риском предпринимаются еще на этапе проектирования строительных конструкций, что отражено в названии настоящего стандарта.

Настоящий стандарт, наряду с другими соответствующими стандартами по оценке рисков, позиционируется как основополагающий документ для использования в процессе оценки рисков для систем, включающих строительные конструкции.

Приложения А—Н настоящего стандарта приведены в качестве справочных.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕНЕДЖМЕНТА РИСКА

Общие принципы оценки риска при проектировании зданий и сооружений

Practical aspects of management of risk.
General principles risk assessment of systems for designing of buildings and constructions

Дата введения — 2014—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие принципы оценки риска при проектировании зданий и сооружений. В стандарте рассмотрены вопросы принятия стратегических и оперативных решений при проектировании, оценке, обслуживании и выводе из эксплуатации строительных конструкций. К важным вопросам также относятся составление и точное определение соответствующих правил (правовых актов) и стандартов. Системы, включающие строительные конструкции, могут представлять значительный риск для причастных сторон. Цель настоящего стандарта — упростить и улучшить механизмы принятия решений в отношении мониторинга, уменьшения и управления рисками посредством использования эффективных, экономичных и прозрачных методов. В более широком контексте менеджмента риска, оценка риска обеспечивает лиц, принимающих решения, процедурами, позволяющими определять необходимость и способ управления рисками.

Настоящий стандарт устанавливает общие принципы и процедуры по идентификации опасностей, а также оценке и управлению рисками, связанными с конструкциями и системами, включающими строительные конструкции. Кроме этого, настоящий стандарт обеспечивает основу, с помощью которой разработчики стандартов и проектировщики, исходя из результатов оценки рисков, могут устанавливать целевые уровни надежности, например, такие как в ИСО 2394. Для имеющихся строительных конструкций оценка рисков, связанных с неучтенными при начальном проектировании событиями или изменениями в характере использования, будет проводиться согласно принципам, изложенным в настоящем стандарте. Настоящий стандарт также может использоваться для оценки рисков нетиповых строительных конструкций, проектирование которых обычно выходит за рамки области применения действующих стандартов и правил.

2 Нормативные ссылки

Следующие стандарты являются обязательными для применения настоящего стандарта. Для датированных ссылок применяют только цитированное издание. Для недатированных ссылок применяют последнее издание справочного документа (включая какие-либо дополнения).

ИСО 2394 Общие принципы обеспечения надежности строительных конструкций (ISO 2394, General principles on reliability for structures)

ИСО/ТК 16732 Техника пожарной безопасности. Руководство по оценке риска возникновения пожара (ISO/TS 16732, Fire Safety Engineering Guidance on fire risk assessment)

ИСО/МЭК Руководство 51:1999 Аспекты безопасности. Руководящие указания по включению их в стандарты (ISO/IEC Guide 51:1999, Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards)

ИСО Руководство 73 Менеджмент риска. Словарь (ISO Guide 73, Risk management — Vocabulary).

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 2394, ИСО/ТУ 16732, Руководству ИСО/МЭК 51 и Руководству ИСО/МЭК 73, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **приемлемый риск** (acceptable risk): Уровень риска, который принимает отдельное лицо или объединение при получении определенных выгод.

3.2 **анализ затрат и выгод** (cost/benefit analysis): Анализ, помогающий в принятии решения о целесообразности реализации того или иного проекта или плана, осуществляемый посредством количественного определения и сравнения связанных с ним затрат и выгод.

3.3 **непредвиденное событие** (extraordinary event): Событие, которое невозможно предвидеть или предусмотреть с точки зрения эксперта, либо событие, вероятность наступления которого крайне незначительна.

3.4 **опасность** (hazard): Потенциальный источник возникновения нежелательных последствий.

3.4.1 **идентификация опасности** (hazard identification): Процесс выявления, документирования и описания опасности.

3.4.2 **кривая риска** (hazard curve): Вероятность превышения определенной величины риска за определенный период времени.

3.4.3 **отбор опасностей** (hazard screening): Процесс выявления значительных опасностей, которые будут рассматриваться в ходе оценки риска систем, включающих строительные конструкции.

3.5 **вариант** (option): Возможные мероприятия менеджмента риска.

Примечание — Решение о непроведении каких-либо мероприятий может представлять собой целесообразный вариант действий, если другие варианты не позволяют эффективно снизить риск с учетом затрат на их внедрение.

3.6 **надежность** (reliability): Способность конструкции или элемента конструкции отвечать установленным требованиям, включая срок службы, на который они рассчитаны.

3.7 **остаточный риск** (residual risk): Риск, который остается после проведения мероприятий по управлению риском.

3.8 **риск** (risk): Комбинация вероятности или частоты возникновения события и величины ущерба.

Примечание — С позиции теории принятия решений, это ожидаемая величина всех нежелательных последствий, т. е. сумма всех ущербов от какого-либо события с учетом вероятностей их наступления.

3.9 **принятие риска** (risk acceptance): Решение о принятии риска.

3.10 **оценка риска** (risk assessment): Общий процесс определения специфических обстоятельств проектирования строительных конструкций, определения системы, идентификации опасностей и их последствий, оценки величины риска, оценивания вариантов управления риском.

3.11 **расчет риска** (risk calculation): Представление комбинации вероятностей и последствий реализации опасностей в виде скалярной величины для сравнения вариантов риска.

Примечание — См. 8.6.

3.12 **обмен информацией о риске** (risk communication): Обмен или совместное использование информации о риске лицами, принимающими решения, другими причастными сторонами и инженерами.

Примечания

1 Информация может касаться существования, природы, формы, вероятности, серьезности, приемлемости, управления или других связанных с риском аспектов.

2 Инженеры являются основным источником информации о рисках и осуществляют обмен информацией между причастными сторонами.

3.13 **контроль риска** (risk control): Действия, реализующие решения по менеджменту риска.

Примечание — Контроль риска может включать в себя мониторинг, повторную оценку и соблюдение решений.

3.14 **критерии риска** (risk criteria): Критерии, по которым оценивают результаты анализа риска.

Примечания

1 Критерии обычно основаны на правовых актах, стандартах, опыте и/или теоретических знаниях, используемых в качестве основы для принятия решения о приемлемости риска.

2 Критерии риска могут зависеть от затрат и выгод, правовых требований, социальных, экономических и экологических аспектов, интересов причастных сторон, приоритетов и других исходных данных для оценки риска.

3.15 **оценка величины риска** (risk estimation): Процесс присвоения значений вероятности возникновения событий и их последствий.

Примечание — Оценка величины риска может учитывать расходы, выгоды, интересы причастных сторон и другие переменные величины, имеющие отношение к оцениванию риска.

3.16 **оценивание риска** (risk evaluation): Процесс сравнения расчетного риска с заданными критериями риска для определения значимости риска.

Примечание — Оценивание риска может использоваться для выбора решения о принятии риска или его управлении.

3.17 **управление риском** (risk treatment): Процесс отбора и осуществления мер по оптимизации риска.

3.18 **сценарий** (scenario): Качественная характеристика ряда событий во времени и пространстве, а также их взаимосвязь в условиях возникновения опасности.

3.19 **контекст проектирования строительных конструкций** (structural engineering context): Предпосылки или причины выполнения оценки риска при проектировании строительных конструкций.

3.20 **причастная сторона** (stakeholder): Любой индивид, группа, организация или орган, который может воздействовать на риск, сам находится под его воздействием или считает себя подверженным воздействию риска.

Примечание — Лицо, принимающее решения, является причастной стороной.

3.21 **строительная конструкция** (structure): Комбинация материалов, которая, как ожидается, должна выдерживать определенные воздействия и выполнять некоторые предусмотренные функции.

3.22 **система** (system): Ограниченная группа взаимосвязанных, взаимозависимых или взаимодействующих объектов, для которой оценивают риск.

Примечания

1 Это определение подразумевает, что система может быть опознана, состоит из взаимодействующих элементов или подсистем и все ее элементы и границы также могут быть определены.

2 Система, включающая строительные конструкции, содержит в качестве подсистемы конструктивную систему (см. ИСО 2394).

3 На примере технологических рисков, система обычно формируется на основе физической подсистемы, подсистемы, включающей людей, их менеджмента и окружающей среды.

3.23 **нежелательное последствие** (undesirable consequence): Прямой и косвенный ущерб, находящий выражение в виде несчастного случая, гибели, экологического ущерба и экономических потерь.

Примечания

1 Одно событие может повлечь за собой несколько нежелательных последствий.

2 Последствия могут выражаться в количественной и качественной форме.

3 Последствия могут быть как ближайшими, так и отдаленными.

4 Экологический ущерб универсален по своей природе и иногда может включать различные виды ущерба, такие как социальный и политический ущерб.

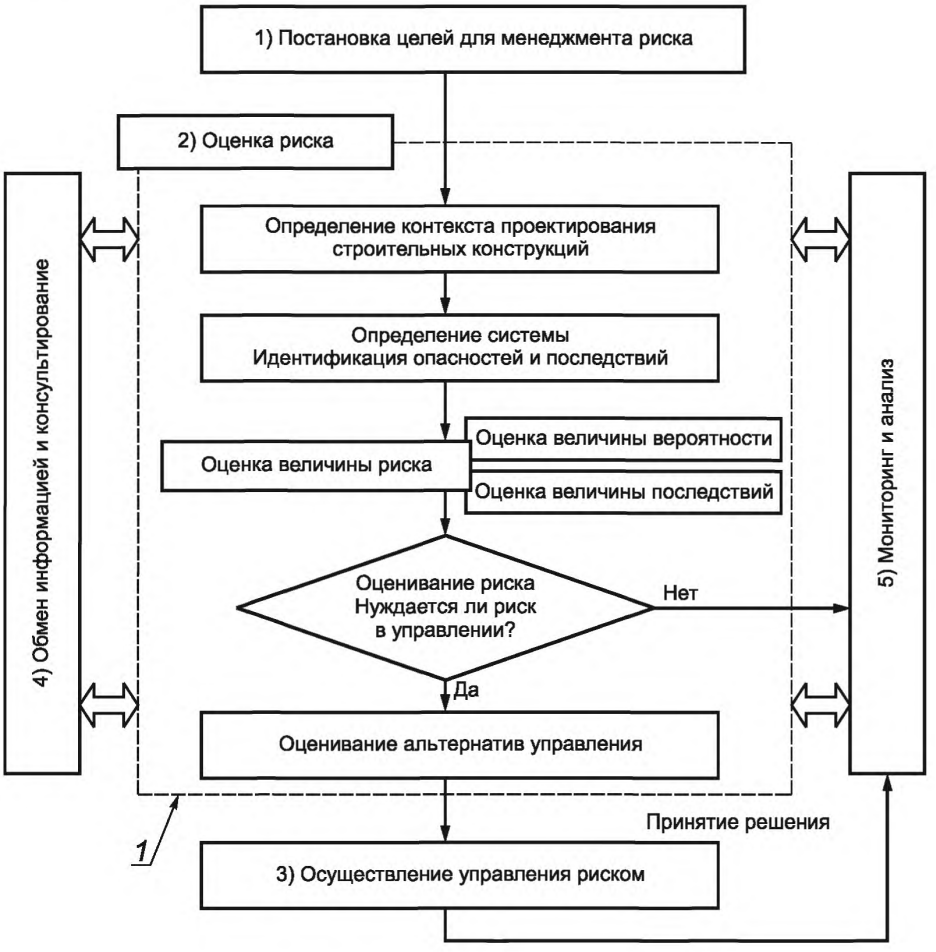
3.24 **нежелательное событие** (undesirable event): Событие, которое может иметь нежелательные последствия.

4 Общие принципы оценки риска для систем, включающих строительные конструкции

4.1 Обзор менеджмента риска для систем, включающих строительные конструкции

4.1.1 Общие положения

Общая цель менеджмента риска состоит в том, чтобы причастные стороны, например, объединение, самоуправляемая организация, отдельные лица и различные организации, могли «оптимально» размещать ограниченные ресурсы. Менеджмент риска обычно включает постановку целей по менеджменту риска, оценку риска, осуществление управления риском, обмен информацией и консультирование, а также мониторинг и анализ, как показано на рисунке 1 и описано в 4.1.2. Менеджмент риска — это не односторонний, а итеративный процесс.



1 — область применения оценки риска

Рисунок 1 — Процесс менеджмента риска и область применения оценки риска для систем, включающих строительные конструкции

4.1.2 Этапы процесса менеджмента риска

4.1.2.1 Постановка целей для менеджмента риска

Процедуры постановки целей для менеджмента риска выходят за рамки области применения настоящего стандарта. Для менеджмента риска в отношении новой или имеющейся конструкции проводится объективная оценка величины риска, в соответствии с предложенными проектными требованиями или текущими условиями, посредством применения инженерного подхода в процессе оценки риска. Предполагается, что цели для менеджмента риска, касающиеся оценки риска, будут выражаться в показателях защиты активов, поддержания уровня здоровья и безопасности, защиты окружающей среды, нормативных требованиях, функциональных изменениях/требованиях и т. д. Эти цели обычно определяются путем сравнения:

1) затрат/выгод от опциональных решений; или

2) различных рисков, например, рисков, приемлемость которых для общества известна.

4.1.2.2 Оценка риска

Оценка риска включает в себя определение контекста проектирования конструкций, определение структуры системы, идентификацию опасностей и их последствий, оценку величины риска, оценивание риска и вариантов управления риском, если принято решение об управлении риском. Хотя определение контекста проектирования конструкций и оценивание вариантов управления риском обычно выходят за

рамки оценки риска, они рассмотрены в настоящем стандарте для уяснения целей проведения оценки риска.

4.1.2.3 Осуществление управления риском

В процессе управления риском принимаются решения о применении мер по снижению риска исходя из соображений экономической эффективности или других критериев социальной значимости. На основании собственной системы ценностей, социокультурных взглядов и т. п. причастные стороны могут принимать решение о принятии риска, который был оценен как слишком высокий.

