

МЕНЕДЖМЕНТ РИСКА

Методики оценки риска

МЭНЕДЖМЕНТ РЫЗЫКІ

Методыкі ацэнкі рызыкі

(ISO/IEC 31010:2009, IDT)

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения



УДК

МКС 03.120.10

П 02

IDT

Ключевые слова: риск, менеджмент риска, анализ риска, оценка риска, методика оценки риска, методика анализа риска, последствие, вероятность

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 ПОДГОТОВЛЕН научно-производственным республиканским унитарным предприятием «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации» (БелГИСС)
ВНЕСЕН Госстандартом Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Госстандарта Республики Беларусь от ____ 20__ г. № ____

3 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO/IEC 31010:2009 Risk management – Risk assessment techniques (Менеджмент риска. Методики оценки риска).

Международный стандарт разработан техническим комитетом по стандартизации IEC/TC 56 «Надежность» Международной организации по стандартизации в электротехнике IEC совместно с рабочей группой ISO TMB «Менеджмент риска» Международной организации по стандартизации ISO.

Перевод с английского языка (en).

Официальные экземпляры международного стандарта, на основе которого подготовлен настоящий государственный стандарт, и международных стандартов, на которые даны ссылки, имеются в Национальном фонде ТНПА.

В разделе «Нормативные ссылки» и тексте стандарта ссылки на международные стандарты актуализированы.

Сведения о соответствии государственного стандарта ссылочному международному стандарту приведены в дополнительном приложении Д.А.

Степень соответствия – идентичная (IDT)

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Госстандарта Республики Беларусь

Издан на русском языке

Содержание

1 Область применения	
2 Нормативные ссылки	
3 Термины и определения.....	
4 Концепции оценки риска.....	
4.1 Назначение и преимущества.....	
4.2 Оценка риска и структура менеджмента риска.....	
4.3 Оценка риска и процесс менеджмента риска	
5 Процесс оценки риска.....	
5.1 Общие сведения	
5.2 Идентификация риска	
5.3 Анализ риска	
5.4 Оценивание риска	
5.5 Документация.....	
5.6 Мониторинг и анализ оценки риска.....	
5.7 Применение оценки риска на этапах жизненного цикла.....	
6 Выбор методик оценки риска	
6.1 Общие положения	
6.2 Выбор методик.....	
6.3 Наличие ресурсов.....	
6.4 Характер и степень неопределенности.....	
6.5 Комплексность	
6.6 Применение оценки риска на этапах жизненного цикла.....	
6.7 Типы методов оценки риска	
Приложение А (справочное) Сравнительный анализ методик оценки риска.....	
Приложение В (справочное) Методики оценки риска	
Библиография	
Приложение Д.А (справочное) Сведения о соответствии государственных стандартов ссылочным международным стандартам	

Введение

Организации всех типов и размеров сталкиваются с рядом рисков, которые могут влиять на достижение их целей.

Цели могут относиться к ряду видов деятельности организации от стратегических инициатив до функционирования, процессов и проектов, и быть выражены в виде социальных, экологических, технологических результатов, а также результатов в области безопасности и защиты, коммерческих, финансовых и экономических мер, а также влиять на общественные, культурные, политические аспекты и репутацию.

Вся деятельность организации включает риски, которыми следует управлять. Процесс менеджмента риска способствует принятию решения с учетом неопределенности и возможности будущих событий или обстоятельств (намеренных и ненамеренных) и их воздействий на согласованные цели.

Менеджмент риска включает применение логических и систематических методов, касающихся:

- обмена информацией и консультирования на протяжении данного процесса;
- установления контекста идентификации, анализа, оценивания, обработки риска, связанного с любой деятельностью, процессом, функцией или продуктом;
- мониторинга и анализа рисков;
- отчета о результатах и ведения записей о них должным образом.

Оценка риска является частью менеджмента риска, которая обеспечивает систематизированный процесс, в ходе которого выявляются воздействия, которые могут оказываться на цели, и анализируется риск в отношении последствий и их вероятностей до принятия решения о том, потребуется ли последующая обработка риска.

Оценка риска направлена на получении ответов на следующие вопросы:

- что может случиться и почему (идентификация риска)?
- каковы будут последствия?
- какова вероятность их возникновения в будущем?
- имеются ли какие-либо факторы, которые уменьшат последствия риска или снизят вероятность риска?
- является ли риск допустимым или приемлемым, и потребует ли он последующей обработки?

Настоящий стандарт направлен на изложение надлежащей практики выбора и применения методик оценки риска и не рассматривает новые или разрабатываемые в настоящее время подходы, в отношении которых еще не достигнут удовлетворительный уровень профессионального консенсуса.

Настоящий стандарт является основополагающим, поэтому он может применяться для многих отраслей и типов систем. В отдельных отраслях могут существовать более специализированные стандарты, которые устанавливают предпочтительные методологии и уровни оценки для конкретных случаев применения. Если данные стандарты согласованы с настоящим стандартом, то специальных стандартов, в целом, будет достаточно.

**МЕНЕДЖМЕНТ РИСКА.
Методики оценки риска**

**МЭНЕДЖМЕНТ РЫЗЫКІ.
Методыкі ацэнкі рызыкі**

Risk management.
Risk assessment techniques

Дата введения xxxx-xx-xx

1 Область применения

Настоящий стандарт разработан в развитие требований ISO 31000 и содержит руководящие принципы, касающиеся выбора и применения систематических методик оценки риска.

Оценка риска, проводимая в соответствии с настоящим стандартом, содействует другой деятельности, связанной с менеджментом риска.

Ряд методик применяют со специальными ссылками на другие международные стандарты, в которых концепция и применение методик описаны более подробно.

Настоящий стандарт не предназначен для целей сертификации, обязательного применения и заключения договоров.

Настоящий стандарт не устанавливает специальные критерии по выявлению необходимости анализа риска, а также не указывает тип метода анализа риска, который требуется для конкретного случая применения.

В настоящем стандарте не рассматриваются все методики, и если какая-либо методика в данном стандарте не рассматривается, то это не означает, что она не может применяться. То, что какой-либо метод применим к конкретному обстоятельству, не означает указания об обязательном применении.

Примечание – Настоящий стандарт не ограничивается только областью безопасности, а является общим стандартом в области менеджмента риска, а любые ссылки на обеспечение безопасности используются только в информационных целях. Руководящие указания по включению аспектов безопасности в стандарты IEC приведены в ISO/IEC Guide 51.

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие ссылочные документы. Для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая все его изменения).

ISO Guide 73:2009 Менеджмент риска. Словарь¹

ISO 31000:2009 Менеджмент риска. Принципы и руководящие указания

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применяются термины и определения, приведенные в ISO Guide 73.

4 Концепции оценки риска

4.1 Назначение и преимущества

Назначение оценки риска заключается в обеспечении получения информации и проведения анализа на доказательной основе для принятия обоснованных решений о том, как обрабатывать конкретные риски и как осуществлять выбор среди возможных вариантов.

Основные преимущества, которые позволяет получить проведение оценки риска, включают:

- обеспечение понимания риска и его потенциального влияния на цели;
- предоставление информации для лиц, принимающих решения;

Проект, первая редакция

¹ Действует взамен ISO/IEC Guide 73:2002.

- улучшение понимания рисков, способствующее выбору вариантов их обработки;
- возможность сравнения рисков в альтернативных системах, технологиях или подходах;
- обмен информацией о рисках и неопределенностях;
- содействие в установлении приоритетов;
- способствование предотвращению несчастных случаев, основанное на расследовании произошедших несчастных случаев;
- содействие выбору среди различных форм обработки риска;
- обеспечение соответствия обязательным требованиям;
- предоставление информации, которая применяется для оценки возможности принятия риска при сравнении с предварительно определенными критериями;
- оценка рисков, связанных с утилизацией после окончания срока службы.

4.2 Оценка риска и структура менеджмента риска

В данном стандарте предполагается, что оценка риска проводится в соответствии со структурой и процессом менеджмента риска, приведенными в ISO 31000.

Структура менеджмента риска обеспечивает политику, процедуры и организационные меры внедрения менеджмента риска во всей организации на всех уровнях.

Поскольку организация является частью данной структуры, она должна разработать политику или стратегию для принятия решения о том, когда и как необходимо проводить оценку риска.