4.1.2.4 Обмен информацией и консультирование

По каждому элементу процесса менеджмента риска и для процесса в целом должен быть организован обстоятельный обмен информацией и соответствующее консультирование с причастными сторонами. По завершении оценки риска, результаты представляют таким образом, чтобы причастные стороны могли понять их и принять адекватные решения.

4.1.2.5 Мониторинг и анализ

Мониторинг уровня риска осуществляют для удержания его на заданном уровне, независимо от того, проводится управление риском или нет. Также проводят проверку эффективности функционирования всех элементов процесса менеджмента риска для обеспечения его постоянного совершенствования. Для каждого элемента процесса менеджмента риска ведут отчетность, которую используют, при необходимости, в дальнейшем для обеспечения понимания решений и поддержки постоянного совершенствования процесса.

4.2 Применимость оценки риска

Практическая польза оценки риска проявляется в следующих ситуациях:

a) когда событие является очень редким, но его последствия очень серьезные;

b) когда распространенные события приводят к последствиям средней или большой тяжести.

Сильное землетрясение, произошедшее в густонаселенном районе, является типичным примером первой ситуации, а дорожное происшествие — второй.

Оценка риска также полезна в тех ситуациях, когда конструкция имеет очень большой размер, либо внутри сооружения находится значительное число людей или товаров. Высотные здания — типичный пример такой ситуации.

Оценка риска крайне важна, когда неточность входных данных в значительной степени влияет на свойства конструкции и последствия, вытекающие из таких свойств.

Оценка риска также важна, когда повреждение или полная потеря строительной конструкцией ее функции имеет существенное влияние на общество. Типичными примерами таких строительных конструкций являются пожарные депо, полицейские участки, электрогенераторные станции и распределительные сети, а также сооружения, где хранятся высокотоксичные материалы.

5 Определение контекста проектирования строительных конструкций

5.1 Контекст проектирования строительных конструкций

Контекст проектирования строительных конструкций определяет роль оценки риска в рамках менеджмента риска строительных конструкций. Типичные примеры контекста проектирования строительных конструкций:

a) установление основ проектирования;

b) оценка имеющихся строительных конструкций;

c) оценка нетиповых строительных конструкций и/или непредвиденных событий (см. приложение B);

d) подготовка информации о риске для вынесения решения.

Причастные стороны можно определять исходя из установленного контекста проектирования конструкций.

5.2 Установление основ проектирования

5.2.1 Стандарты (правила) проектирования устанавливают ряд критериев для проектирования конструктивных элементов. Критерии часто основаны на целевых уровнях надежности, которые могут быть заранее определены исходя из рисков, связанных с превышением соответствующих предельных значений. Результаты оценки риска могут обеспечить рациональную основу для определения целевых уровней надежности.

5.2.2 Оценка риска может проводиться для проверки целевого уровня надежности действующих стандартов (правил) проектирования зданий и сооружений.

5.3 Оценка имеющихся строительных конструкций

5.3.1 Риск, связанный с имеющимися строительными конструкциями, в том числе архитектурными памятниками, оценивают по факту повреждения конструкции, изменения ее целевого использования или в других соответствующих ситуациях. Если риск слишком высокий, причастные стороны должны быть проинформированы о результатах проведения оценки риска.

Примечание — Для оценки величины риска можно использовать ИСО 13822.

5.3.2 Риск необходимо оценивать в случае наступления непредвиденных событий, выходящих за границы запланированных событий в рамках конкретного проекта, а также для проверки соответствия результатов установленному допустимому уровню. Если это осуществимо, рекомендуется, чтобы допустимый уровень соответствовал таковому для новых строительных конструкций. С другой стороны, уровень для имеющихся строительных конструкций может определяться с учетом затрат и выгод.

В большинстве случаев для старых сооружений крайне трудно или практически невозможно оценить их надежность и сравнить с новыми строительным конструкциями, поскольку нельзя применить современные правила проектирования к старым зданиям и конструкциям. В них использованы материалы и технологии строительства, для которых не предусмотрено действующих правил проектирования. Кроме этого, правила разработки таких проектов могут противоречить современным правилам, поскольку для них не соблюдается требование об обязательном представлении данных о повышенном и неприемлемом риске. В тех ситуациях, когда трудно провести точную оценку имеющейся конструкции, следует сделать акцент на варианте снижения риска.

5.4 Оценка нетиповых строительных конструкций или непредвиденных событий

К нетиповым строительным конструкциям относятся такие сооружения, проект которых выходит за рамки действующих стандартов (правил). Оценка риска для таких конструкций проводится в том случае, если их авария может иметь серьезные последствия. Оценка риска также проводится для некоторых непредвиденных событий (см. приложение В), таких как пожар, и некоторых критических событий.

5.5 Подготовка информации о риске для вынесения решения

Если существует несколько вариантов стратегий или концепций, оптимальную стратегию определяют на основании результата оценки риска. Оптимизация на основе риска может иметь две основные цели:

a) минимизировать риск исходя из ограниченных экономических ресурсов;

b) определить оптимальный уровень инвестирования в снижение риска.

В обеих ситуациях необходимо рассмотреть вариант выборочного использования экономических ресурсов с целью определить, способствуют ли они оптимальному снижению риска.

Возможные варианты следует сравнивать на основании критериев чистой выгоды, соотношения затрат и выгод или экономичности (см. приложение Н). Если решение состоит в том, чтобы минимизировать риск без каких-либо экономических ограничений, могут применяться любые из перечисленных критериев, при условии, что технические решения согласуются с передовыми практическими методами.

6 Определение системы

6.1 Представление системы

Представление системы в своей основе призвано упрощать процесс принятия решения и, следовательно, должно применяться к контексту проектирования строительных конструкций, описанному в разделе 5. Определение системы, включающей строительные конструкции, предусматривает четкое выявление функций, выполняемых конструкциями, а также то, как эти функции поддерживаются элементами строительной конструкции. Масштаб системы, рассматриваемой в процессе оценки риска, должен быть четко определен исходя из контекста проектирования строительных конструкций.

6.2 Определение подсистем

Необходимо установить характеристики каждой подсистемы, такие как тип строительной конструкции(й), правила и стандарты, используемые при проектировании конструкции(й), использование, значимость, местоположение и срок службы. Также должны быть указаны предельные состояния системы.

7 Идентификация опасностей и последствий

7.1 Идентификация возможных опасностей

Строительные конструкции на протяжении срока службы могут подвергаться воздействию различных природных и антропогенных опасностей. Опасности, которые могут приводить к нежелательным событиям, должны быть идентифицированы. В отношении опасностей, которые могут привести к возникновению ряда событий во времени и пространстве (например, пожар), должен проводиться анализ сценариев. Для ознакомления с подробной процедурой анализа сценариев см. ИСО/ТУ 16732 и ИСО/ТУ 16733.

7.2 Определение масштаба сценариев

После идентификации возможной опасности, следует определить сценарии как последовательность или комбинацию событий или процессов, приводящих к аварии системы и к нежелательным последствиям для системы, включающей строительные конструкции. Основополагающими методами, используемыми для схематического представления сценариев, являются «дерево отказов» и «дерево событий». Сценарий должен включать разрушение или повреждение строительной(ых) структуры (структур), утрату функциональности, гибель и травмы людей, а также прочие виды экономического и/или социального ущерба, причиненного причастными сторонами или причастным сторонам.

7.3 Идентификация последствий

Необходимо идентифицировать последствия реализаций опасностей и следующие за ними события. Они должны быть описаны в форме ряда показателей, например, денежных потерь, числа погибших и экологического ущерба. Некоторые последствия могут быть выявлены посредством анализа сценариев с учетом масштаба воздействий из-за аварии систем строительных конструкций во времени и пространстве.

7.4 Отбор опасностей

7.4.1 Общая информация

Несмотря на то что следует учитывать все возможные опасности, тем не менее, должен осуществляться отбор и учет при оценке риска тех опасностей, которые являются важными для системы. Поскольку каждая опасность характеризуется индивидуальными особенностями и возможными последствиями, рекомендуется группировать опасности по таким критериям, как первопричина, количественное выражение и значимость последствий. Отбор опасностей в соответствии с их важностью для оценки риска может осуществляться на основании опыта и компетенции инженера. Результаты отбора опасностей должны быть документально оформлены.

7.4.2 Критерии отбора опасностей

Для выявления значительных рисков необходимо проводить предварительную оценку величины риска (см. 8.1). В принципе, критерии отбора опасностей основаны на величине риска, установленной на этапе предварительной оценки величины риска. Частота возникновения опасности и/или значимость соответствующих последствий также могут представлять собой полезные критерии. Опасности с явно незначительным риском в сравнении с приемлемым уровнем риска могут не учитываться.

Критерии отбора опасностей должны быть четко описаны в показателях частоты возникновения события и величины его последствий. Они могут быть основаны на прошлом опыте, человеческом восприятии и каких-либо других соответствующих значениях.

8 Оценка величины риска

8.1 Виды оценки величины риска

8.1.1 Общая информация

Оценка величины риска должна проводиться согласно цели такой оценки, необходимой степени детализации, а также доступной информации, данным и ресурсам. Виды оценки величины риска подразделяются на три категории: качественную, полуколичественную и количественную, в зависимости от конкретной ситуации. На практике в качестве предварительной оценки величины риска часто применяют количественную оценку для получения общих данных об уровне риска и выявления рисков, которые подлежат рассмотрению. Впоследствии может возникнуть необходимость провести более конкретную или количественную оценку выявленного риска.

8.1.2 Качественная оценка

При качественной оценке риск оценивают субъективно и относят к какой-либо категории описательным способом. Качественную оценку риска используют:

a) как первоначальную меру выявления рисков, которые требуют более детальной оценки;

b) в случаях, когда она обеспечивает достаточную информацию для принятия решения;

c) в случаях, когда числовые данные или ресурсы недостаточны для качественной оценки.

8.1.3 Полуколичественная оценка

При полуколичественной оценке должна применяться рейтинговая шкала классификации, более широкая в сравнении со шкалой при количественной оценке. Следует отметить, что выбранные значения не могут адекватно отражать относительные показатели, что может привести к противоречивым, неправильным или несоответствующим результатам.

8.1.4 Количественная оценка

При количественной оценке должны использоваться числовые значения (а не описательные категории, как в качественной и полуколичественной оценке) как последствий, так и вероятности, на основе данных, полученных из ряда источников. Качество оценки зависит от точности и полноты числовых данных и достоверности используемых моделей.

8.2 Данные для оценки

Данные для оценки берут из соответствующих источников информации. При оценке вероятности следует использовать наиболее релевантные источники информации и методы. Источники информации могут включать в себя следующее:

a) сведения прошедших периодов;

b) практические сведения и релевантные данные (сбор эксплуатационных данных);

c) релевантные опубликованные данные (данные о происшествиях);

d) эксперименты и прототипы;

e) инженерные и другие модели;

f) суждения специалистов и экспертов (экспертные мнения).

8.3 Представление риска

Результаты, полученные в процессе оценки величины риска, представляются причастным сторонам с максимальной прозрачностью, например, приводятся к общим показателям, таким как потенциальные человеческие жертвы (см. приложение H). Далее их можно соотнести с вероятностью возникновения различных опасностей и сравнить с другими опасными видами деятельности или другим уровнем риска.

При качественном представлении результатов оценивания риска его относят к одной из категорий, например, таких как высокий риск, средний риск и низкий риск. При количественном представлении риска его представляют как комбинацию вероятности и последствий (см. приложение F).

8.4 Оценка величины вероятности

8.4.1 Общая информация

Оценку величины вероятности проводят, используя любой из указанных ниже подходов или все три подхода в совокупности:

a) прямая оценка на основе имеющихся данных;

b) заключение на основе модели, в которой рассматриваемые вероятности сопоставляются с другими вероятностями;

c) инженерная оценка.

В случае, если отсутствуют надежные или релевантные данные за прошедшие периоды, допускается вынесение субъективных оценок, которые отражают мнение индивида или группы о высокой вероятности наступления какого-либо события или последствия.

В частности, для того чтобы объединить ограниченные объемы данных, полученных из источников разного типа, рекомендуется применение метода байесовского вывода.

При обмене информацией о риске предпочтительно проводить дифференциацию между различными видами неопределенностей: внутренней естественной изменчивостью, неопределенностями моделей и статистическими неопределенностями. Первый из указанных видов часто называют случайной неопределенностью, а другие два — гносеологическими неопределенностями.

8.4.2 Вероятность возникновения опасности

Вероятности возникновения каждой опасности оценивают на основе сведений за прошедшие периоды, если таковые имеются. Если такие сведения недоступны, то используют метод экспертной оценки

(см. приложение С). Следует обратить внимание на то, что важно отразить характеристики опасности, хотя опасность зачастую просто представляют в виде кривой риска.

8.4.3 Вероятность предельного состояния

Величину вероятности предельного состояния оценивают с использованием следующих процедур:

a) моделирования действий;

b) моделирования прочности;

c) анализа конструкции (анализа реакции).

На основании статистических данных, полученных при осуществлении вышеуказанных процедур, оценивают вероятность предельного состояния с помощью теоретического или статистического подхода, такого как моделирование методом Монте-Карло.

Чтобы представить условную вероятность предельного состояния, кривую непрочности определяют как функцию, аргументом которой является величина опасности (см. приложение D).

8.5 Оценка величины последствий

Последствия определяют путем моделирования результатов события или ряда событий либо путем вынесения суждения на основании экспериментальных исследований или статистических данных. Анализ сценариев выполняют с момента возникновения начального события с учетом масштаба последствий, как указано в 7.2. Рекомендуется использовать такие инструменты, как анализ «дерева отказов» и анализ «дерева событий».

Количественная оценка последствий должна выражаться в числовом виде для определения масштаба человеческих жертв и травм и/или экологического ущерба и экономических потерь.

8.6 Расчет риска

Распределение вероятностей последствий – это количественное представление всего профиля риска, который представляет собой комбинацию вероятностей и последствий согласно определению, приведенному в настоящем стандарте. Распределение вероятности можно выразить с помощью кумулятивной функции распределения (далее — КФР). Также его можно выразить функцией распределения масс (ФРМ), если последствие представлено дискретным значением, либо функцией плотности вероятности (далее — ФПВ), если распределение непрерывно.

Для удобства сравнения рисков, их иногда выражают скалярной величиной. Традиционно одним из наиболее часто употребляемых представлений является E [C] — математическое ожидание последствий.

Представления описаны в D.2 и E.1 приложений D и E соответственно.

8.7 Анализ чувствительности

Поскольку некоторые результаты оценки риска являются достаточно не точными, чтобы на их основании можно было принять рациональное решение, необходимо провести анализ чувствительности для изучения эффекта неопределенности в предположениях, моделях и данных. Высокая чувствительность говорит о том, что необходимо дополнительное внимание и/или усилия в получении данных или оценок для рассматриваемых переменных. Анализ чувствительности также является способом проверить соответствие и эффективность возможных вариантов контроля и управления риском.

9 Оценивание риска

9.1 Принятие риска

После проведения оценки величины риска определяют приемлемость уровня риска посредством сравнения его с заранее установленными критериями. Если уровень риска неприемлем, то следует предпринять соответствующие меры управления.

9.2 Критерии риска

Критерии риска составляют до проведения оценки величины риска в рамках определения целей менеджмента риска. Они могут определяться на основании правил, стандартов, затрат/выгод или чистой выгоды.

Критерии риска могут изменяться после проведения оценки величины риска на основании анализа и оптимизации затрат/выгод (см. приложение А). И хотя критерии риска изначально разработаны как часть менеджмента риска, они могут впоследствии совершенствоваться и уточняться по мере идентификации конкретных рисков и выбора процедур для оценки величины риска.

Критерии риска должны быть согласованы с целями менеджмента риска и должны отражать систему ценностей общества и/или лица, принимающего решение. При этом учитывают допустимый уровень риска для сторон, которые не получают выгоду от данной деятельности. Критерии риска определяют на основании характеристик рисков, например, таких как природное или антропогенное происхождение рисков, добровольный или обязательный характер рисков, влияние рисков на конкретные группы людей или общество в целом, а также известность или новизна рисков. Более консервативные критерии обычно устанавливают для последнего варианта вышеуказанных пар характеристик.

10 Оценка вариантов для управления риском

10.1 Общая информация

Если уровень риска выше приемлемого уровня, следует предпринять меры управления и снизить риск до приемлемого уровня. Управление риском включает в себя определение набора вариантов для управления риском, оценку этих вариантов, а также подготовку и реализацию плана управления.

10.2 Определение вариантов

10.2.1 Общая информация

Для эффективного снижения величины риска следует рассмотреть несколько вариантов управления риском. Эти варианты в общем случае сводят к четырем направлениям, описанным в 10.2.2—10.2.5.

10.2.2 Исключение риска

Риск можно исключить, приняв решение о прекращении деятельности, которая может его создавать. Поскольку может возникнуть другой риск в результате прекращения такой деятельности или замены ее другим видом деятельности, следует оценить такой риск при рассмотрении данного варианта.

10.2.3 Уменьшение вероятности и/или последствий

Вероятность возникновения опасных событий может быть уменьшена, например, посредством переноса конструкции на менее опасный участок. Последствия могут быть уменьшены, например, путем пересмотра проекта конструкции. При этом необходимо оценить связанные с этим расходы и другие эффекты таких альтернативных мер.

10.2.4 Передача риска

Одним из типичных примеров передачи риска является страхование. Организация может уменьшить риск, предложив другой стороне принять на себя его часть на условиях уступки фиксированной стоимости, т. е. премии за риск. Передавая риск, организация может снизить его значение, однако совокупный объем риска не изменится для общества в целом.

10.2.5 Удержание риска

Если уровень риска менее приемлемого, организация может удержать остаточный риск. Организация должна изучить последствия наличия остаточного риска и, соответственно, урегулировать убыток с помощью каких-либо финансовых решений (например, путем создания допустимого финансового резерва).

10.3 Оценка вариантов управления риском

Наиболее подходящие варианты управления риском выбирают на основе анализа затрат и выгод.

Необходимо проанализировать соотношение затрат/выгод, оценки лиц, принимающих решения, а также причастных сторон и, возможно, общества. Все прямые и косвенные расходы, прибыли и потери, как материальные, так и нематериальные, финансовые и прочие необходимо рассмотреть в установленном контексте. При этом также должны быть учтены требования правовой и социальной ответственности.

Если бюджет управления риском ограничен, то оценку проводят с учетом приоритетного порядка, в соответствии с которым следует проводить отдельные виды управления риском. При этом важно сравнивать стоимость варианта, при котором какие-либо действия не предпринимаются, с экономией бюджета при управлении риском. Также следует учитывать то, что редкие, но тяжелые последствия требуют таких мер управления, которые не оправданы с чисто экономической точки зрения.

Эффективность каждого из вариантов необходимо проверять с применением анализа чувствительности.

10.4 Осуществление управления риском

После оценки вариантов управления риском выбирают и реализуют наиболее подходящий из них. Поскольку в результате управления риском могут появляться новые риски, они должны быть идентифицированы, оценены, обработаны и проконтролированы.

Может применяться комбинация нескольких вариантов управления риском.

После осуществления мер управления принимают решение о том, целесообразно ли удержать остаточный риск или повторить меры управления риском.

11 Отчет

После проведения оценки систем, включающих строительные конструкции, необходимо составить отчет, который должен включать в себя следующее:

a) определение системы;

b) идентифицированную(ые) опасность(и);

c) заключения по результатам оценки, а также о приемлемом или неприемлемом риске для системы;

d) рекомендации по управлению риском (анализ затрат/выгод);

e) план мониторинга системы и ее окружения;

f) документированные данные.

Отчет должен содержать достаточную информацию для лиц, принимающих решения. Конечные результаты должны быть представлены в подходящей форме, позволяющей причастным сторонам принимать решения в рамках системы менеджмента риска.

Приложение А
(справочное)

Принципы оценки риска

А.1 Постановка задачи

Анализ рисков выполняют во многих областях деятельности в целях представления входных данных для принятия различных решений: от простых технических задач до выработки стратегии управления. Лица, принимающие решения, и причастные стороны отличаются по уровню и объему доступных им знаний. Все многообразие ситуаций для принятия решения представляет собой сложную проблему для риск-аналитика, который должен представить информацию о риске в форме, удобной для лиц, принимающих решения. Это делает анализ рисков полезным инструментом в процессе принятия решения.

Сложность проблемы также состоит в том, что принимаемые решения обычно представляют собой многоцелевые задачи, решаемые в четких экономических и организационных границах. Принятие решений политического характера (к таковым относятся решения, принимаемые на высшем уровне) в той или иной степени основано на переговорном процессе и процессе поиска консенсуса, при этом рассматриваемые вопросы не всегда находят свое решение в рамках математической рациональности.

Теоретическое представление риска, такое как математическое ожидаемое всех нежелательных последствий (процессов), может давать недостаточные ответы лицам, принимающим решения, в контексте комплексных решений. Необходимо иметь более подробную информацию для ответов на вопросы, подобные следующим:

- Какие группы людей выигрывают или проигрывают от решения?
- Вероятность смертельного случая в год, равная 10^{-5}, означает ли высокий риск?
- Может ли быть уменьшен риск: каким образом и за счет чего?
- Какие другие варианты решений возможны?

Влияние анализа риска на решения зависит от достоверности результатов анализа рисков и их релевантности для проблемы принятия решения. И хотя такие характеристики, как согласованность и прозрачность, способствуют достижению достоверности, для релевантного представления риска необходимо также иметь осведомленность об анализируемой системе. Чтобы в процессе анализа риска достичь достоверности и релевантности, необходимо еще на раннем этапе анализа установить взаимопонимание между лицом, принимающим решения, и риск-аналитиком. Это взаимопонимание должно охватывать следующие аспекты:

a) концепцию риска (аспекты риска и сведения, подлежащие анализу);

b) область применения анализа риска (определение системы, ее ограничения);

c) цель анализа риска (описание проблемы принятия решения и вариантов решений);

d) представление о риске (описание пользы от знания риска лицами, принимающими решения, и причастными сторонами);

e) оценивание риска и принятие решения (толкование результатов оценки риска, критерии оценки и роль анализа риска в принятии решения).

Приведенные аспекты имеют гносеологическую связь и должны быть согласованы между собой. Обсуждение представления о рисках не имеет смысла без рассмотрения других аспектов. В данном приложении приведены перечисленные аспекты с целью ознакомления лиц, принимающих решения, и риск-аналитиков об обмене информацией о рисках.

А.2 Концепция риска

В различных профессиях традиционно приняты разные концепции и системы оценки риска, которые могут вводить в заблуждение и приводить к проблемам, связанным с обменом информацией о риске. Ниже представлены некоторые из концепций риска.

- концепция риска по теории принятия решений, основанная на вероятностях и последствиях нежелательных событий;
- экономическая концепция риска, касающаяся неопределенности результата;
- психологическое представление о риске в рамках индивидуального или группового восприятия;
- социальная интерпретация риска как многосторонней проблемы, включающей политический и технический аспекты.

Вышеуказанные концепции основаны на различных гносеологических представлениях о том, что необходимо определить перед проведением анализа риска, какие данные могут считаться достоверными и релевантными для анализа риска. Поэтому крайне важно, чтобы аналитик и лицо, принимающее решение, договорились об общем подходе, в противном случае они будут «говорить на разных языках».

С анализом рисков связано несколько гносеологических проблем. Помимо различных профессиональных взглядов на проблему риска, существуют разные мнения об использовании количественных и качественных данных в процессе анализа. Серьезная гносеологическая задача, связанная с характером анализа риска, — это раз-

рыв во времени между доступными статистическими данными и предметом анализа, т. е. будущим. Невозможно точно описать события будущего. Поэтому использование прошлых и текущих наблюдений для прогнозирования будущего требует особого внимания. И последняя проблема — это разные взгляды на природу знания или гносеологических положений.

Существуют два основных направления гносеологии — это объективизм и субъективизм. Объективисты считают, что факты могут объективно восприниматься и анализироваться независимо от субъективных интерпретаций и оценок аналитиков. Наука стоит на «принципе беспристрастности». Объективизм — это гносеологический базис прикладной науки.

Субъективисты утверждают, что факты невозможно воспринять «объективно», поскольку наблюдение всегда кем-то выполняется. Беспристрастность невозможна по определению. Наблюдения всегда оцениваются аналитиком, следовательно, они представляют собой социокультурные конструкции. В то время как релятивисты говорят о том, что риск — это восприятие без учета реальности, конструктивисты отстаивают позицию, что риск — это субъективная интерпретация реальности. Большинство общественных наук основано на принципах субъективизма.

И релятивистов, и объективистов можно обвинить в упрощенчестве: релятивистов за то, что они игнорируют знания, которыми мы располагаем, а объективистов — за их наивную веру в беспристрастную науку. В [7] приведен третий подход — научный процедурализм, утверждающий, что достоверные знания можно получить исключительно научными методами, а не на основе «объективных» данных. Для получения научно обоснованных результатов анализа риска этот подход предлагает набор процедур, например, логической аргументации, полного раскрытия и критической проверки.

В области инженерного дела за последнее десятилетие объектом повышенного внимания стали более гибкие подходы к моделированию. Одним из таких подходов является использование моделей байесовских сетей и сходных методов, основанных на диаграммах влияния, которые предназначены для составления выводов на основе неопределенных знаний. Для оценки параметров в рамках этих моделей используют экспертную оценку, а также статистические данные. При данном подходе учитываются показатели человеческого и организационного факторов, которые обрабатываются строго определенным количественным методом [8], [9].

Безусловно, субъективные гносеологические представления оказывают влияние на подход к оценке риска. Субъективный взгляд на проблему риска определяет выбор: порядка и метода анализа риска (например, анализ экспертом-аналитиком или дискурсивный анализ), источников сведений и использования данных, трактовку неопределенностей и представление риска. Во избежание путаницы и расхождений в отношении формата представления риска, аналитики и лица, принимающие решения, должны обсудить и уточнить концепцию риска, которая была принята за основу, до проведения анализа риска.

А.3 Область применения анализа рисков

В менеджменте риска находит свое развитие так называемое «системное мышление». Системный подход можно представить как комплексный взгляд на проблему, а не отдельные ее аспекты. Предполагается, что проектирование в рамках инженерных систем носит социотехнический и мультидисциплинарный характер, и для того, чтобы увидеть общую картину связи между элементами, следует применять скорее холистическое, а не редукционистское мышление [4]. Классическая работа [5], выполненная в 80-х и 90-х гг. и посвященная теории обычных происшествий, подтверждает, что системное мышление в области безопасности — явление отнюдь не новое.

При системном подходе безопасность рассматривают как результирующее действие сложной системы со многими взаимосвязанными и адаптивными свойствами. Риск, связанный с такими конструкциями, как дороги и здания, оценивается относительно окружающей среды и пользователей. При разработке безопасного аппаратного и программного обеспечения для сложных систем, на самом деле имеют в виду безопасное использование, а не безопасность конечных продуктов [10].

Описание системы должно включать в себя все значимые факторы риска для создания правильной модели оценки риска, однако также необходимо ограничить систему и сузить рамки анализа.

Чтобы оценить правильность результатов оценки риска, следует четко определить и описать объекты моделирования.

А.4 Цель анализа риска

Для различных проектов и различных этапов проектов должны быть определены различные масштабы анализа рисков. На этапе проектирования цель обычно заключается в том, чтобы выбрать наилучшее решение из возможных вариантов, определить, является ли данное решение в достаточной степени безопасным, и оптимизировать его с помощью технических средств. На этапе эксплуатации задача анализа риска — оценить проблемы безопасности и рассмотреть необходимость осуществления мер по смягчению рисков. На всех уровнях, для того чтобы оптимизировать окончательное решение, необходимо определить и оценить различные варианты решения.

Проблема принятия решения и цель анализа рисков должны быть внимательно рассмотрены и описаны как отправная точка анализа. Опыт показывает, что очень часто цель анализа риска принимается без доказательств и недостаточно ориентирована на конкретную проблему принятия решения.