Специалисты, проводящие оценку риска, должны быть осведомлены о:

- контексте функционирования организации и ее целях;
- степени и типе рисков, которые рассматриваются как допустимые, и о том, как обрабатывать неприемлемые риски;
- том, как оценка риска внедряется в процессы организации;
- методах и методиках, применяемых для оценки риска, и их месте в процессе менеджмента риска;
- обязательствах, ответственности и полномочиях по проведению оценки риска;
- ресурсах, имеющихся для проведения оценки риска;
- том, как оценку риска следует отражать в отчете и анализировать.

4.3 Оценка риска и процесс менеджмента риска

4.3.1 Общие положения

Оценка риска включает основные элементы процесса менеджмента риска, которые определены в ISO 31000, и содержит следующие элементы:

- обмен информацией и консультирование;
- установление контекста;
- оценку риска (включающую идентификацию риска, анализ риска и оценивание риска);
- обработку риска;
- мониторинг и анализ.

Оценка риска не является отдельным видом деятельности, она должна быть неотъемлемой частью других составляющих процесса менеджмента риска.

4.3.2 Обмен информацией и консультирование

Результативность оценки риска зависит от результативности обмена информацией и консультирования с заинтересованными сторонами.

Вовлечение заинтересованных сторон в процесс менеджмента риска применяется для:

- разработки плана обмена информацией;
- правильного и полного определения контекста;
- обеспечения понимания и учета интересов заинтересованных сторон;
- объединения различных профессиональных областей для идентификации и анализа риска;
- обеспечения должного учета различных точек зрения при оценивании рисков;
- обеспечения полной и правильной идентификации рисков;
- обеспечения всесторонней согласованности плана обработки рисков.

Заинтересованные стороны должны участвовать в согласовании процесса оценки риска с другими дисциплинами менеджмента, включая менеджмент изменений, менеджмент проекта и программы, а также менеджмент финансов.

4.3.3 Установление контекста

При установлении контекста определяют основные параметры менеджмента риска и устанавливают область применения и критерии для остальных этапов процесса менеджмента риска. Установление контекста включает рассмотрение внутренних и внешних параметров, относящихся к организации в целом, а также исходных данных для оценки конкретных рисков.

При установлении контекста определяют и согласовывают цели оценки риска, критерии риска и программу оценки риска.

В отношении оценки конкретного риска установление контекста должно включать определение внешнего, внутреннего контекста, а также контекста менеджмента риска и классификацию критериев риска:

а) Установление внешнего контекста включает ознакомление со средой, в которой функционирует организация и система, в том числе:

- культурные, политические, правовые, нормативные, финансовые, экономические и конкурентные факторы среды на международном, национальном, региональном или локальном уровне;

- ключевые факторы и тенденции, влияющие на цели организации;

- восприятие и ценности внешних заинтересованных сторон.

б) Установление внутреннего контекста включает выяснение:

- возможностей организации в отношении ресурсов и знаний;

- информационных потоков и процессов принятия решений;

- внутренних заинтересованных сторон;

- целей и стратегий, разработанных для их достижения;

- восприятий, ценностей и культуры;

- политик и процессов;

- стандартов и базовых моделей, принятых организацией;

- структур (таких как руководство, функции и обязательства).

с) Установление контекста процесса менеджмента риска включает:

- определение ответственности и обязательств всех участников;

- определение объема деятельности по менеджменту риска, который необходимо выполнить, включая специальные дополнения и исключения;

- определение объема проекта, процесса, функции или деятельности в отношении длительности и места расположения;

- определение взаимосвязей между конкретным проектом или деятельностью и другими проектами или видами деятельности организации;

- определение методологий оценки риска;

- определение критериев риска;

- определение способа оценивания деятельности по менеджменту риска;

- установление и конкретизация решений и действий, которые должны быть осуществлены;

- установление области или границ необходимого исследования, его объема, целей и ресурсов, требуемых для его проведения.

d) Определение критериев риска включает принятие решений по:

- характеру и типам последствий, которые следует включить в рассмотрение, и методам их измерения;

- способу выражения вероятностей;

- способу определения уровня риска;

- критериям принятия решений о необходимости обработки рисков;

- критериям принятия решений о приемлемости и (или) допустимости риска;

- тому, следует ли принимать во внимание сочетания рисков, и каким образом.

Критерии могут основываться на таких источниках, как:

- согласованные цели процесса;

- критерии, указанные в технических требованиях (спецификациях);

- общие источники данных;

- общепризнанные в промышленности критерии, например – уровни полноты безопасности;

- склонность организации к риску;

- правовые и другие требования к специальному оборудованию или случаю применения.

4.3.4 Оценка риска

Оценка риска – это общий процесс идентификации риска, анализа риска и оценивания риска.

Оценку риска можно проводить на уровне организации, а также на уровне подразделений, для проектов, отдельных видов деятельности или конкретных рисков. В различных контекстах могут применяться различные подходы и методики.

Оценка риска обеспечивает понимание рисков, их причин, последствий и их вероятностей и предоставляет входные данные для принятия решений, касающихся:

- необходимости предпринимать какую-либо деятельность;
- способов максимизации возможностей;
- необходимости обработки рисков;
- выбора между вариантами с различными рисками;
- установления приоритетов вариантов обработки риска;
- наилучшего выбора стратегий обработки рисков, которые позволят снизить неблагоприятные риски до приемлемого уровня.

4.3.5 Обработка риска

Обработка риска проводится после завершения оценки риска и включает выбор и согласование одного или нескольких соответствующих вариантов изменения вероятности возникновения, воздействия рисков или и того, и другого, и реализацию этих вариантов.

За этим следует циклический процесс повторной оценки нового уровня риска с целью определения его допустимости в сравнении с ранее установленными критериями, с тем, чтобы принять решение о необходимости дальнейшей обработки данного риска.

4.3.6 Мониторинг и анализ

В качестве части процесса менеджмента риска, необходимо регулярно проводить мониторинг и анализ рисков и мер управления, чтобы обеспечить следующее:

- предположения о рисках продолжают соответствовать действительности;
- предположения, на которых основывается оценка риска, включая внешний и внутренний контекст, продолжают соответствовать действительности;
- ожидаемые результаты достигаются;
- результаты оценки риска соответствуют фактическому опыту;
- методики оценки риска применяются должным образом;
- меры по обработке рисков результативны.

Должны быть установлены обязательства по мониторингу и анализу результативности.

5 Процесс оценки риска

5.1 Общие сведения

Оценка риска дает возможность лицам, принимающим решения, и ответственным сторонам, улучшить понимание рисков, что может способствовать достижению целей, и адекватности и результативности осуществляемого управления. Оценка риска обеспечивает основу для принятия решений о выборе наиболее целесообразного подхода, применяемого для обработки рисков. Выходные данные оценки риска являются входными данными для процессов принятия решений в организации.

Оценка риска – это общий процесс идентификации риска, анализа риска и оценивания риска (рисунок 1). Способ, которым этот процесс применяется, зависит не только от контекста процесса менеджмента риска, но также и от методов и методик, применяемых для проведения оценки.

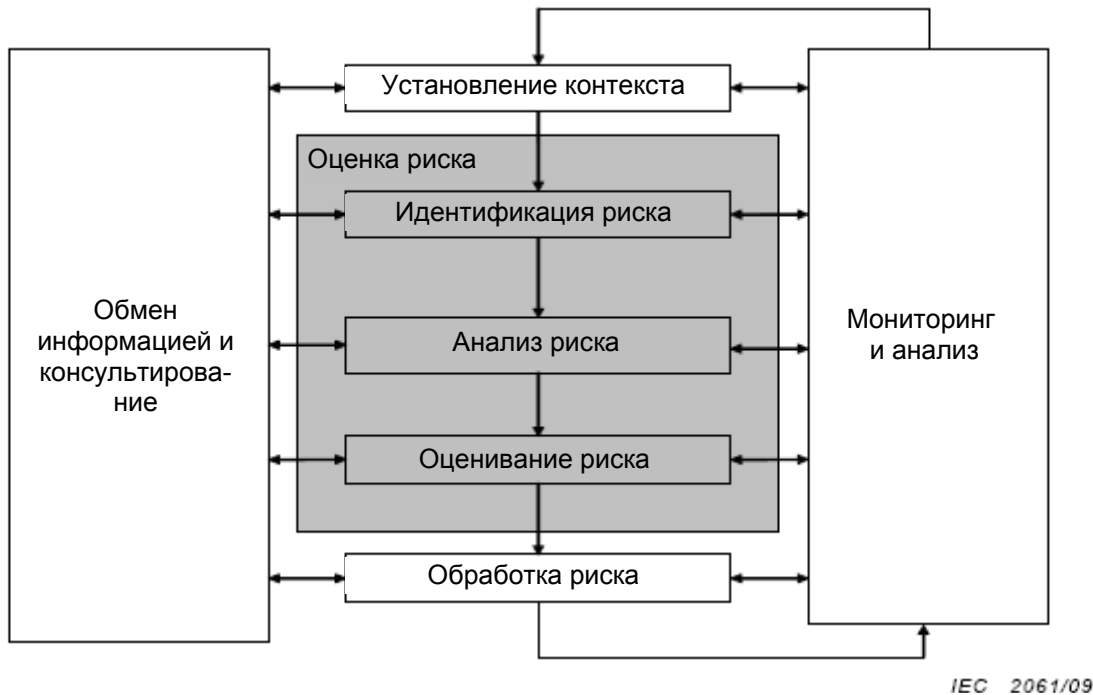


Рисунок 1 – Место оценки риска в процессе менеджмента риска

Оценка риска может потребовать multidисциплинарного подхода, поскольку риски могут включать множество причин и последствий.