В [10] предлагается на каждом этапе проектирования применять конкретные меры менеджмента риска: например, на начальном этапе предлагается разрабатывать варианты и выбирать наилучшее решение в отношении

целей проекта путем выполнения концептуального анализа риска. Варианты должны оцениваться в соответствии с выраженными и подразумеваемыми критериями риска. На более детальном уровне выбранное решение следует оптимизировать и оценить с позиции адекватной реализации внутренних барьеров безопасности посредством выполнения анализа рисков.

Формулирование разных вариантов подчеркивает отличия в риске между возможными решениями, а не просто выносит решение о приемлемости или неприемлемости риска. Кроме этого, на этапах детальной разработки проекта и эксплуатации решение можно оптимизировать посредством такого формулирования вариантов. Анализ риска, проводимый без предложения вариантов решения, является только проверкой риска, а не инструментом совершенствования.

А.5 Оценивание риска и принятие решения

В настоящее время используют множество методов оценивания риска. Оценивание количественно выраженного риска проводят по разным абсолютным критериям, например, частоте и количеству (линиям критерия F-N[1)]), с установлением верхнего предела «приемлемого риска» или числа человеческих жертв. К другим видам критериев абсолютной оценки относятся технические стандарты, а также законодательные и нормативные требования. В последнее время стали использовать принятые из экономической области критерии вроде затрат/выгод и максимальной ожидаемой выгоды как инструменты более обстоятельного оценивания риска. Также оценивание риска может быть выполнено с использованием качественных методов, например, сравнения передовых практических методов и профессиональных мнений.

Абсолютные критерии отличаются простотой: они четко выражены и удобны в использовании. Однако, несмотря на упрощение оценки и принятия решения, они не гарантируют принятия такого решения, которое является приемлемым для всех сторон. Можно поспорить с данной позицией, заявив, что никто не может вынести решение об уровне риска, который будет обязательно принят любой другой стороной. Восприятие риска не поддается объяснению с точки зрения математической рациональности: например, большинство людей готово принять риск, связанный с вождением автомобиля, но не готово принять риски обвалов или пожаров в тоннелях. Уровень принятия риска зависит от степени его контролируемости и выгод, связанных с принятием риска.

Линия критерия F-N не гарантирует принятие оптимальных решений. В [11] данная проблема проиллюстрирована путем расчета семи F-N кривых. Отмечено, что риск в значительной степени зависит от формы кривой. Расчеты показывают, что конкретная F-N кривая, неприемлемая для использования в качестве критерия, может показать более высокую степень безопасности в сравнении с конкурирующей системой, которая приемлема. Следовательно, применение F-N критерия может приводить к необоснованным решениям, и они могут оказаться не столь подходящими для оценки и сравнения риска.

Абсолютные критерии принятия риска могут быть удобны при принятии решения, когда необходимо избежать ответственности за принятие непопулярных или дорогостоящих решений. Нареканий в адрес риск-аналитиков за сложность принятия решений можно избежать, если не принимать решения на основе абсолютных критериев механически.

Приемлемый риск невозможно теоретически предопределить или оценить без соотнесения с имеющимися вариантами решения. Решения по риску должны учитывать все «за» и «против» всех вариантов решения, в том числе вариант, когда не предпринимается никаких действий.

Таким образом, процесс принятия решения должен включать следующие этапы:

a) установление общего понимания концепции риска, области действия и целей анализа риска, представления риска, порядка оценивания риска и принятия решения;

b) разработку вариантов решений;

c) оценку вариантов решений в ходе выполнения анализа риска;

d) сравнение и выбор вариантов решений на основе четких критериев, таких как оптимизация выгоды или экономичность;

e) обсуждение безопасности выбранного варианта (достаточна или нет), анализ необходимости технической оптимизации и воздействия на другие цели.

Риск-аналитик отвечает за этапы c) и d), а лицо, принимающее решение — за этап e). В этапах a) и b) принимают участие аналитик и лицо, принимающее решения. Также желательно участие причастных сторон и пользователей анализируемой системы.

[1)] *F-N — frequency and number.*

Приложение В
(справочное)

Примеры непредвиденных событий и нетиповых строительных конструкций для оценки риска

В.1 Непредвиденное событие

В.1.1 Непредвиденное событие — это крайне редкое событие, имеющее очень серьезные последствия.

В.1.2 Непредвиденные события можно разделить на две крупные категории с точки зрения причин их возникновения: природные и антропогенные события.

В.1.3 Примеры некоторых непредвиденных событий: сильное землетрясение, цунами, ураган, сильный шторм, высокая океаническая волна, взрыв гидрата метана, извержение вулкана, оползень, селевой поток, горный обвал, лавина, наводнение, сильная снежная буря, обледенение, атмосферное обледенение и т. д.

В.1.4 Непредвиденные события антропогенного происхождения могут быть преднамеренными и непреднамеренными. Причины возникновения таких событий разные, но последствия могут быть сходными. Примеры антропогенных непредвиденных событий: сильный пожар, взрыв газа, взрывная волна, последствия столкновения транспортного средства, корабля, вертолета или самолета, последствия столкновения поездов или грузовых автомобилей, проседание грунта в районе взрыва, катастрофическая коррозия, серьезная человеческая ошибка и другие.

Примечания

1 Некоторые события, возникающие из-за естественных причин, например, оползни и горные обвалы, также могут быть результатом деятельности человека.

2 Некоторые события, например, эрозия, могут возникать из-за естественных причин.

В.2 Нетиповая строительная конструкция

В.2.1 Нетиповая строительная конструкция — это конструкция, проект которой выходит за рамки действующих стандартов (правил, кодексов), например, памятники архитектуры, мосты с большими пролетами и крыши.

В.2.2 Для нетиповой строительной конструкции потеря функциональности имеет существенное и крайне отрицательное влияние на общество. Это касается, например, атомных электростанций, хранилищ высокотоксичных материалов и т. д.

В.3 Ситуации, в которых рекомендуется проводить оценку риска

В.3.1 Оценка риска полезна в тех ситуациях, когда могут произойти непредвиденные события и/или если могут быть затронуты нетиповые строительные конструкции.

В.3.2 Оценка риска крайне важна тогда, когда может быть превышен социально приемлемый уровень риска для человеческой жизни и здоровья, а также материальных ценностей, окружающей среды и исторического наследия.

В.3.3 Некоторые примеры ситуаций или конструкций, для которых рекомендуется провести оценку риска:

- мосты с большими пролетами, в частности, подвесные и вантовые мосты; некоторые непредвиденные события, такие как столкновение корабля, курсирующего по реке или каналу, либо морских судов; столкновение транспортных средств, поезда, вертолета или самолета; ураган или штормовой ветер; катастрофическая коррозия;

- крыши с большими пролетами, особенно легкие конструкции выставочных, спортивных и концертных залов, стадионов и внутренних дворов, в отношении которых возможно воздействие потенциально опасных событий, таких как чрезмерная снеговая нагрузка, ураган или сильный ураганный ветер, внутренний пожар, катастрофическая коррозия и серьезная человеческая ошибка;

- атомные электростанции, которые, в частности, подвержены риску сильных внутренних взрывов и пожаров, землетрясений, ударам снарядов, падениям вертолета или самолета, а также террористическим атакам;

- хранилища высокотоксичных и опасных отходов, резервуары для хранения сжиженного природного газа, нефте- и газопроводы, в отношении которых возможно воздействие некоторых непредвиденных событий, таких как землетрясение, оползни, проседание грунта в районе взрыва, внутренние взрывы и пожары, удары снарядов и террористические атаки;

- крупные природные и промышленные катастрофы в густонаселенных районах, наиболее серьезными из которых являются сильные землетрясения, цунами, извержение вулкана, затопление из-за рек и морей, ураганы, а также крупные производственные аварии на атомных электростанциях, крупных химических заводах и хранилищах высокотоксичных или взрывчатых веществ.

Приложение С
(справочное)

Методы обработки экспертных оценок

С.1 Оценка риска требует наличия вероятностной информации для количественного описания гносеологических или случайных неопределенностей. Такие неопределенности могут быть наилучшим образом описаны в количественном отношении на основании анализа крупных статистических баз данных, полученных из опыта эксплуатации, а также полевых или экспериментальных исследований. Однако во многих ситуациях данные могут быть недостаточного качества или объема для обеспечения практически полезных и достоверных количественных показателей в целях использования в оценке риска. В таких случаях зачастую необходимо полагаться на мнения людей, связанных с измеряемым параметром. Эти мнения учитывают как экспертные и могут быть использованы для получения количественной информации. Безусловно, такая информация во многом зависит от опыта, знаний, суждения и коммуникативных способностей эксперта. Однако в целом эксперта можно определить как весьма компетентного человека, который имеет достаточный уровень подготовки, знаний и опыта работы в конкретной области. К вопросу выбора эксперта следует относиться со всей тщательностью, при этом желательно сравнить хотя бы некоторые из экспертных заключений с общеизвестной информацией. Самый простой критерий для выбора эксперта — это признание его в таковом качестве другими экспертами.

В [21] и [22] предложены следующие принципы для выбора эксперта. Экспертов можно найти через информационный поиск и/или реестры профессиональных организаций, консалтинговые фирмы, исследовательские лаборатории, правительственные учреждения и университеты. Иногда прибегают к процессу формального назначения, в частности, когда возможны какие-либо противоречия. При этом процесс назначения должен быть организован таким образом, чтобы исключить какую-либо необъективность при выборе. Сначала к назначению эксперта приглашают причастные стороны. Затем собирают независимую внешнюю отборочную комиссию для оценки кандидатов.

Критерии выбора должны быть конкретными, они должны быть документально оформлены и включать следующее:

- доказательства компетенции, например, публикации, результаты исследования, степени и сертификаты, занимаемые должности, награды и т. д.;
- репутация в научном сообществе, например, представление о качестве, значимости и актуальности работы кандидата и способности оперативно выносить суждения по вопросам;
- возможность и желание участвовать в вынесении заключения;
- общее понимание сути проблемы;
- беспристрастность, в том числе отсутствие какого-либо денежного или личного интереса в отношении потенциальных заключений;
- учет множественных точек зрения.

С.2 Экспертная оценка определяется как «субъективная оценка, выражение или определение качества или количества чего-либо, которое кажется верным, обоснованным или вероятным с точки зрения эксперта» (см. [12]). Суждение (заключение) часто основано на сомнительной или неполной информации. Кроме этого, эксперт может сам непреднамеренно предоставить неверные сведения. Существует целый ряд методик отбора и оценки информации, которые фактически обобщают экспертные оценки таким образом, что достигается достаточно высокая степень «консенсуса» или согласованности между экспертами.

Экспертные оценки могут быть получены с использованием следующих подходов (см. [12], [19]):

a) агрегированный индивидуальный метод: средневзвешенное значение данных, предоставленных экспертом;

b) итеративные методы: переменные уровни взаимодействия между отобранными экспертами до представления оценок, затем проверка результатов с возможностью пересмотра экспертных оценок. Данный процесс повторяют до тех пор, пока не будет достигнут консенсус. Отзывы экспертов собирают на основе принципа анонимности, таким образом, сохраняется независимость отзывов. К типичным методам относятся:

- метод Дельфи,
- метод номинальной группы;

c) интерактивные методы: собрание экспертов для определения и структурирования необходимых вероятностных данных;

d) аналитические методы: байесовская интеграция экспертных оценок исходя из убеждений каждого из экспертов.

С.3 Отбор экспертных оценок проводят в форме личного опроса или письменного анкетирования. Вопросы могут быть как количественного, так и качественного характера. Например, вопросы качественного характера могут использоваться для проверки достоверности имеющихся данных или моделируемых допущений. Вопросы количественного характера могут включать в себя вероятностные оценки, например, среднего значения, медианы, диспер-

сии, верхней и нижней границ, доверительные интервалы, а также тип распределения вероятности. Такой отбор может быть выполнен в форме:

- абсолютного вероятностного суждения;
- парных сравнений;
- рейтинговых оценок;
- косвенных численных оценок.

С.4 Объединение экспертных оценок зависит от целого ряда факторов (см. [13]). Среднеарифметическое и среднегеометрическое значения оценок предполагают, что все эксперты имеют одинаковый уровень компетенции, что не всегда выполняется. Поэтому такой подход скорее представляет собой нереалистичное допущение, поскольку игнорирует фактор необъективности экспертов. Допускается использование факторов значимости, основанных на рейтинговой оценке экспертов или на показанной ими необъективности посредством сравнения их с общеизвестными вероятностными данными. Байесовские методы зачастую лучше подходят для оценки необъективности экспертов, поскольку они также позволяют осуществлять точное моделирование зависимости между экспертами. По взятой из [13] формуле рассчитывают апостериорную оценку переменной величины X:

$$P(X|E) = P(X)\,P(E|X)/K, \qquad (C.1)$$

где $P(X|E)$ — данная аналитиком апостериорная оценка (после того, как до него доводится экспертное мнение E) переменной величины X;

$P(X)$ — данная аналитиком априорная оценка (до того, как до него доводится экспертное мнение других экспертов) переменной величины X;

$P(E|X)$ — функция правдоподобия;

K — нормирующая постоянная, которая обеспечивает, что область, ограниченная апостериорным распределением $P(X|E)$, равна единице.

Данная формула показывает, что если оценка аналитиком переменной величины X до того, как ему становится известно экспертное мнение, равна $P(X)$, то после ознакомления с экспертным мнением E аналитик может пересмотреть свою оценку для получения $P(X|E)$. Если аналитик не уверен в отношении значения X до ознакомления с экспертным мнением, то для $P(X)$ характерны неопределенность и неинформативность. Таким образом, $P(X|E)$ полностью определяется $P(E|X)$, называемой функцией правдоподобия. Функция правдоподобия позволяет аналитику выполнить сравнение или корректировку отклонений, присутствующих в субъективных вероятностных оценках экспертов, а также учесть взаимозависимость между экспертами. Аналитик может выполнить это, определив функцию правдоподобия.

Таким образом, байесовские методы предполагают выполнение следующих двух этапов:

a) сначала эксперты выносят свои оценки независимо от аналитика.

b) затем аналитик оценивает вероятность того, что оценки экспертов, при известных отклонениях от объективности, влияют на других экспертов в процессе формирования мнения.

Это дает аналитику необходимую возможность детально оценить мнения экспертов и показать им важность их выбора. Для подробного ознакомления см. [13], [21], [22].

Ниже приведены примеры использования мнений экспертов:

- кривые сейсмической опасности (см. [14]),
- кривые сейсмической непрочности (см. [15]),
- модели сейсмического ущерба (см. [16]),
- недоступность систем пожаротушения (см. [20]),
- вероятности человеческих ошибок (см. [17]).

С экспертными оценками связано множество вопросов и проблем, поэтому их следует применять осторожно. Тем не менее в [18] дано заключение, что «экспертные оценки незаменимы в условиях недостатка достоверных данных».

Приложение D
(справочное)

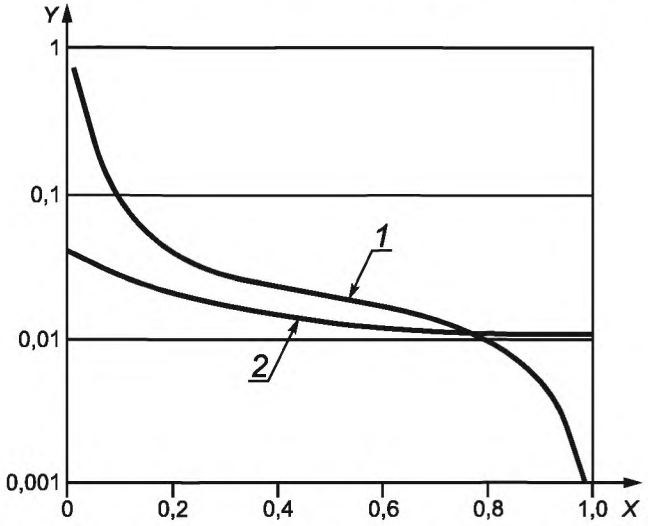
Примеры количественного представления риска

D.1 Распределение вероятностей последствий

Распределение вероятностей последствий — это количественное представление всего профиля риска, который представляет собой комбинацию вероятностей и последствий согласно определению, приведенному в настоящем стандарте. Распределение вероятности можно выразить с помощью кумулятивной функции распределения (далее — КФР). Также его можно выразить функцией распределения масс (далее — ФРМ), если последствие представлено дискретным значением, либо ФПВ, если распределение непрерывно.

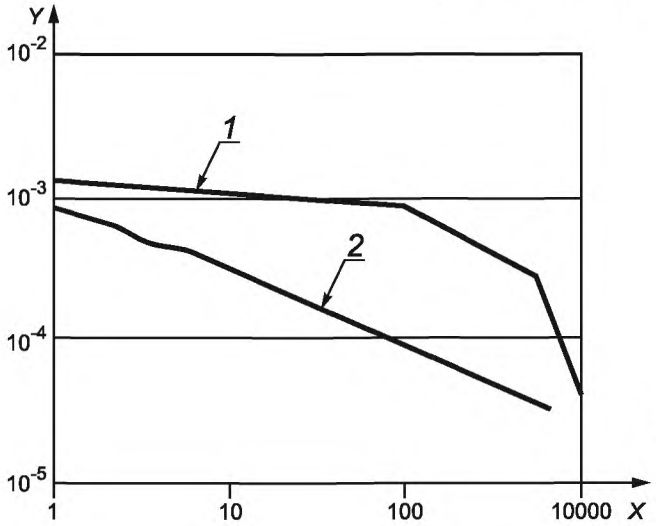
Часто дополнительной функцией КФР, которая иногда обозначается как кривая риска, является демонстрация возможности последствий, превышающих заданный предел в течение учетного периода. На рисунке D.1 приведены кривые риска для зданий вследствие землетрясения и пожара. На рисунке D.1 учетный период принят равным 50 годам, а последствия представлены коэффициентом повреждения, который определен как отношение стоимости ремонта к стоимости замены.

Если число жертв принимается за показатель последствий, то функция носит название кривой частоты и количества (кривой F-N). На рисунке D.2 показаны примеры F-N кривых для двух гипотетических катастроф.



X — коэффициент повреждения; *Y* — ежегодная частота превышения заданного предела за 50 лет;
1 — кривая риска землетрясения; *2* — кривая риска пожара

Рисунок D.1 — Пример кривых риска



X — число погибших; *Y* — ежегодная частота превышения заданного предела за 50 лет; *1* — кривая риска землетрясения;
2 — вероятность происшествия один раз в году

Рисунок D.2 — Пример F-N кривой

Матрицы риска и подобные таблицы широко используются в недостаточно детализированных, полуколичественных или качественных анализах риска. Матрицы риска основаны на том же принципе, что и F-N кривые. Они выражают риск как комбинацию частот или вероятностей и последствий. Но в отличие от F-N кривых, в матрицах риска используются интервалы вероятностей и категории последствий. Матрицы риска не претендуют на точное выражение степени риска, однако они полезны для акцентирования разницы вкладов в риск со стороны определяющих его опасностей. Матрицы риска и подобные таблицы могут представлять собой полезный инструмент выявления и оценки опасностей.

Пример такой матрицы показан на рисунке D.3. В матрице показаны мнения экспертов об оценке вероятностей и последствий трех нежелательных событий — UE1, UE2 и UE3, являющихся объектом анализа. Цвета указывают на уровни риска, которые могут быть интерпретированы как степени необходимости в применении мер по снижению риска.

Вероятность	Последствия		
	Легкие травмы	Серьезные травмы	Смертельные случаи
Очень высокая (не реже одного раза в год)	UE3		
Высокая (один раз в 2–9 лет)	UE2	U	
Низкая (один раз в 10–50 лет)	UE1	U	
Очень низкая (реже одного раза в 50 лет)		U	UE3, UE2

– меры по снижению риска не нужны;
– следует рассмотреть меры по снижению риска (низко настолько, насколько это реально);
– меры по снижению риска необходимы

Рисунок D.3 — Пример матрицы риска

Матрицы риска могут использоваться в ходе предварительного анализа опасностей и в качестве первого этапа в более детальных количественных исследованиях для принятия решения о том, какие опасности следует подвергнуть тщательному рассмотрению. Матрицы риска могут также служить в качестве вторичного, комплексного представления результатов детального анализа риска, выполняемого для клиента или лица, принимающего решение. Матрица демонстрирует широкую картину и интуитивно понятна. Связанные предположения, причинные факторы и возможные меры по снижению риска должны быть представлены в таблицах или диаграммах либо в устной форме.

В [23] с учетом «двойственной природы риска» предложено широкое социальное представление риска, включающее социопсихологические аспекты в дополнение к физическим. Кроме этого введены новые критерии представления и оценки риска, основанные на характеристиках опасностей. В дополнение к «масштабу ущерба» и «вероятности возникновения» предложены такие показатели, как неуверенность, повсеместность, постоянство, обратимость, отсроченные эффекты, нарушение беспристрастности и потенциал мобилизации. Такое всестороннее описание риска было разработано в целях анализа глобальных экологических рисков.

Крайние субъективисты даже не предпринимают каких-либо попыток представить риск. Они утверждают, что восприятие риска формируется посредством влияния мнения большинства, а также в процессе переговоров. Риск определяется в процессе аргументации и изложении позиций оппонентами, а не ожидаемыми значениями.

D.2 Скалярное представление

Для удобства сравнения рисков, риск иногда выражается скалярной величиной.

Традиционно одним из наиболее часто используемых представлений является $E(C)$ — математическое ожидание последствий, которое вычисляют по формуле (D.1) — если последствия представлены дискретным значением, или по формуле (D.2) — если последствия представлены непрерывной величиной:

$$E(C) = \sum_{i=1}^{n} c_i \cdot p_i, \qquad (D.1)$$

где n — количество предполагаемых последствий;

c_i — i-е последствие;

p_i — вероятность возникновения i-го последствия.

Если предполагается только одно последствие, т. е. $i = 1$, формула (D.1) может быть сокращена до произведения cp.

$$E(C) = \int_0^{\infty} c \cdot f_C(c)\mathrm{d}c, \tag{D.2}$$

где c — последствие;

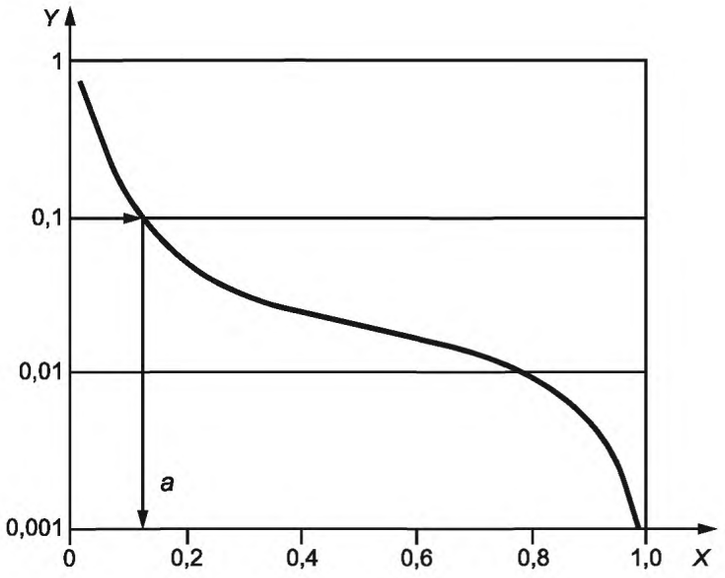
$f_C(c)$ — функция плотности вероятности последствия.

При расчете математического ожидания по приведенным формулам рекомендуется проверить значения p_i или $f_C(c)$.

В некоторых случаях в качестве индикаторов риска используют математические ожидания. Например, частота несчастных случаев со смертельным исходом — ожидаемое число погибших людей, занимающихся конкретной деятельностью, на сто миллионов человеко-часов, и возможные случаи со смертельным исходом — ожидаемое число погибших людей для конкретной деятельности в течение года.

Другой вид скалярного представления в качестве переменной использует один из двух аргументов кумулятивной функции распределения последствий (т. е. вероятность или последствия), при этом другой аргумент фиксируют по отношению к цели менеджмента риска. Применение в качестве аргумента вероятности может быть эффективным для оценки риска, когда четко определен неприемлемый уровень последствий. Это похоже на используемую в проектировании конструкции вероятность аварии для предельного состояния. То есть, это широкое понятие аварии от физического явления, такого как обрушение, до любых нежелательных последствий, возникших из-за проблем с конструкцией.

В качестве аргумента применяют также последствия, возникающие с заданной вероятностью. Такой подход в финансовой и экономической областях называется «стоимость, подверженная риску». Для проектирования/анализа конструкций максимально возможный ущерб (далее — МВУ), который является одним из наиболее часто употребляемых показателей, обычно определяют как отношение максимального ущерба к стоимости замены при заданном уровне вероятности: чаще всего употребляется 10 % за 50 лет. На рисунке D.4 показана взаимосвязь между кривой риска и МВУ как определено выше. В данном случае МВУ оценивается на уровне 13 %.



X — коэффициент повреждения; Y — вероятность превышения заданного предела за 50 лет;
a — МВУ, равный 0,13

Рисунок D.4 — Взаимосвязь между кривой риска и МВУ

Приложение Е
(справочное)

Формулы, используемые при оценке величины риска

Е.1 Общее описание

В качестве достаточно общего выражения для оценки величины риска за некоторый период времени T (например, один год или период эксплуатации), кривая риска $P(C>c)$, которая представляет собой дополнительную интегральную функцию распределения последствия C (см. приложение D), представлена формулой (Е.1):

$$P(C > c) = P\left\langle \sum_{i=1}^{N_S} C(S_i)\left\{1-\exp\left[-\sum_{k=1}^{N_H}\int_T \nu_k P(S_i|H_k)\mathrm{d}T\right]\right\} > c\right\rangle, \quad (Е.1)$$

где k — номер опасности, которой подвержена конструкция; $k = 1, 2, \ldots, N_H$;

N_H — общее число опасностей;

i — номер сценария; $i = 1, 2, \ldots, N_S$;

N_S — общее число различных сценариев, приводящих к предельным состояниям с соответствующими последствиями, $C(S_i)$;

ν_k — частота реализации k-й опасности;

$P(S_i|H_k)$ — условная вероятность i-го сценария при реализации k-й опасности.

Математическое ожидание последствия R, которое является одним из наиболее часто употребляемых скалярных представлений риска (см. приложение D), может быть представлено в формуле (Е.2):

$$R = E_R(C) = E_R\left\langle \sum_{i=1}^{N_S} C(S_i)\left\{1-\exp\left[-\sum_{k=1}^{N_H}\int_T \nu_k P(S_i|H_k)\mathrm{d}T\right]\right\}\right\rangle, \quad (Е.2)$$

где E_R — математическое ожидание по всем нестационарным переменным, таким как прочность, собственный вес и т. д.

Примечания

1 Опасности H_k, для различных значений k могут быть разного типа, например, землетрясение и пожар, а также одного типа, но различного происхождения, например, разные сейсмические зоны.

2 $P(S_k|H_k)$ и $C(S_k)$ могут зависеть от времени.

3 Для оценки вероятности предельного состояния $P(S_i|H_k)$ обычно необходимы модели действий, модели прочности, а также структурный и неструктурный анализы ответных действий.