5.2 Идентификация риска

Идентификация риска – это процесс выявления, исследования и описания рисков.

Целью идентификации риска является установление того, что может произойти, или какие могут возникнуть ситуации, которые могут повлиять на достижение целей системы или организации. После того, как риск идентифицирован, организация должна определить существующие меры управления, включающие, например, конструктивные особенности, персонал, процессы и системы.

Процесс идентификации риска включает выявление причин и источника риска (опасность в контексте материального ущерба), событий, ситуаций или обстоятельств, которые могут иметь материальное воздействие на цели, и характер этого воздействия.

Методы идентификации риска могут включать:

- методы, основанные на свидетельствах, примерами которых являются контрольные листы и анализ накопленных данных;
- систематические групповые подходы, когда группа экспертов следует систематическому процессу, чтобы идентифицировать риски с помощью структурированного набора вспомогательных фраз или вопросов;
- индуктивные методы исследования, например, HAZOP

Для повышения точности и полноты идентификации риска могут применяться различные вспомогательные методики, включая «мозговой штурм» и метод Делфи.

Независимо от фактически применяемых методик, важно, чтобы при идентификации риска должное внимание уделялось факторам, связанным с персоналом, и организационным факторам. Следовательно, в процесс идентификации риска следует включать рассмотрение отклонений от ожидаемого состояния факторов, связанных с персоналом, и организационных факторов, а также события, связанные с техническими и программными средствами.

5.3 Анализ риска

5.3.1 Общие положения

Сущность анализа риска заключается в улучшении понимания риска. Анализ риска предоставляет входные данные для оценки риска и принятия решений, касающихся необходимости обработки риска, и наиболее подходящих стратегий и методов обработки.

При анализе риска определяют последствия и их вероятности в отношении выявленных событий риска, принимая во внимание наличие (или отсутствие) и результативность каких-либо имеющихся мер управления. Затем последствия и их вероятности объединяют, чтобы определить уровень риска.

Анализ риска включает рассмотрение причин и источников рисков, их последствий и вероятности того, что эти последствия могут возникнуть. Необходимо выявить факторы, влияющие на последствия, и вероятность. Событие может иметь множественные последствия и влиять на многие цели. Следует принимать во внимание существующие меры управления риском и их результативность. Различные методы такого анализа описаны в приложении В. В сложных случаях может потребоваться применение нескольких методик.

Анализ риска обычно включает количественную оценку ряда возможных последствий, которые могут возникать в результате события, ситуации или обстоятельства, и связанных с ними вероятностей для того, чтобы была возможность измерить уровень риска. Однако, в некоторых случаях, например таких, для которых последствия, скорее всего, будут незначительными, или когда предполагается, что вероятность будет слишком низкой, для принятия решения может быть достаточно оценки отдельного параметра риска.

При некоторых обстоятельствах последствие может возникнуть в результате ряда различных событий или условий, или в случае, когда конкретное событие не определено. В данном случае особое внимание при оценке риска уделяют анализу значимости и уязвимости элементов системы с целью определения мер по обработке риска, которые соотносятся с уровнем защиты, или методик восстановления.

Методы, применяемые при анализе риска, могут быть качественными, полуколичественными или количественными. Необходимая степень детализации зависит от конкретного случая применения, наличия достоверных данных и необходимости принятия решений организацией. Некоторые методы и степени детализации анализа могут быть предписаны законодательно.

Качественная оценка применяется для определения последствия, вероятности и уровня риска по таким уровням значимости, как «высокий», «средний» и «низкий», может объединять последствие с вероятностью и оценивать результирующий уровень риска в соответствии с качественными критериями.

В полуколичественных методах применяются численные шкалы последствия и вероятности, которые объединяются с использованием соответствующей формулы для получения уровня риска. Шкалы могут быть линейными или логарифмическими, или иметь какую-либо другую взаимосвязь; применяемые для объединения формулы также могут различаться.

При количественном анализе оцениваются практические значения последствий и их вероятностей и рассчитываются значения уровня риска в конкретных единицах, определенных при разработке контекста. Полный количественный анализ не всегда может быть возможен или желателен вследствие неполноты информации об анализируемой системе или деятельности, недостатка данных, влияния факторов, связанных с персоналом, и других причин, или по той причине, что необходимость в количественном анализе не обоснована или отсутствует. В таких обстоятельствах сравнительное полуколичественное или качественное ранжирование рисков специалистами, компетентными в соответствующей области, может быть достаточным.

В случаях качественного анализа должно быть приведено четкое разъяснение всех применяемых терминов, а также должно быть указано основание для всех критериев.

Даже после выполнения полного количественного анализа, необходимо удостовериться, что рассчитанные уровни риска в действительности являются его оценками. Особое внимание следует уделить обеспечению того, что они не характеризуются уровнем точности и прецизионности, несовместимым с точностью данных и применяемыми методами.

Уровни риска следует выражать в наиболее подходящих терминах для данного типа риска и в форме, способствующей оцениванию риска. В некоторых случаях величина риска может быть выражена как распределение вероятности по диапазону последствий.

5.3.2 Оценка мер управления

Уровень риска зависит от адекватности и результативности существующих мер управления. Необходимо рассмотреть следующие вопросы:

- Какие имеются меры управления конкретным риском?
- Обеспечивают ли данные меры управления адекватную обработку риска так, чтобы по результатам управления он находился на приемлемом уровне?
- Функционируют ли меры управления предназначенным образом на практике, и можно ли подтвердить их результативность, если потребуется?

На данные вопросы можно получить достоверные ответы только в том случае, если в наличии имеется соответствующая документация и процессы обеспечения качества.

Уровень результативности конкретного управления или комплекса связанных с ним мер управления может выражаться качественно, полуколичественно или количественно. В большинстве случаев не гарантируется высокий уровень точности. Тем не менее, может быть целесообразным выражать и фиксировать значение результативности управления риском так, чтобы можно было судить о рациональности затрат на усовершенствование мер управления или обеспечение различных мер по обработке риска.

5.3.3 Анализ последствий

При анализе последствий определяют характер и тип воздействия, которое может возникнуть в предположении, что произошло конкретное событие или сложились конкретные обстоятельства. Событие может оказывать ряд воздействий различной величины и влиять на ряд различных целей и различных заинтересованных сторон. Типы последствий, которые необходимо проанализировать, и заинтересованные стороны, на которых они оказывают влияние, следует определить на этапе установления контекста.

Анализ последствий может варьироваться от простого описания результатов до подробного количественного моделирования или анализа уязвимостей.

Воздействия могут иметь незначительные последствия, но высокую их вероятность, или значительные последствия, но малую их вероятность, или какой-либо промежуточный результат. В некоторых случаях целесообразно рассматривать риски с потенциально значительными результатами, поскольку они часто имеют большую важность для руководства. В других случаях может быть важным анализировать риски как со значительными, так и с незначительными последствиями отдельно одни от других. Например, частая (или постоянная) проблема с незначительным воздействием может иметь значительные кумулятивные или долгосрочные результаты. Кроме того, действия по обработке этих двух различных видов рисков зачастую существенно различаются, поэтому целесообразно анализировать их отдельно.