Если показатель степени всегда меньше единицы и частоты не зависят от времени, формулу (Е.2) можно упростить до формулы (Е.3):

$$R = E_R\left[\sum_{i=1}^{N_S}\sum_{k=1}^{N_H}(\nu_k T)\,P(S_i|H_k)\,C(S_i)\right]. \quad (Е.3)$$

Е.2 Формулирование на основе кривых риска и кривых непрочности

Е.2.1 Формулирование

Если рассматривать только отдельную опасность, а возникновение опасности определенной интенсивности выражать вероятностным способом, то формулу (Е.3) можно привести в следующем виде:

$$R = E_R\left\{\sum_i C(S_i)\int_\gamma\left[-\frac{\mathrm{d}P_0(\gamma)}{\mathrm{d}\gamma}\right]P(S_i|\Gamma=\gamma)\,\mathrm{d}\gamma\right\}, \quad (Е.4)$$

где $P(S_i|\Gamma=\gamma)$ — условная вероятность того, что фактический ущерб достигается S_i при условии, что интенсивность нагрузки Γ равна γ (кривая непрочности);

$P_0(\gamma)$ — вероятность того, что интенсивность нагрузки была превышена как минимум один раз в течение периода времени T (кривая риска).

Примечания

1 Переменная γ также может быть представлена вектором.

2 Если необходимо объединить различные виды опасностей, то формулирование на основе кривых риска и кривых непрочности менее приемлемо.

Е.2.2 Пример оценки величины сейсмического риска

Е.2.2.1 Кривая сейсмического риска

Обычно при анализе сейсмической опасности предполагают, что землетрясения происходят редко и являются статистически независимыми. Следовательно, вероятность того, что случайная интенсивность Γ на конкретном участке превышает определенное значение γ, вычисляют по формуле (Е.5):

$$P_0(\gamma) = 1 - \exp\left[-\sum_{k=1}^{n}\int_T \nu_k q_k(\gamma)\,dT\right] \cong \sum_{k=1}^{n} \nu_k T q_k(\gamma), \qquad (Е.5)$$

где n — количество потенциальных зон землетрясения вокруг участка;

ν_k — частота возникновения землетрясений магнитудой с верхней границей m_{uk} и нижней границей m_{lk}, для k-го источника;

$q_k(\gamma)$ — вероятность того, что $\Gamma > \gamma$ при условии, что землетрясение возникает в k-м источнике, и может быть представлена формулой (Е.6)

$$q_k(\gamma) = \int_{m_{lk}}^{m_{uk}} \int_{r_{lk}}^{r_{uk}} P(\Gamma > \gamma | m, r) f_{Mk}(m) f_{Rk}(r)\,dm\,dr, \qquad (Е.6)$$

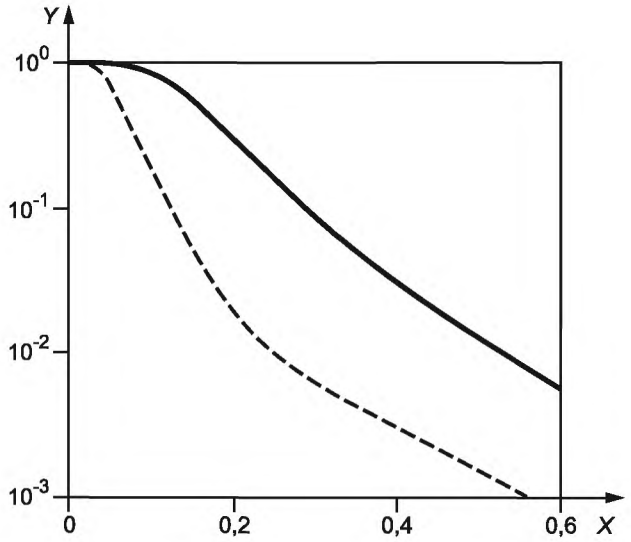
где $f_{Mk}(m)$ — функция плотности вероятности землетрясения магнитудой M, возникающего в k-м источнике;

$f_{Rk}(r)$ — функция плотности вероятности расстояния R с верхним значением r_{uk} и нижним значением r_{lk} от участка до разлома в k-м источнике;

$P(\Gamma > \gamma | m, r)$ — вероятность того, что $\Gamma > \gamma$, при условии, что $M = m$ и $R = r$.

Путем расширения формулы (Е.4) можно учесть неопределенность модели.

Кривую сейсмического риска получают из формулы (Е.3) для различных значений γ. На рисунке Е.1 показан пример кривой сейсмического риска.



X — максимальная скорость, м/с; Y — вероятность превышения за год, P_0;
_____ — город А; _ _ _ — город В

Рисунок Е.1 — Пример кривой сейсмического риска

Е.2.2.2 Кривая непрочности

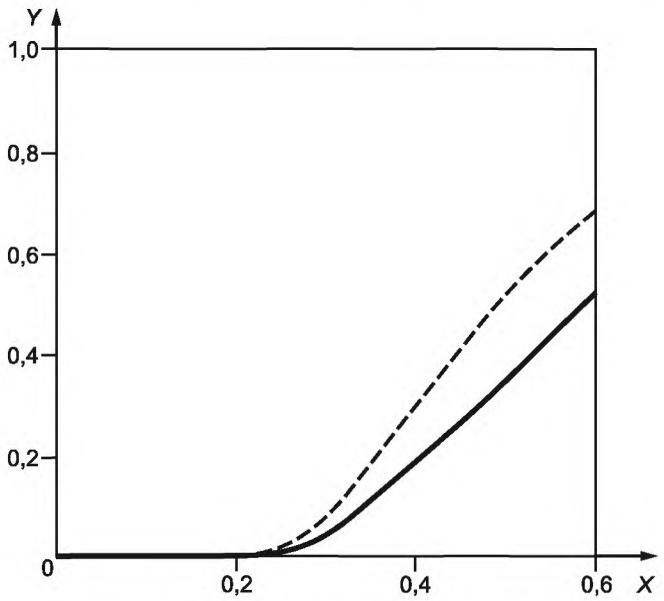
Кривая непрочности описывает вероятность того, что фактическое повреждение конструкции D превышает критерий повреждения d_i, если конструкция подвергается нагрузке определенной интенсивности γ.

$$P(S_i | \Gamma = \gamma) = P(D \geq d_i | \Gamma = \gamma) = P\left(\frac{S_d}{S_c} \geq 1{,}0\right), \qquad (Е.7)$$

где S_c — возможности конструкции, например, коэффициент межэтажного смещения на пороге разрушения;

S_d — конструкционное требование.

Кривые непрочности можно получить опытным путем или посредством теоретического анализа. На рисунке Е.2 показан пример кривой непрочности для землетрясения, где γ представляет пиковую скорость грунта.



X — максимальная скорость, м/с; *Y* — условная вероятность;
_____ — степень повреждения: обрушение; _ _ _ — степень повреждения: серьезное повреждение

Рисунок Е.2 — Пример кривой непрочности

Приложение F
(справочное)

Процедура оценки последствий

F.1 Общая информация

F.1.1 Оценка последствий представляет собой систематическую процедуру, нацеленную на выявление и оценку результатов решения, связанного с желательными или нежелательными событиями. Последствия могут иметь как положительное, так и отрицательное значение. Одно событие может повлечь за собой несколько последствий. Кроме этого, одни последствия могут возникать непосредственно после события, другие — по прошествии некоторого времени. Различают три общих типа последствий:

- смертельные случаи и травмы;
- влияние на экологию;
- экономические последствия.

Правильное количественное определение некоторых последствий, таких как политический и социальный ущерб, а также потеря уникальных образцов культурного наследия, может вызывать затруднения, а в ряде случаев и вовсе становится невозможным.

В процедуре оценки риска в сложных инженерных системах оценка последствий зачастую является ключевым, а иногда и самым важным этапом. Чтобы определить масштаб гибели людей и травм, либо экологических последствий и экономических результатов, можно использовать вербальные (качественные, описательные) или числовые (количественные) выражения.

Последствия, как правило, представляют собой многомерные величины. Однако в отдельных случаях их можно упростить и описать даже с помощью одного показателя, например, в виде денежной единицы. Далее последствия событий E_{ij} могут быть описаны с помощью составляющих затрат $C_{ij,\,k}$, где индекс «*ij*» указывает на события «*j*» сценария «*i*». Индекс «*k*» указывает на отдельные составляющие, связанные с числом погибших, тяжестью травм, экологическими последствиями и экономическими результатами, которые выражают в определенной «валюте».

F.1.2 В процессе оценки последствий желательных или нежелательных событий должны учитываться следующие рекомендации:

a) все последствия следует соотносить с четко определенными сценариями опасностей и связанными событиями;

b) необходимо принимать во внимание возможные последствия, вытекающие из какого-либо события;

c) следует принимать меры по снижению или устранению нежелательных последствий;

d) необходимо учитывать как немедленные, так и отсроченные последствия.

F.1.3 Для оценки последствий можно применять три варианта подходов:

- оценка по статистике ущерба;
- оценка с использованием моделей;
- оценка на основании инженерного заключения.

В соответствующих случаях вышеуказанные варианты могут применяться одновременно.

F.2 Оценка последствий по статистике ущерба

В основе оценки последствий по статистике ущерба лежат статистические данные, полученные из наблюдений за зданиями или инженерными системами. Статистика ущерба, используемая для оценки последствий, может применяться:

a) к определенным имеющимся конструкциям и релевантным инженерным системам, которые изучаются, например, в случае изменения или обновления существующей системы;

b) ко всем системам общего типа, для которых характерны общее местоположение или общий владелец, например, в случае оценки риска пожара для сходных административных зданий;

c) ко всем системам общего типа на государственном или международном уровне, например, в случае оценки риска для мостов или электростанций.

В каждом рассматриваемом случае должны критически оцениваться соответствие и уровень доступных данных, их доступность и значение.

F.3 Оценка последствий с использованием моделей

Оценка последствий с использованием соответствующих моделей имеет одно важное преимущество. Она дает представление об изучаемой системе, обеспечивает лучшее понимание взаимных связей между компонентами системы и предлагает адекватные и эффективные меры по снижению или устранению неблагоприятных последствий. Например, модель эвакуации здания или туннеля в случае пожара может обеспечить поддержку соответствующих мероприятий и необходимые маршруты эвакуации.

Однако использование моделей не освобождает от требования применять данные, полученные опытным путем и в процессе субъективной оценки. В случае с моделями оценка последствий может вызывать меньше затруднений, если это требование касается конкретной переменной. То есть, модель представляет собой определенный компромисс между преимуществами усложненной модели (по показателям лучшего понимания системы) и неопределенностью, связанной с данными, необходимыми для модели (по сравнению с неопределенностью данных, используемых непосредственно).

F.4 Оценка последствий на основании инженерного подхода

Результатом инженерной оценки последствий может быть точечная оценка или, что более предпочтительно, оценка в диапазоне значений. Последней обычно достаточно для использования в матрице риска или иной процедуре качественной оценки. В случае практического или полного отсутствия релевантных данных, можно использовать матрицу риска. Оценки последствий сводят в небольшое число диапазонов. Может быть полезным разделение последовательных значений на диапазоны, соответствующие одному или двум порядкам величины, с указанием наименьшего, среднего и наибольшего значения, а также специальными обозначениями, такими как гибель людей, экологический ущерб или экономические потери.

Инженерные заключения могут быть более систематичными и согласованными благодаря использованию методов Дельфи или других процедур, направленных на снижение необъективности и улучшение качества оценок. Эти методы предусматривают использование серии повторяющихся опросов группы экспертов, обычно в форме анкет, мнения или суждения которых представляют интерес. После начального опроса специалистов по отдельности, на каждом последующем опросе представляют информацию, касающуюся предыдущей серии ответов, обычно проведенных анонимно. Таким образом, каждому из специалистов предлагают пересмотреть и, при необходимости, изменить свой предыдущий ответ с учетом ответов других членов группы. После двух-трех циклов позицию группы определяют посредством усреднения полученных ответов.

Приложение G
(справочное)

Примеры мер по управлению риском

G.1 Введение

Существует четыре различных подхода к управлению риском.

- Уклонение от риска. Предполагает меры по уклонению от риска, которые выражаются в отказе или прекращении осуществления деятельности, создающей такой риск (т. е. предотвращение возникновения опасности). Для использования такого подхода необходимо идентифицировать отдельные опасности.

- Снижение риска. Направлено на снижение возможности/вероятности опасности и/или ее последствий, если таковая возникла. Снижение вероятности опасности не устраняет риск, если он неотъемлем от частного процесса, связанного с использованием конструкции.

- Передача риска. Предполагает передачу некоторых рисков другим сторонам. Может осуществляться через страхование или поиск партнера/партнеров, готовых разделить бремя риска.

- Удержание риска. Предусматривает принятие риска и готовность иметь дело с его последствиями в случае возникновения опасности.

Вышеописанные подходы не являются взаимоисключающими, и в большинстве случаев их комбинация может представлять наиболее эффективное решение. Примеры, демонстрирующие подходы, описаны в подразделах G.2—G.5. Важно отметить, что меры по управлению риском должны рассматриваться в рамках начальной оценки риска на этапах планирования, проектирования и ввода в эксплуатацию. Многие меры, связанные с управлением риском из области практического проектирования или риска разрушения конструкций, могут оказаться неосуществимыми или слишком затратными после ввода конструкции в эксплуатацию. Необходимо убедиться, что меры, предпринимаемые в отношении некоторых рисков, не способствуют увеличению остальных рисков.

G.2 Уклонение от риска

К мерам, связанным с данным подходом, можно отнести изменения местонахождения строительства или доступа к нему (например, отмена строительства вблизи сейсмического разлома или установление минимального безопасного расстояния до конструкции с помощью барьеров или других подобных устройств), или предотвращение использования или хранения опасных веществ в пределах или поблизости от строительной конструкции (например, неиспользование природного газа). И хотя такие меры часто являются наиболее простыми и обычно не нуждаются в проектных работах, важно отметить, что уклонение от риска также препятствует получению связанных с ним выгод.

G.3 Снижение риска

G.3.1 Меры, связанные с данным подходом, подразделяются на те, которые предназначены для снижения вероятности опасности, и те, которые позволяют уменьшить последствия в случае возникновения опасности.

Меры из первой группы могут включать в себя следующее:

- обучение персонала;
- проверка спецификаций и требований к проекту конструкции;
- контроль качества на этапах разработки и строительства;
- регулярный осмотр конструкции в течение срока ее службы;
- контроль процессов, связанных с использованием конструкции;
- профилактическое обслуживание (например, ремонт, замена поврежденных деталей);
- укрепление и модернизация имеющихся строительных конструкций;
- меры по защите с использованием строительных конструкций (например, ограждение колонн);
- меры по защите без использования строительных конструкций (например, установка спринклерной противопожарной системы);
- совершенствование методов проектирования строительных конструкций, строительства и обслуживания на этапе исследований и конструирования.

G.3.2 Меры из второй группы могут включать в себя следующее:

- организация маршрутов эвакуации;
- обучение жителей здания правилам поведения в чрезвычайных ситуациях;
- планирование мер реагирования;
- ограничение опасности (например, предотвращение распространения огня посредством разделения на блоки);
- ограничение масштаба аварий (например, меры по обеспечению прочности конструкции).

G.3.3 При планировании мер реагирования важно установить для этого определенные временные рамки. В некоторых случаях есть достаточное время для тщательного планирования. Однако есть ситуации, которые требуют экстренного реагирования [29]:

- быстрое возникновение риска;
- недостаточное время для предупреждения или подготовки;
- высокий уровень опасности;
- лица, которые должны отреагировать на риск, сами подвергаются риску;
- высокий уровень ущерба, например, большое число жертв или крупные финансовые потери;
- в осуществление мер реагирования вовлечено большое число людей;
- стадия изменения риска;
- крупный риск, включающий большое число погибших;
- высокие требования со стороны лиц, принимающих решения;
- ограниченные ресурсы в сравнении с масштабом угрозы;
- недостаток знаний о ситуации;
- время возникновения, например, ночью, в праздники или период отпусков;
- удаленное или недоступное положение.

G.3.4 В случае наступления чрезвычайной ситуации, проблема состоит не только в самом планировании, но и в необходимости адаптировать его к ситуации. Реагирование в данном случае должно быть более срочным и происходить в три стадии:

- стадия реагирования (оценка и удержание);
- стадия решения (планирование действий в чрезвычайных ситуациях);
- стадия восстановления (возобновление нормального режима).

Стадия реагирования — начальная стадия, в ходе которой группа участников должна оценить риск, рассмотрев масштаб проблемы и возможность удержать или ограничить распространение чрезвычайной ситуации. После того, как это сделано, наступает следующая стадия — реализация плана действий в чрезвычайных ситуациях, которая включает в себя участие сил полиции, пожарных, скорой помощи и служб спасения. И, наконец, стадия восстановления. Последняя стадия может быть продолжительной и зависит от типа и масштаба инцидента, который произошел.

G.4 Передача риска

Меры, связанные с данным подходом, включают в себя снижение риска с помощью сделок с реальными денежными средствами, такими как приобретение страхования или деривативных финансовых инструментов. Причастные стороны, отвечающие за риск, оплачивают стоимость страхования, тем самым передавая риск страховой компании. Если потери не возникают, стоимость страхования относится на затраты, а если потери возникают, то их масштаб снижается согласно условиям страхования.

Существует два популярных способа передачи риска: первый — это страхование, второй — деривативные инструменты. Для сейсмического риска предусмотрено фондирование, которое носит название «катастрофная облигация».

Страхование от землетрясения не всегда эффективно используется с точки зрения условий на рынке перестрахования. Поэтому большее признание получили катастрофные облигации как метод альтернативной передачи риска.

Катастрофные облигации позволяют организациям, управляющим рисками, наладить эффективную схему передачи риска, которая может включать в себя страхование от землетрясения. С другой стороны, они учитывают дополнительные риски, не покрываемые страхованием, которые рассматриваются как базисный риск в случае принятия катастрофной облигации. Базисный риск можно определить как разницу между суммой, уплаченной за катастрофную облигацию, и фактическими потерями, которые хотят компенсировать организации, управляющие рисками. Базисный риск — контролируемый риск. Игнорирование данного риска может привести к нежелательному результату: возмещение может оказаться недостаточным для покрытия фактических потерь или возросшей стоимости передачи риска.

При этом, в случаях, когда причастные стороны приглашают сторонних партнеров, которые принимают на себя базисный риск, предыдущий риск может быть уменьшен. Это пример передачи риска.

G.5 Удержание риска

Удержание риска предполагает принятие последствий, когда наступает событие, приводящее к потерям. Необходимо, чтобы были подготовлены соответствующие планы для урегулирования последствий принятия риска, включая определение возможных источников для покрытия потерь. Все риски, которых не удается избежать или передать, по умолчанию подлежат удержанию. Удержание риска может быть практичным вариантом для небольших рисков, для которых стоимость страхования от риска может со временем стать больше, чем общие потенциальные потери. Это оценивают с помощью анализа затрат/выгод. Удержание риска также целесообразно для рисков, которые настолько велики или катастрофичны, что их либо нельзя застраховать, либо премии по ним будут непропорционально дорогими. Страхование имущества и рисков на случай войны — дорогостоящий вид страхования, поэтому, как правило, его не используют. Все суммы потенциальных потерь по застрахованной сумме являются составляющими риска.

Приложение Н
(справочное)

Примеры использования принятия и оптимизации риска

Н.1 Возможные стратегии повышения сейсмоустойчивости деревянных домов в Японии, не соответствующих современным правилам проектирования

Примечание 1 — См. [31].

На сегодняшний день в Японии насчитывается около 11 млн деревянных домов, которые не соответствуют современным правилам проектирования. Повышение сейсмоустойчивости таких домов очень важно для уменьшения последствий стихийных бедствий. И хотя желательно усовершенствовать все эти дома до уровня, требуемого согласно действующим стандартам (правилам), это практически не осуществимо из-за большой стоимости такой модернизации. Для префектуры Айти реконструкция 570 тыс. ее деревянных домов обошлась бы в один триллион йен, а это больше одной трети годового бюджета. Кроме этого, дома с очень плохими конструктивными характеристиками так и останутся без изменений из-за еще большей стоимости их реконструкции, хотя именно они должны быть в первую очередь реконструированы, если самой важной задачей считать спасение жизни людей. В рамках менеджмента сейсмического риска эффективный целевой уровень реконструкции имеющихся деревянных домов в префектуре Айти следует рассматривать с точки зрения экономического аспекта проекта и возможных жертв.

Примечание 2 — Ознакомительные курсы валют в середине 2009 г.:
- 1 долл. США = 95 г.—100 йен;
- 1 евро = 125 г.—135 йен.

Н.2 Определение системы

Н.2.1 Определение системы, включающей строительные конструкции

Система включает в себя все имеющиеся деревянные дома в префектуре Айти, а также людей, проживающих в этих домах.

Уровень конструктивной прочности имеющегося деревянного дома часто измеряется индексом сейсмоустойчивости: если индекс сейсмоустойчивости I_G равен 1,0, то согласно действующим правилам (кодексам, стандартам) проектирования сейсмоустойчивость считается удовлетворительной. Учитывая изменения в правилах (кодексах, стандартах) сейсмостойкого проектирования Японии в 1971 и 1981 гг., деревянные дома подразделяются на три группы в зависимости от года постройки (см. таблицу Н.1). Предполагается, что уровень сейсмической устойчивости домов распределен логарифмически нормально с параметрами, указанными в таблице Н.1 [деловая программа по модернизации деревянных зданий в Японии (2005)]. В рамках экономических преобразований, в течение следующих 30 лет некоторые из старых домов будут снесены или реконструированы. Для простоты предполагается, что в момент времени, принятый за начало отсчета (чтобы попасть в III периода), случайным образом были выбраны, мгновенно снесены и сразу же реконструированы 17 % деревянных домов, не отвечающих современным правилам проектирования.

Таблица Н.1 — Вероятностная модель оценки сейсмоустойчивости деревянных домов

Период		Среднее значение индекса сейсмоустойчивости	Коэффициент вариаций
I	До 1970 г.	0,61	0,29
II	С 1970 г. по 1981 г.	0,74	0,36
III	С 1982 г. по настоящее время	1,31	0,24

Н.2.2 Идентификация последствий

Рассматривается только прямой ущерб вследствие аварии конструкции, т. е. гибель людей из-за разрушений, стоимость ремонта или реконструкции, стоимость сноса перед реконструкцией и стоимость временных жилых построек.

Н.3 Оценка риска

Н.3.1 Кривая риска

Примечание — См. приложение Е.

Для примера использована карта сейсмической опасности Японии, с нанесенной на нее сеткой с шагом 1 км. Карта составлена Главным управлением по развитию исследований землетрясений (2005).

Н.3.2 Кривая непрочности для уровня повреждения

Примечание — См. приложение Е.

Уровень ущерба подсчитывают на основе показателя повреждения, как показано на рисунке Н.1. Предполагается, что при индексе сейсмоустойчивости $I_G = x$ показатель повреждения w деревянного дома, расположенного на грунте, который колеблется с максимальной скоростью v, см/с, подчиняется распределению Вейбулла и вычисляется по формуле (Н.1):

$$w = g_1(x, v) \equiv 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{241x^{1,2}}\right)^{1,16}\right]. \quad (Н.1)$$

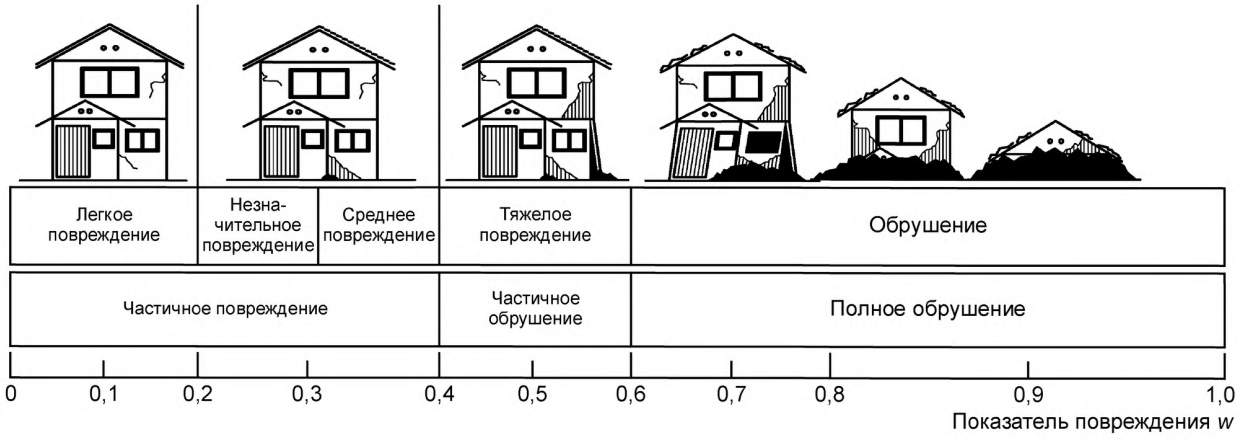


Рисунок Н.1 — Степень и показатель повреждения

Н.3.3 Функция экономических потерь

Предположим, что стоимость реконструкции дома составляет 120000 йен/м^2, тогда экономические потери, выраженные в тысячах йен на квадратный метр, для общей площади каждого здания z с показателем повреждения w, при $0 \le w < 0,7$ вычисляется по формуле (Н.2):

$$w = g_2(z) \equiv 10 \cdot \exp\left(\frac{w - 0,384}{0,127}\right) - 0,058. \quad (Н.2)$$

Для $0,7 \le w \le 1,0$ значение выражения фиксируют и берут равным 120.

Далее предполагается, что для сноса разрушенного дома и временного жилища эвакуированных из дома людей потребуется пять миллионов йен. В данном примере не учитывается учетный процент.

Н.3.4 Коэффициент смертности от несчастных случаев

На основании данных исследования, проведенного после землетрясения в г. Кобе, Япония, предполагается, что коэффициент смертности d людей, оставшихся в домах, которые получили конструктивные повреждения с показателем w, можно определить по формуле (Н.3):

$$d = g_3(w) \equiv 0,0001 \cdot \exp(6,98w) \cdot F(w; 0,6; 0,01), \quad (Н.3)$$

где $F(w; 0,6; 0,01)$ — функция нормального распределения условной вероятности (далее — ФРУВ), со средним значением 0,6 и стандартным отклонением 0,01.

Н.3.5 Стоимость реконструкции

Дополнительные расходы dC, выраженные в тысячах йен на квадратный метр и предназначенные для реконструкции с целью повышения уровня сейсмоустойчивости на величину dI_G, смоделированы на основании данных по эксплуатации 3001 деревянного дома (префектура Айти, период с 2003 по 2005 гг.). Дополнительные расходы вычисляют по формуле (Н.4):

$$dC = 163 \cdot dI_G + 5,8. \quad (Н.4)$$

Н.3.6 Оценка сейсмического риска

Функция нормального распределения условной вероятности показателя повреждения *w* для дома, построенного в *j*-й период, с учетом того, что грунт, на котором расположен дом, колеблется со скоростью *v*, см/с, представлена формулой (Н.5):

$$F_{W|V}(W|V; j) = F_{IG}[g_1^{-1}(w; v); j], \quad (Н.5)$$

где $F_{IG}(g_1^{-1}; j)$ — ФРУВ I_G для дома, построенного в *j*-й период;

$g_1^{-1}(w; v)$ — величина, обратная значению $g_1(w; v)$, вычисляемому по формуле (Н.1).