Анализ последствий может включать:

- рассмотрение существующих мер управления по обработке последствий, совместно со всеми способствующими факторами, которые влияют на последствия;
- соотнесение последствий риска с первоначальными целями;
- рассмотрение как немедленных последствий, так и тех, которые могут возникнуть спустя определенное время, если это согласуется с областью применения оценки;
- рассмотрение косвенных последствий, таких как последствия для взаимосвязанных систем, видов деятельности, оборудования или организаций.

5.3.4 Вероятностный анализ и количественная оценка вероятности

Для количественной оценки вероятности применяются обычно три общих подхода; они могут применяться совместно и отдельно:

а) Использование соответствующих накопленных данных для выявления событий или ситуаций, которые возникали в прошлом, что дает возможность экстраполировать вероятность их возникновения в будущем. Используемые данные должны соответствовать рассматриваемому типу системы, оборудования, организации или деятельности, а также стандартам функционирования рассматриваемой организации. Если в прошлом риск возникал очень редко, то любая оценка вероятности будет весьма неопределенной. Это особенно касается тех случаев, когда событие, ситуация или обстоятельство в прошлом никогда не возникали, что не позволяет обоснованно предполагать, что они не произойдут в будущем.

б) Вероятность прогнозируется с применением специальных методик, например, анализа «дерева» неисправностей и анализа «дерева» событий (приложение В). Если накопленные сведения отсутствуют или они не достоверны, то вероятность следует получать посредством анализа системы, деятельности, оборудования или организации, а также связанных с ними отказов или исправных состояний. Количественные данные, касающиеся оборудования, персонала, организаций и систем, полученные из опыта или опубликованных источников данных, затем объединяют, чтобы получить оценку вероятности конечного события. При применении методик прогнозирования при анализе важно обеспечить, что должным образом учтена возможность возникновения общего отказа при совместных отказах нескольких различных частей или компонентов системы, вызванных одной причиной. Для определения вероятности отказа оборудования и конструкции вследствие старения и других процессов ухудшения могут потребоваться методики моделирования, основанные на расчете влияния неопределенностей.

с) Для количественной оценки вероятности в ходе структурированного и систематического процесса можно применять экспертные мнения. Экспертные суждения должны основываться на всей имеющейся информации, включая накопленную экспериментальную и проектно-конструкторскую информацию, а также информацию, характерную для системы и организации. Существует множество официальных методов для получения экспертных суждений, которые направлены на формулирование соответствующих вопросов. Существующие методы включают метод Делфи, парные сравнения, порядковое ранжирование и экспертную оценку абсолютной вероятности.

5.3.5 Предварительный анализ

Риски необходимо предварительно проанализировать для того, чтобы определить наиболее значительные риски, или исключить из дальнейшего анализа менее значительные или незначительные риски. Целью является обеспечение концентрации ресурсов на исследовании наиболее значительных рисков. Особое внимание следует уделять тому, чтобы не исключить из рассмотрения низкие риски, имеющие

большую частоту возникновения и создающие значительный кумулятивный эффект. Предварительный анализ должен основываться на критериях, определенных в контексте. Предварительный анализ предполагает выбор одного или нескольких направлений действий из следующих:

- решение обрабатывать риски без последующей оценки;
- отклонение незначительных рисков, обработка которых не целесообразна;
- проведение более подробной оценки.

Исходные предположения и результаты должны быть задокументированы.

5.3.6 Неопределенность и чувствительность

Часто существуют значительные неопределенности, связанные с анализом риска. Понимание неопределенностей необходимо для должной интерпретации результатов анализа риска и обмена информацией о них. Анализ неопределенностей, связанных с данными, методами и моделями, применяемым для идентификации и анализа риска, является важным аспектом их применения. Анализ неопределенностей включает определение отклонения или неточности в результатах, вызываемой совокупным изменением в параметрах и допущениях, используемых для определения результатов. Областью, тесно связанной с анализом неопределенности, является анализ чувствительности.

Анализ чувствительности включает определение размера и значительности величины риска по отношению к изменениям в отдельных параметрах входных данных. Анализ чувствительности применяется для определения тех данных, которые должны быть точными, и тех данных, к которым имеется меньшая чувствительность, и которые, следовательно, имеют меньшее влияние на общую точность.

Полноту и точность анализа риска следует определить настолько всесторонне, насколько это возможно. Источники неопределенности должны быть выявлены везде, где это возможно: необходимо рассматривать как сами данные, так и неопределенности, связанные с моделью и (или) методом. Необходимо установить параметры, к которым анализ чувствителен, а также степень чувствительности.

5.4 Оценивание риска

Оценивание риска включает сравнение количественно оцененных уровней риска с критериями риска, определенными при установлении контекста, с целью определения значительности уровня риска и его типа.

Оценивание риска основывается на понимании риска, достигнутом при анализе риска, и служит для принятия решений о последующих действиях. Этические, правовые, финансовые и другие аспекты, включая восприятия риска, также являются входными данными для принятия решения.

Решения могут включать:

- установление необходимости в обработке риска;
- приоритеты обработки;
- установление целесообразно осуществления какой-либо деятельности;
- определение количества направлений, которым необходимо следовать.

Характер решений, которые необходимо принять, и критерии, которые будут применяться для их принятия, определяются при установлении контекста, но на данном этапе, когда имеется больше информации о конкретных выявленных рисках, их следует заново подробно пересмотреть.

Самой простой структурой определения критериев риска является отдельный уровень, который отделяет риски, которые нужно обрабатывать, от рисков, не требующих обработки. Данная структура хотя и обеспечивает простые результаты, но не учитывает неопределенности, которые возникают как при количественной оценке рисков, так и при определении границ между теми рисками, которые требуют обработки, и теми, которые не требуют.

Решение о необходимости и способе обработки рисков зависит от затрат и выгод по результатам принятия риска, а также затрат и выгод по результатам осуществления усовершенствованных мер управления.

Общий подход заключается в разделении рисков на три группы:

а) верхняя группа, в которой уровень риска рассматривают как недопустимый, независимо от того, какие выгоды может принести деятельность, и в которой обработка риска необходима, независимо от затрат на нее;

б) средняя группа (или «серая» область), в которой принимают во внимание затраты и преимущества, а также возможности, сбалансированные в соответствии с потенциальными последствиями;

с) нижняя группа, в которой уровень риска рассматривают как незначительный или настолько малый, что нет необходимости в каких-либо мерах по обработке риска.

«Минимальный практически приемлемый уровень риска» или система критериев ALARP, применяемая в практике обеспечения безопасности, реализует данный подход таким образом, что в средней группе существует подвижная шкала для низких рисков, когда можно непосредственно сравнивать затраты и выгоды, тогда как для высоких рисков возможность ущерба должна быть снижена до тех пор, пока затраты на дальнейшее снижение не станут явно непропорциональными полученным преимуществам в безопасности.

5.5 Документация

Процесс оценки риска и его результаты должны быть задокументированы. Риски следует выражать в простых для понимания терминах; единицы, в которых выражается уровень риска, также должны быть понятными.

Степень отчетности зависит от целей и области применения оценки. За исключением очень простых оценок документация должна включать:

- цели и область применения;
- описание соответствующих частей системы и ее функций;
- краткое описание внешнего и внутреннего контекста организации и того, как он связан с оцениваемыми ситуацией, системой или обстоятельствами;
- применяемые критерии риска и их обоснование;
- ограничения, допущения и обоснование гипотез;
- методологию оценки;
- результаты идентификации риска;
- данные, допущения и их источники и подтверждение достоверности;
- результаты анализа риска и их оценивание;
- анализ чувствительности и неопределенности;
- критические допущения и другие факторы, в отношении которых необходимо проводить мониторинг;
- обсуждение результатов;
- заключения и рекомендации;
- ссылки.

Если оценка риска обеспечивает непрерывный процесс менеджмента риска, то ее следует проводить и отражать в документации таким образом, чтобы она проводилась должным образом на протяжении всего жизненного цикла системы, организации, оборудования или деятельности. Оценку необходимо совершенствовать по мере получения важной новой информации и изменений контекста в соответствии с потребностями процесса менеджмента.

5.6 Мониторинг и анализ оценки риска

Процесс оценки риска должен учитывать контекст и другие факторы, которые, как можно предполагать, изменяются с течением времени, и которые могут повлиять на оценку риска или сделать ее недостоверной. Эти факторы должны быть специально определены для текущего мониторинга и анализа, с тем, чтобы, при необходимости, оценку риска можно было усовершенствовать.

Также следует определить данные, мониторинг которых необходимо проводить, с целью усовершенствования оценки риска.

Также следует проводить мониторинг результативности мер управления и документировать его, чтобы обеспечить данные для применения в анализе риска. Также необходимо определить обязательства по формированию и анализу свидетельств и документации.

5.7 Применение оценки риска на этапах жизненного цикла

Многие виды деятельности, проекты и продукцию можно рассматривать как имеющие жизненный цикл, начинающийся с первоначальной концепции и определения, включающий реализацию и оканчивающийся завершающей стадией, которая может включать вывод из эксплуатации и утилизацию технических средств.

Оценку риска можно применять на всех этапах жизненного цикла и ее обычно применяют многократно с различными уровнями детализации с целью содействия принятию решений, которое необходимо осуществлять на каждом этапе.

Этапы жизненного цикла характеризуются различными требованиями, что требует применения различных методик. Например, на этапе концепции и определения, когда выявляется какая-либо возможность, оценку риска можно применять для того, чтобы решить, следует ли продолжать разработку данной концепции.

При наличии нескольких вариантов оценку риска можно применять для оценивания альтернативных концепций, чтобы обосновать решение о том, которая из них обеспечивает наилучший баланс положительных и отрицательных рисков.

На этапе проектирования и разработки оценка риска способствует:

- обеспечению допустимости системных рисков;
- процессу совершенствования проекта;
- изучению экономической эффективности затрат;
- идентификации рисков, воздействующих на последующие этапы жизненного цикла.

По мере продолжения деятельности оценку риска можно применять для получения информации, содействующей разработке процедур для нормальных и аварийных условий.

6 Выбор методик оценки риска

6.1 Общие положения

В настоящем разделе приводится подход к выбору методики оценки риска. В приложениях перечисляются и подробно разъясняется ряд средств и методик, которые можно применять при проведении оценки риска, или которые могут содействовать процессу оценки риска. Иногда может потребоваться применение нескольких методов оценки.

6.2 Выбор методик

Оценку риска можно проводить с различной степенью глубины и детализации и с применением одного или нескольких методов от простых до сложных. Форму оценки и ее результаты необходимо согласовывать с критериями риска, разработанными как часть установления контекста. В приложении А показана концептуальная взаимосвязь между основными категориями методик оценки риска и факторами, присутствующими в данной ситуации риска, и приведены примеры того, как организации могут выбирать соответствующие методики оценки риска для конкретной ситуации.

В общем случае применимые методики должны иметь следующие характеристики:

- быть обоснованными и соответствовать рассматриваемой ситуации или организации;
- обеспечивать результаты в форме, которая улучшает понимание характера риска и того, как его следует обрабатывать;
- обеспечивать возможность применения прослеживаемым, воспроизводимым и проверяемым образом.

Необходимо приводить обоснование выбора методики с учетом применимости и пригодности. При использовании результатов, полученных при других исследованиях, необходимо убедиться в сравнимости применяемых методик и результатов.

После принятия решения о проведении оценки риска и установления целей и области применения необходимо выбрать методики, основываясь на таких факторах, как:

- цели исследования. Цели оценки непосредственно определяют выбор применяемых методик. Например, если проводят сравнительное исследование различных вариантов, то может быть приемлемым применение менее детализированных моделей последствий для частей системы, на которые не влияют различия;
- потребности лиц, принимающих решения. В некоторых случаях высокий уровень детализации необходим для принятия оптимального решения, в других случаях достаточно общего понимания;
- тип и диапазон анализируемых рисков;
- потенциальная значимость последствий. Решение о степени, до которой следует проводить оценку риска, должно отражать исходное восприятие последствий (хотя степень можно изменить по завершении предварительного оценивания);
- степень потребности в квалифицированных экспертах, персонале и иных ресурсах. Простой метод, если он соответствует целям и области применения оценки, примененный должным образом, может дать лучшие результаты, чем более сложная, но недостаточно проработанная процедура. В общем случае затраты на оценку должны быть соизмеримы с возможным уровнем анализируемого риска;
- наличие информации и данных. Некоторые методики требуют больше информации и данных, чем другие;
- необходимость изменения или усовершенствования оценки риска. В будущем может возникнуть необходимость в изменении или усовершенствовании оценки; некоторые методики более гибкие в этом отношении, чем другие;
- какие-либо обязательные и договорные требования.

На выбор подхода для оценки риска влияют различные факторы, например, наличие ресурсов, характер и степень неопределенности данных и информации, сложность случая применения (см. таблицу А.2).

6.3 Наличие ресурсов

Ресурсы и возможности, которые могут влиять на выбор методик оценки риска, включают:

- профессиональный опыт и навыки, возможности группы по оценке риска;
- ограничения времени и других ресурсов в организации;
- наличие и размер бюджета в случае, если потребуются внешние ресурсы.

6.4 Характер и степень неопределенности

Оценка характера и степени неопределенности требует понимания качества, количества и целостности имеющейся информации, касающейся рассматриваемого риска. Необходимо рассматривать степень, в которой доступна существенная информация о риске, его источниках и причинах, а также последствиях в отношении целей. Неопределенность может быть обусловлена низким качеством данных, недостатком значимых и достоверных данных. Например, могут изменяться методы сбора данных, способ, посредством которого организации применяют данные методы, или организация может не иметь результативного метода сбора данных об идентифицированном риске.

Неопределенность может также быть неотъемлемой частью внешнего и внутреннего контекста организации. Имеющиеся данные не всегда обеспечивают надежную основу для прогнозирования. Для уникальных типов риска могут отсутствовать накопленные данные или эти данные могут по-разному интерпретироваться различными заинтересованными сторонами. Те специалисты, которые выполняют оценку риска, должны понимать тип и характер неопределенности и вклад результатов оценки риска в обеспечение надежности. Об этих аспектах необходимо обмениваться информацией с лицами, принимающими решения.

6.5 Комплексность

Риски могут иметь комплексный характер, например – в сложных системах, риск которых необходимо оценивать скорее во всей системе, а не рассматривать каждый компонент в отдельности, пренебрегая взаимодействиями. В других случаях рассмотрение отдельного риска может учитываться в других аспектах и влиять на другую деятельность. Необходимо учитывать последующие воздействия и взаимосвязи риска, чтобы обеспечить, что при управлении одним риском не произойдет недопустимой ситуации в каком-либо ином аспекте. Понимание комплексности отдельного риска или совокупности рисков организации важно для выбора соответствующего метода или методик оценки риска.

6.6 Применение оценки риска на этапах жизненного цикла

Многие виды деятельности, проекты и продукцию можно рассматривать как имеющие жизненный цикл, начинающийся с первоначальной концепции и определения, включающий реализацию и оканчивающийся завершающей стадией, которая может включать вывод из эксплуатации и утилизацию технических средств.

Оценку риска можно применять на всех этапах жизненного цикла и ее обычно применяют многократно с различными уровнями детализации с целью содействия принятию решений, которое необходимо осуществлять на каждом этапе.

Этапы жизненного цикла характеризуются различными требованиями, что требует применения различных методик. Например, на этапе концепции и определения, когда выявляется какая-либо возможность, оценку риска можно применять для того, чтобы решить, следует ли продолжать разработку данной концепции.

При наличии нескольких вариантов оценку риска можно применять для оценивания альтернативных концепций, чтобы обосновать решение о том, который из них обеспечивает наилучший баланс положительных и отрицательных рисков.

На этапе проектирования и разработки оценка риска способствует:

- обеспечению допустимости системных рисков;
- процессу совершенствования проекта;
- изучению экономической эффективности затрат;
- идентификации рисков, воздействующих на последующие этапы жизненного цикла.

По мере продолжения деятельности оценку риска можно применять для предоставления информации, содействующей разработке процедур для нормальных и аварийных условий.

6.7 Типы методов оценки риска

Методики оценки риска можно классифицировать различным образом, чтобы способствовать пониманию их преимуществ и недостатков. В таблицах приложения А устанавливаются взаимосвязи некоторых возможных методик и их категорий для наглядности.

В приложении В описаны все данные методики, в соответствии с характером оценки, которую они обеспечивают, и приведены указания по их применению в конкретных ситуациях.

Приложение А (справочное)

Сравнительный анализ методик оценки риска

А.1 Типы методик

Методики классифицируются в соответствии с этапами процесса оценки риска, на которых они применяются:

- методики идентификации риска;
- методики анализа риска – анализа последствий;
- методики анализа риска – качественной, полуколичественной или количественной оценки вероятности;
- методики анализа риска – оценки результативности существующих мер управления;
- методики анализа риска – количественной оценки уровня риска;
- методики оценивания риска.

Возможность применения методики для каждого этапа процесса оценки риска характеризуется следующими уровнями: методика рекомендуема к применению, применима или неприменима (см. таблицу А.1).

А.2 Факторы, влияющие на выбор методик оценки риска

Приводятся характеристики методик в отношении:

- сложности проблемы и методов, необходимых для ее анализа;
- характера и степени неопределенности оценки риска, основанной на объеме имеющейся информации, и того, что требуется для достижения целей;
- объема необходимых ресурсов в отношении времени и уровня квалификации, потребностей в данных или затрат;
- возможности получения количественных выходных данных.

Примеры существующих типов методик оценки риска приведены в таблице А.2, где каждая методика оценена как имеющая высокий, средний или низкий уровень данных свойств.

Таблица А.1 – Применимость подходов к оценке риска

Подходы и методики	Процесс оценки риска					См. Приложение
	Идентификация риска	Анализ риска			Оценивание риска	
		Последствие	Вероятность	Уровень риска		
«Мозговой штурм»	SA ¹⁾	NA ²⁾	NA	NA	NA	В 01
Структурированные или полуструктурированные опросы	SA	NA	NA	NA	NA	В 02
Метод Делфи	SA	NA	NA	NA	NA	В 03
Контрольные листы	SA	NA	NA	NA	NA	В 04
Предварительный анализ опасностей (РНА)	SA	NA	NA	NA	NA	В 05
Исследование опасности и работоспособности (HAZOP)	SA	SA	A ³⁾	A	A	В 06
Анализ опасностей и критические контрольные точки (НАССР)	SA	SA	NA	NA	SA	В 07
Оценка экологического риска (оценка токсичности)	SA	SA	SA	SA	SA	В 08
Структурированная методика «Что, если...?» (SWIFT)	SA	SA	SA	SA	SA	В 09
Анализ сценариев	SA	SA	A	A	A	В 10
Анализ влияния на деятельность	A	SA	A	A	A	В 11
Анализ первоначальной причины	NA	SA	SA	SA	SA	В 12
Анализ характера и последствий отказов	SA	SA	SA	SA	SA	В 13
Анализ «дерева» неисправностей	A	NA	SA	A	A	В 14
Анализ «дерева» событий	A	SA	A	A	NA	В 15
Анализ причины и последствия	A	SA	SA	A	A	В 16
Причинно-следственный анализ	SA	SA	NA	NA	NA	В 17
Анализ уровней защиты (LOPA)	A	SA	A	A	NA	В 18
Анализ «дерева» решений	NA	SA	SA	A	A	В 19
Анализ надежности оператора	SA	SA	SA	SA	A	В 20
Анализ схемы «галстук-бабочка»	NA	A	SA	SA	A	В 21
Техническое обслуживание, направленное на обеспечение надежности	SA	SA	SA	SA	SA	В 22
Анализ паразитности	A	NA	NA	NA	NA	В 23
Анализ Маркова	A	SA	NA	NA	NA	В 24
Имитационное моделирование методом Монте-Карло	NA	NA	NA	NA	SA	В 25
Байесова статистика и сети Байеса	NA	SA	NA	NA	SA	В 26
Кривые FN	A	SA	SA	A	SA	В 27
Показатели риска	A	SA	SA	A	SA	В 28
Матрица последствий и вероятности	SA	SA	SA	SA	A	В 29
Анализ затраты и выгод	A	SA	A	A	A	В 30
Многокритериальный анализ решений (MCDA)	A	SA	A	SA	A	В 31

1) Рекомендуем к применению

2) Не применим

3) Применим

Таблица А.2 – Параметры выбора методик оценки риска

Тип методики оценки риска	Описание	Значимость влияющих факторов			Возможность получения количественных выходных данных
		Ресурсы и возможности	Характер и степень неопределенности	Сложность	
1	2	3	4	5	6
МЕТОДЫ ПЕРВИЧНОГО АНАЛИЗА					
Контрольные листы	Простая форма идентификации риска. Методика, которая позволяет составить перечень типичных неопределенностей, которые необходимо рассматривать. Пользователи сверяются с ранее составленным перечнем, классификаторами или стандартами.	Низкая	Низкая	Низкая	Нет
Предварительный анализ опасности	Простой индуктивный метод анализа, цель которого заключается в идентификации опасностей и опасных ситуаций и событий, которые могут причинять ущерб рассматриваемой деятельности, оборудованию или системе.	Низкая	Высокая	Средняя	Нет
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ					
Систематизированный опрос и «мозговой штурм»	Средство сбора широкого круга идей и оценивания, ранжирования их группой экспертов. «Мозговому штурму» может способствовать применение вспомогательных фраз или методик опроса «один на один» или «один со многими»	Низкая	Низкая	Низкая	Нет
Метод Делфи	Средство объединения мнений экспертов, которое может применяться как вспомогательное при выявлении источников и воздействий, количественной оценке вероятности и последствий и оценивании риска. Это – методика совместной работы для установления консенсуса между экспертами. Включает независимый анализ и голосование экспертами.	Средняя	Средняя	Средняя	Нет
SWIFT (Структурированная методика «Что, если...?»)	Система вспомогательных фраз для группы экспертов при идентификации рисков. Обычно применяется в рамках координируемого заседания рабочей группы. Обычно связана с анализом риска и методикой оценивания риска	Средняя	Средняя	Любая	Нет

Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4	5	6
Оценка надежности оператора (оценка «человеческого фактора») (HRA)	Оценка надежности оператора (HRA) касается воздействия персонала на функционирование системы и может применяться для оценки влияния ошибок оператора («человеческого фактора») на систему.	Средняя	Средняя	Средняя	Да
АНАЛИЗ СЦЕНАРИЯ					
Анализ первоначальной причины (анализ отдельного случая ущерба)	Отдельный случай ущерба, который имел место, анализируется для того, чтобы определить предрасполагающие причины и то, как систему или процесс можно усовершенствовать, чтобы избежать таких случаев ущерба в будущем. При анализе необходимо рассматривать, какие меры управления применялись в то время, когда произошел ущерб, и как эти меры управления можно усовершенствовать.	Средняя	Низкая	Средняя	Нет
Анализ сценария	Возможные будущие сценарии выявляют посредством воображения или экстраполяции на основе текущего состояния, и рассматривают различные риски в предположении того, что каждый из этих сценариев может произойти. Метод может быть или не быть формализован, может применяться качественно или количественно.	Средняя	Высокая	Средняя	Нет
Оценка экологического риска (оценка токсичности)	Выявляют и анализируют опасности, а также определяют возможные способы, которыми конкретный объект может подвергаться опасности. Информацию об уровне воздействия и характере ущерба, вызванного данным уровнем воздействия, объединяют, чтобы установить величину вероятности возникновения конкретного ущерба.	Высокая	Высокая	Средняя	Да
Анализ влияния на деятельность	Проводят анализ того, как ключевые риски нарушения могут влиять на функционирование организации, и выявляют и количественно определяют возможности, которые потребуются для управления ими.	Средняя	Средняя	Средняя	Нет
Анализ «деревя» неисправностей	Методика, в которой начинают рассмотрение с нежелательного события (конечного события) и определяют все возможные варианты, которые могут привести к этому событию. Результат отображается графически в виде логической древовидной схемы. После разработки «деревя» неисправностей необходимо рассмотреть пути снижения или устранения возможных причины (или) источников.	Высокая	Высокая	Средняя	Да

Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4	5	6
Анализ «дерева» событий	Применение индуктивного метода рассуждений для преобразования вероятностей различных исходных событий в возможные результаты.	Средняя	Средняя	Средняя	Да
Анализ причин и последствий	Сочетание анализа «дерева» неисправностей и «дерева» событий, которое позволяет включить в рассмотрение задержки по времени. Рассматривают как причины, так и последствия исходного события.	Высокая	Средняя	Высокая	Да
Причинно-следственный анализ	Любое воздействие может иметь множество предрасполагающих факторов, которые можно группировать в различные категории. Предрасполагающие факторы обычно выявляют посредством «мозгового штурма» и отображают в виде древовидной структурной схемы или диаграммы Исикавы.	Низкая	Низкая	Средняя	Нет
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ					
FMEA и FMECA	FMEA (анализ характера и последствий отказов) – это методика, которая позволяет установить характер отказов и механизмы их возникновения, а также их воздействия. Существует несколько типов FMEA: FMEA проекта (или продукции), который применяется в отношении компонентов и продукции, FMEA системы, который применяется в отношении систем, FMEA процесса, который применяется в отношении производственных и сборочных процессов, FMEA услуг и FMEA программных средств. FMEA может сопровождаться анализом критичности, при котором определяют значимость отказа каждого типа качественным, полуколичественным и количественным образом. Такая методика называется анализом характера, последствий и критичности отказов (FMECA). Анализ критичности может быть основан на вероятности того, что рассматриваемый тип отказа приведет к отказу системы, или на уровне риска, связанного с характером отказа, или числе приоритетности риска.	Средняя	Средняя	Средняя	Да
Техническое обслуживание, направленное на обеспечение надежности	Метод определения политик, которые необходимо внедрять с целью управления отказами, чтобы результативно и эффективно достигать необходимой безопасности, готовности и экономичности функционирования всех типов оборудования.	Средняя	Средняя	Средняя	Да

Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4	5	6
Анализ паразитности (Анализ паразитных цепей)	Анализ паразитности – это методология выявления ошибок проектирования. Паразитное состояние – это скрытое состояние технического, программного средства или их сочетание, которое может вызвать возникновение нежелательного события или может препятствовать возникновению благоприятного события, и которое не может быть вызвано отказом какого-либо элемента. Эти состояния имеют случайный характер, и их выявление затруднено даже при проведении самых строгих стандартных испытаний системы. Паразитное состояние может стать причиной неправильного функционирования, отказа системы, программного запаздывания или даже смертельного случая или получения работником травмы.	Средняя	Средняя	Средняя	Нет
HAZOP (Исследование опасности и работоспособности)	HAZOP – это общий процесс идентификации риска, направленный на определение возможных отклонений от ожидаемого или требуемого функционирования. В нем применяется система, основанная на применении управляющих слов. Оценивается критичность отклонений.	Средняя	Высокая	Высокая	Нет
НАССР (Анализ опасностей и критические контрольные точки)	Систематическая, активная и предупредительная система по обеспечению качества продукции, надежности и безопасности процессов посредством измерения и мониторинга конкретных характеристик, которые должны находиться в установленных пределах.	Средняя	Средняя	Средняя	Нет
ОЦЕНКА МЕР УПРАВЛЕНИЯ					
LOPA (Анализ уровней защиты)	(Также может иметь название анализа барьеров). Позволяет оценивать меры управления и их результативность.	Средняя	Средняя	Средняя	Да
Анализ схемы «галстук-бабочка»	Простой схематический способ описания и анализа способов реализации риска от опасностей до результатов и анализа мер управления. Может рассматриваться как сочетание логики «дерева» неисправностей для анализа причины события (представленного узлом «галстука-бабочки») и «дерева» событий для анализа последствий.	Средняя	Высокая	Средняя	Да
СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ					
Метод Маркова	Метод Маркова, называемый также анализом «пространства состояний», обычно применяют для анализа ремонтпригодных сложных систем, которые могут существовать в многочисленных состояниях, включая различные ухудшенные состояния.	Высокая	Низкая	Высокая	Да

Окончание таблицы А.2

1	2	3	4	5	6
Имитационное моделирование методом Монте-Карло	Имитационное моделирование методом Монте-Карло применяется для определения общего отклонения в системе, возникающего в результате отдельных отклонений определенных входных данных в системе, которые имеют определенное распределение и связаны с результатом посредством определенных взаимосвязей. Метод может применяться для конкретной модели, в которой взаимодействия различных входных данных могут быть определены математически. Входные данные могут основываться на различных типах распределения в соответствии с характером неопределенности, которые они должны представлять. Для оценки риска обычно применяется треугольное распределение или бета-распределение.	Высокая	Низкая	Высокая	Да
Байесов анализ	Статистическая процедура, в которой применяются данные априорного распределения для оценки вероятности результата. Точность результата, полученного Байесовым методом анализа, зависит от точности априорного распределения. Байесовы сети доверия моделируют причины и следствия в различных областях посредством установления вероятностных взаимосвязей различных входных данных, формирующих результат	Высокая	Низкая	Высокая	Да

Приложение В (справочное)

Методики оценки риска

В.1 «Мозговой штурм»

В.1.1 Общие сведения

«Мозговой штурм» – это методика, которая на способствование свободному обсуждению и его поощрение в группе осведомленных лиц для идентификации потенциальных видов отказов и связанных с ними опасностей, рисков, критериев принятия решений и (или) способов обработки. Термин «мозговой штурм» часто необоснованно применяется для обозначения любого типа группового обсуждения. В действительности же «мозговой штурм» предполагает применение специальных методик, чтобы активировать творческое мышление участников идеями и высказываниями других членов группы.

Результативное координирование является важной составляющей данной методики и включает инициирование обсуждения на начальном этапе, периодическое направление внимания специалистов на другие значимые аспекты и фиксирование идей, возникающих в ходе обсуждения (которое бывает, как правило, очень оживленными).

В.1.2 Применение

«Мозговой штурм» может применяться совместно с другими методами оценки риска, описанными ниже, или как отдельная методика, способствующая творческому мышлению, на любом этапе процесса менеджмента риска и на любом этапе жизненного цикла системы. Данный метод может применяться при предварительных обсуждениях, когда определяются вопросы для более подробного рассмотрения, или на уровне детализации для решения конкретных проблем.

В методе «мозгового штурма» большое значение имеет творческое мышление. Поэтому его применение особенно целесообразно для идентификации рисков, связанных с новой технологией, когда отсутствуют данные или когда необходимы новаторские решения проблем.

В.1.3 Входные данные

Группа лиц, компетентных в организации, системе, процессах или конкретном случае применения, который подлежит оценке.

В.1.4 Процесс

«Мозговой штурм» может быть формализованным или неформализованным. Формализованный «мозговой штурм» является более структурированным, когда участники заранее подготовлены, а заседания имеют определенную задачу и результат, достигаемый посредством оценки предложенных идей. Неформализованный «мозговой штурм» является менее структурированным и зачастую ситуативным.

При формализованном процессе:

- координатор подготавливает вспомогательные фразы, соответствующие контексту, до начала заседания;
- цели заседания определены и правила разъяснены;
- координатор инициирует процесс последовательных высказываний, и каждый участник изучает идеи и выявляет возможно большее количество пунктов обсуждения. В этот момент не обсуждается, следует ли внести из в перечень, или что подразумевается под конкретными высказываниями, потому что это, как правило, затрудняет свободный ход рассуждений. Все входные данные принимаются, ничто не подвергается критике, и группа незамедлительно продолжает обсуждение, чтобы обеспечить возможность инициирования высказанными идеями расширенного осмысления;
- если при обсуждении вопроса идеи исчерпаны или обсуждение существенно отклоняется, координатор может задать новое направление обсуждению. Цель заключается в том, чтобы собрать как можно больше разнообразных идей для последующего анализа.

В.1.5 Выходные данные

Выходные данные зависят от этапа процесса менеджмента риска, на котором методика применяется, например, на этапе идентификации выходными данными могут быть перечень рисков и текущих мер управления.

В.1.6 Преимущества и недостатки

«Мозговой штурм» имеет следующие преимущества:

- поощряет творческое мышление, которое способствует выявлению новых рисков и оригинальных решений;
- вовлекает ключевые заинтересованные стороны и поэтому содействует всеобщему обмену информацией;
- прост в применении и не требует больших затрат времени.

Метод имеет следующие недостатки:

- участники могут быть недостаточно опытными и осведомленными для результативного участия в исследовании;
- поскольку метод является сравнительно неструктурированным, то бывает затруднительно обосновать, что процесс был всесторонним, т.е. что были идентифицированы все потенциальные риски;
- может существовать определенная динамика в конкретной группе, когда одни специалисты с ценными идеями недостаточно участвуют в обсуждении, а другие преобладают. Данного недостатка можно избежать посредством компьютеризированного «мозгового штурма» с применением чат-форумов или метода номинальной группы. Компьютеризированный «мозговой штурм» может быть анонимным, и не затрагивать персональные или политические аспекты, которые могут негативно повлиять на свободное формирование идей. При применении метода номинальной группы идеи поступают модератору анонимно и затем обсуждаются всеми участниками группы.

В.2 Структурированные или полуструктурированные опросы

В.2.1 Общие сведения

В структурированном опросе опрашиваемым лицам индивидуально задают подготовленные вопросы, имеющиеся в вспомогательном листе, которые способствуют анализу ситуации опрашиваемым лицом в ином аспекте и, тем самым, идентификации рисков в данном аспекте. Полуструктурированный опрос проводится сходным образом, но обеспечивает большую свободу при обсуждении возникающих вопросов.

В.2.2 Применение

Применение структурированных или полуструктурированных опросов целесообразно в тех случаях, когда затруднительно собрать участников на заседание для «мозгового штурма», или где свободная дискуссия в группе не применима к ситуации или привлеченным лицам. Такие опросы обычно применяются для идентификации рисков или для оценки результативности существующих мер управления как части анализа риска. Они могут применяться на любом этапе проекта или процесса. Они являются средством обеспечения участия заинтересованных сторон в формировании входных данных для оценки риска.

В.2.3 Входные данные

Входные данные включают:

- четко определенные цели опроса;
- перечень опрашиваемых лиц, выбранных из представителей соответствующих заинтересованных сторон;
- подготовленный ряд вопросов.

В.2.4 Процесс

Разрабатывается ряд вопросов, которым должен руководствоваться специалист, проводящий опрос. Вопросы должны быть, по возможности открытыми, простыми, задаваться на языке опрашиваемого эксперта, и касаться только одной темы. Возможные последующие вопросы, необходимые для уточнения, также должны быть подготовлены.

Затем данные вопросы задаются опрашиваемому лицу. Если необходимо получить уточнение, то вопросы должны быть открытыми. Следует обеспечить, чтобы опрашиваемое лицо не направлялось в своих суждениях.

Ответы следует рассматривать с определенной степенью гибкости, чтобы обеспечить возможность более детального исследования тех аспектов, которые опрашиваемое лицо считает нужными.

В.2.5 Выходные данные

Выходными данными являются мнения представителей заинтересованных сторон по вопросам, которые являются предметом опроса.

В.2.6 Преимущества и недостатки

Метод структурированных опросов имеет следующие преимущества:

- структурированные опросы предоставляют экспертам время для размышлений над заданным вопросом;
- обмен информацией один на один может обеспечить более глубокое рассмотрение вопросов;
- структурированные опросы позволяют вовлекать большее количество заинтересованных лиц, чем «мозговой штурм», который проводится сравнительно небольшой группой.

Метод имеет следующие недостатки:

- координатору требуется значительное количество времени на сбор мнений таким путем;
- предвзятость допускается и не устраняется в ходе группового обсуждения;
- может быть не достигнута степень творческого мышления, характерная для «мозгового штурма».

В.3 Метод Делфи

В.3.1 Общие сведения

Метод Делфи – это процедура достижения достоверного консенсуса мнений группы экспертов. Хотя в настоящее время данный термин широко применяется для обозначения любой формы «мозгового штурма», важной отличительной особенностью метода Делфи, согласно первоначальной формулировке, являлось то, что эксперты выражали свои мнения индивидуально и анонимно, получая доступ к мнениями других экспертов в ходе процесса.

В.3.2 Применение

Метод Дельфи может применяться на любом этапе процесса менеджмента риска или на любом этапе жизненного цикла системы, там, где необходим консенсус мнений экспертов.

В.3.3 Входные данные

Совокупность вариантов, в отношении которых необходим консенсус.

В.3.4 Процесс

Группу экспертов опрашивают с применением полуструктурированной анкеты. Эксперты не встречаются друг с другом, поэтому их мнения являются независимыми.

Применяется следующая процедура:

- формирование группы специалистов для организации и мониторинга процесса Делфи;
- подбор группы экспертов (может быть одна или несколько групп экспертов);
- разработка анкеты первого этапа;
- тестирование анкеты;
- индивидуальная рассылка анкеты участникам обсуждения;
- анализ и объединение информации из ответов первого этапа и повторная рассылка участникам обсуждения;
- заполнение анкет участниками обсуждения и повторение процесса до достижения консенсуса.

В.3.5 Выходные данные

Сближение мнений к консенсусу по рассматриваемому вопросу.

В.3.6 Преимущества и недостатки

Метод Делфи имеет следующие преимущества:

- поскольку мнения являются анонимными, более вероятно выражение непопулярных мнений;
- все мнения имеют одинаковую весомость, что предотвращает проблему преобладания отдельных экспертов;
- получение права собственности на результаты;
- отсутствие необходимости собирать всех экспертов в одном месте и в одно время.

Метод имеет следующие недостатки:

- большие затраты времени и высокая трудоемкость;
- необходимость того, чтобы участники могли четко выражать свои мнения в письменной форме.

В.4 Контрольные листы

В.4.1 Общие сведения

Контрольные листы представляют собой перечни опасностей, рисков или ошибок при управлении, разработанные, как правило, на основе накопленного опыта: по результатам либо предшествующей оценки риска, либо отказов в прошлом.

В.4.2 Применение

Контрольные листы могут применяться для идентификации опасностей и рисков или для оценки результативности мер управления. Они могут применяться на любом этапе жизненного цикла продукции, процесса или системы. Контрольные листы могут применяться как часть других методик оценки риска, но более целесообразно их применять для проверки того, что все было учтено после применения более творческой методики, которая применялась для выявления новых проблем.

В.4.3 Входные данные

Априорная информация и компетентность в рассматриваемых вопросах, позволяющие выбрать или разработать соответствующие рассматриваемым вопросам контрольные листы, применимость которых, по возможности, подтверждена.

В.4.4 Процесс

Применяется следующая процедура:

- определение области деятельности;
- выбор такого контрольного листа, который бы обеспечивал охват всей области рассмотрения. Контрольные листы следует тщательно выбирать для конкретной цели. Например, контрольный лист стандартных мер управления не подходит для идентификации новых опасностей или рисков;
- отдельное лицо или группа, используя контрольный лист, рассматривают каждый элемент процесса или системы и анализируют наличие соответствующих пунктов в контрольном листе.

В.4.5 Выходные данные

Выходные данные зависят от этапа процесса менеджмента риска, на котором применяется методика. Например, выходными данными могут быть перечни мер управления, которые не соответствуют назначению, или перечень рисков.

В.4.6 Преимущества и недостатки

Контрольные листы имеют следующие преимущества:

- могут применяться лицами, не являющимися экспертами;
- будучи должным образом разработанными, они объединяют широкий диапазон исследования в одну простую в применении систему;
- могут способствовать обеспечению полноты учета общих проблемы.

Контрольные листы имеют следующие недостатки:

- имеют тенденцию сдерживать творческое мышление при идентификации рисков;
- рассматривают «то, о чем известно, что оно известно», а не «то, о чем известно, что оно неизвестно» или «то, о чем неизвестно, что оно неизвестно»;
- способствуют формальному типу поведения («проставлению отметок в клетках»);
- имеют тенденцию основываться на наблюдении, поэтому существует вероятность упустить проблемы, которые не очевидны при наблюдении.

В.5 Предварительный анализ опасностей (РНА)

В.5.1 Общие сведения

Предварительный анализ опасностей – это простой индуктивный метод анализа, целью которого является идентификация опасностей и опасных ситуаций и событий, которые могут нанести ущерб деятельности, оборудованию или системе.

В.5.2 Применение

Обычно данный метод применяется на начальной стадии разработки проекта, когда имеется недостаточно информации о проекте или процедурах функционирования, и часто предшествует дальнейшему изучению или применяется для получения информации с целью установления требований к проекту системы. Его применение также целесообразно при проведении анализа существующих систем для определения приоритета опасностей и рисков для дальнейшего анализа, или тогда, когда обстоятельства препятствуют применению более подробных и всесторонних методик.

В.5.3 Входные данные

Входные данные включают следующее:

- информацию об оцениваемой системе;
- такие сведения о проекте системы, которые имеются в наличии и относятся к рассматриваемым аспектам.

В.5.4 Процесс

Перечень опасностей и обобщенных опасных ситуаций и рисков составляется посредством рассмотрения таких характеристик, как:

- используемые или производимые материалы и их химическая активность;
- применяемое оборудование;
- среда функционирования;
- расположение;
- интерфейсы компонентов системы и