ФРУВ экономических потерь *Z*, выраженных в тысячах йен на квадратный метр, для дома, построенного в *j*-й период, с учетом колебаний грунта со скоростью *v*, см/с, можно оценить с помощью формул (Н.2) и (Н.5), как представлено в формуле (Н.6):

$$F_{Z|V}(Z|V; j) = F_{w|v}[g_2(z)|v, j]. \quad (Н.6)$$

Подобным же образом, ФРУВ коэффициента смертности людей *D* в домах, построенных в *j*-й период, с учетом колебаний грунта со скоростью *v*, см/с, можно оценить с помощью формул (Н.3) и (Н.5), как представлено в формуле (Н.7):

$$F_{D|V}(D|V; j) = F_{w|v}[g_3^{-1}(d)|v, j]. \quad (Н.7)$$

Для построенных в *j*-й период домов, представленных на сетке с шагом 1 км, экономические потери Z_{Tj}, а также смертность людей D_{Tj}, проживавших в этих домах, можно оценить по формулам (Н.8) и (Н.9) соответственно.

$$Z_{Tj} = Z \cdot A_j, \quad (Н.8)$$

$$D_{Tj} = D \cdot M_j \cdot m_p, \quad (Н.9)$$

где A_j — общая площадь деревянных домов на сетке карты, построенных в *j*-й период;

M_j — число людей, проживающих в домах;

m_p — вероятность того, что лицо, проживающее в одном из домов, остается в нем на момент возникновения сильных колебаний грунта.

Значение общей площади A_j оценивают как количество деревянных домов (в каждой клетке сетки), умноженное на среднюю площадь дома, которая составляет 125 м^2. Значение M_j оценивают исходя из отношения количества деревянных домов к общему количеству домов (в каждой клетке сетки). Предполагается, что m_p = 0,5.

Применяя теорему о полной вероятности, можно оценить сопутствующую функцию распределения вероятности (так называемую кривую риска, см. приложение Е) экономических потерь $R_m(z)$, а также смертельных случаев $R_d(d)$ для сетки с шагом 1 км, с помощью формул (Н.10) и (Н.11) соответственно.

$$R_m(z) = 1 - \sum_{j=1}^{3}\left\{\int_0^{\infty}[F_{Z|V}(Z / A_j|V; j)] \cdot f_V(V)\,dV\right\}, \quad (Н.10)$$

$$R_d(d) = 1 - \sum_{j=1}^{3}\left\{\int_0^{\infty}[F_{D|V}(D / M_j \cdot m_p|V; j)] \cdot f_V(V)\,dV\right\}, \quad (Н.11)$$

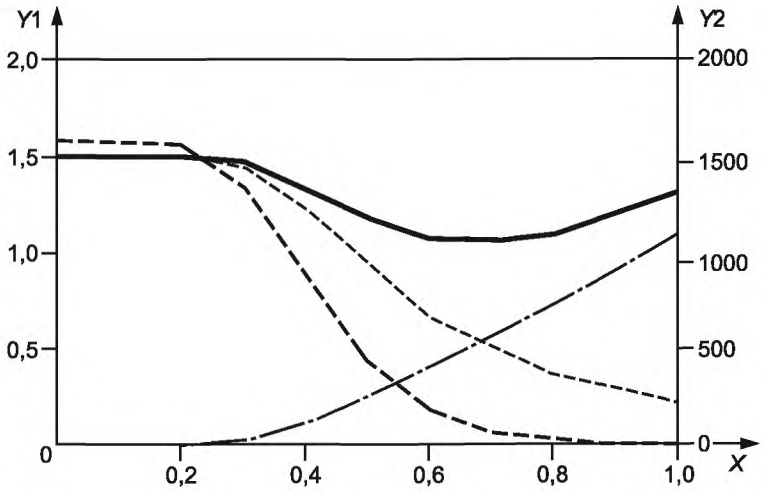
где $f_V(v)$ — функция плотности вероятности максимальной скорости в клетке сетки.

На рисунке Н.2 приведены ожидаемые в последующие 30 лет общие экономические потери из-за землетрясений в префектуре Айти. Эти потери представляют собой сумму экономических потерь *E* [C_i] и стоимости реконструкции C_u, которые, в свою очередь, зависят от целевого уровня реконструкции I_{GT}. На рисунке также представлено ожидаемое число смертельных случаев *E*[*D*]. Предполагается, что все дома, индекс сейсмоустойчивости I_G которых ниже целевого уровня I_{GT}, были реконструированы точно до целевого уровня.

В действительности часто бывает так, что реконструируют только некоторые из домов. На рисунке Н.3 представлены кривые, отображающие ожидаемое в течение последующих 30 лет число человеческих жертв после реконструкции домов в префектуре Айти. Число жертв зависит от целевого уровня реконструкции и процента реконструированных домов. На рисунке также приведены кривые затрат на реконструкцию.

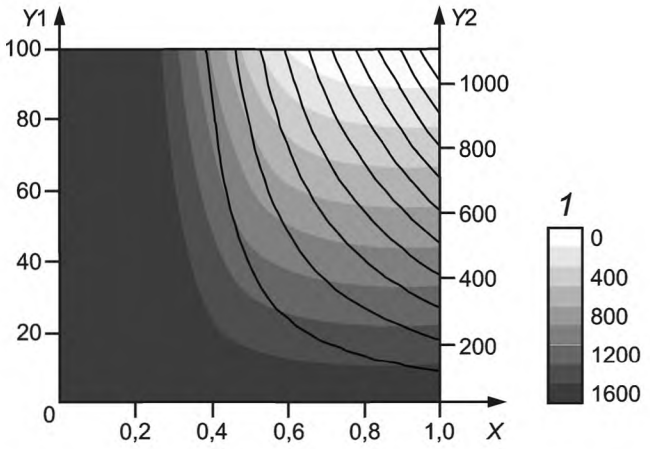
Н.4 Стратегии управления риском

Из рисунка Н.2 видно, что ожидаемые потери снижаются с увеличением целевого уровня реконструкции I_{GT}. Однако для значений I_{GT} выше 0,8 быстро возрастающие затраты на реконструкцию превосходят снижение потерь. В результате, ожидаемые общие экономические потери являются минимальными не тогда, когда уровень реконструкции I_{GT} равен 1,0, а когда его значение находится между 0,6 и 0,8. При увеличении I_{GT} до значения 0,6 ожидаемое число смертельных случаев *E*[*D*] резко снижается. Далее при увеличении I_{GT} снижение *E*[*D*] замедляется, и



X — целевой уровень реконструкции I_{GT}; *Y*1 — экономические потери, выраженные в триллионах йен; *Y*2 — число погибших;
— $E[C_f] + C_u$; — $E[C_f]$
— $E[D]$; — C_u

Рисунок Н.2 — Целевой уровень и ожидаемые потери



X — целевой уровень реконструкции I_{GT}; *Y*1 — процент реконструированных домов;
*Y*2 — затраты на реконструкцию, выраженные в триллионах йен; *1* — число погибших

Рисунок Н.3 — Ожидаемое число погибших в зависимости от I_{GT} и процента реконструированных домов

для значений I_{GT} выше 0,8 разница в числе погибших получается довольно несущественной. С точки зрения экономической эффективности, как видно из рисунка Н.2, имеет смысл рассмотреть целевой уровень реконструкции более низкий, чем действующие конструктивные требования.

Как видно из рисунка Н.3 число погибших снижается по мере увеличения целевого уровня реконструкции и процента реконструированных домов. При низком значении целевого уровня кривая смертельных случаев почти параллельна оси процента реконструированных домов и почти параллельна оси целевого уровня реконструкции, когда значение целевого уровня превышает 0,7. Это говорит о том, что более важным и эффективным методом уменьшения числа погибших является реконструкция домов с очень низкими характеристиками сейсмоустойчивости, нежели реконструкция малого количества домов до уровня действующих конструктивных требований. Кроме этого, в любом диапазоне процента реконструированных домов экономически нецелесообразно осуществлять реконструкцию до значения I_{GT} более 0,7, поскольку при крупных инвестициях число погибших уменьшается незначительно. Предпочтительнее реконструировать как можно большее число домов.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ISO 2394:1998	NEQ	ГОСТ Р 54257—2010 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования»
ISO/TS 16732:2005	IDT	ГОСТ Р 51901.10—2009/ISO/TS 16732:2005 «Менеджмент риска. Процедуры управления пожарным риском на предприятии»
ISO/IEC Guide 51:1999	—	*
ISO Guide 73:2009	IDT	ГОСТ Р 51897—2011/Руководство ИСО 73:2009 «Менеджмент риска. Термины и определения»

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного стандарта. Перевод данного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:
- IDT — идентичные стандарты;
- NEQ — неэквивалентные стандарты.

Библиография

[1] ISO 13822, Bases for design of structures — Assessment of existing structures
[2] ISO 31000, Risk management — Principles and guidelines
[3] ISO/TS 16733, Fire safety engineering — Selection of design fire scenarios and design fires

Приложение А

[4] Marashi, E., Davis, P. An argumentation-based method for managing complex issues in design of infrastructural systems, Reliability Engineering & System Safety, 91, 2006
[5] Perrow, C. Normal accidents: Living with high risk technologies, Princeton University Press, 1999
[6] Aven, T. Foundations of risk analysis, John Wiley & Sons Ltd., 2003
[7] Schrader-Frechette, K.S. Risk and rationality. Philosophical foundations for populist reforms, University of California Press, 1991
[8] Langseth, H., Portinale, L. Bayesian networks in reliability, Reliability Engineering & System Safety, 92, 2007
[9] Røed, W., Mosleh, A., Vinnem, J.E. and Aven, T. On the Use of Hybrid Causal Logic Method in Offshore Risk Analysis, Reliability Engineering and System Safety, 94, 2009
[10] Hale, A., Kirwan, B. and Kjellén, U. Safe by design: where are we now? Safety science, 45, 2007
[11] Kroon, I.B. and Maes, M.A. Theoretical Framework for risk Assessment and Evaluation, Part of report: Risk assessment in engineering, Joint Committee of Structural Safety, 2007

Приложение С

[12] Ayyub, B.M. Elicitation of Expert Opinions for Uncertainties and Risks, CRC Press, Boca Raton, 2001
[13] Chhibber, S., Apostolakis, G. and Okrent, D. A Taxonomy of Issues Related to the Use of Expert Judgements, Probabilistic Safety Studies, Reliability Engineering and System Safety, 38, pp. 27—45, 1992
[14] Cummings, G.E. The Use of Data and Judgment in Determining Seismic Hazard and Fragilities, Nuclear Engineering and Design, 93, pp. 275—279, 1986
[15] Grossi, P. Earthquake Damage Assessment; From Expert Opinion to Fragility Curves, Proceedings of the 8th Joint Specialty Conference on Probabilistic Mechanics and Structural Reliability, Notre Dame, paper No. 123, 2000
[16] Kircher, C.A., Whitman, R.V. and Holmes, W.T. HAZUS Earthquake Loss Estimation Methods, Natural Hazards Review, ASCE, 7(2), pp. 45—59, 2006
[17] Kirwin, B. A Guide to Practical Human Reliability Assessment, Taylor & Francis, London, 1994
[18] Paté-Cornell, E. Probability and Uncertainty in Nuclear Safety Decisions, Nuclear Engineering and Design, 93, pp. 319—327, 1986
[19] Paté-Cornell, E. Risk and Uncertainty Analysis in Government Safety Decisions, Risk Analysis, 22(3), pp. 633—646, 2002
[20] Siu, N. and Apostolakis, G., Uncertain Data and Expert Opinions in the Assessment of the Unavailability of Suppression Systems, Fire Technology, 24(2), pp. 138—162, 1988
[21] Winkler, R.L. and Clemen, R.T. Sensitivity of Weights in Combining Forecasts, Operations Research, 40(3), pp. 609—614, 1992
[22] Winkler, R.L., Hora, S.C. and Baca, R.G. The Quality of Experts' Probabilities Obtained Through Formal Elicitation Techniques, NRC-02-88-005, Nuclear Regulatory Commission, Washington D.C., 1992

Приложение D

[23] Klinke, A. and Renn, O. A new approach to risk evaluation and management: Risk based, precaution based, and discourse-based strategies, Risk Analyses, Vol. 22, No. 6, 2002
[24] German Advisory Council on Global Change (WBGU), 1998 annual report concerning global environmental risks

Приложение Е

[25] Bommer, J.J. Deterministic vs. probabilistic seismic hazard assessment: an exaggerated and obstructive dichotomy, Journal of Earthquake Engineering, Vol. 6, Special Issue 1, pp. 43—73, 2002
[26] Kameda, H. and Nojima, H. Simulation of risk-consistent earthquake motion, Earthquake eng. struct. dyn., 16, pp. 1007—1019, 1988
[27] Shinozuka, M., Feng, M.Q., Lee, J. and Nagnuma, T. Statistic analysis of fragility curves, J. Engrg. Mech., ASCE, 126(12), pp. 1224—1231, 2000
[28] Singhal, A. and Kiremidjian, A.S. Method for probabilistic evaluation of seismic structural damage, J. Struct. Engrg., ASCE, 122(12), pp. 1459—1467, 1996

Приложение G

[29] Flin, R. Sitting in the hot seat, Wiley, 1996

[30] Kunreuther, H., Deodatis, G. and Smyth, A. Integrating mitigation with risk-transfer instruments, Catastrophe Risk and Reinsurance: A Country Risk Management Perspective, 2003

Приложение Н

[31] Mori, Y., Yamaguchi, T. and Idota, H. Optimal Strategy for Upgrading Existing Non-Conforming Wooden Houses, Application of Probability and Statistics in Civil Engineering, Kanda, Takada, and Furuta (eds), 7 pp. (CD-Rom), 2007
[32] Japan Upgrading Wooden Housings Business Co-operation Earthquake-resistant result data, (in Japanese), 2005
[33] Okada, S. and Takai, N. Damage index function of wooden buildings for seismic risk management, Journal of Structural Engineering, No. 582, pp. 31—38 (in Japanese), 2004
[34] National seismic hazard maps for Japan, Headquarters for Earthquake Research Promotion, (in Japanese)

gost.e-ecolog.ru

УДК 659.562:62-192:006:354 ОКС 91.080.01 Ж02

Ключевые слова: оценка риска строительных конструкций (зданий, сооружений), оценки риска нетиповых конструкций, оценка риска систем, включающих строительные конструкции, управление риском, идентификация опасностей, вероятность реализации опасности, принципы оценки риска, снижение риска, матрица риска, методы обработки экспертных оценок

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Сдано в набор 09.02.2015. Подписано в печать 02.03.2015. Формат 60x84 1/8. Гарнитура Ариал. Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,10. Тираж 30 экз. Зак. 954.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru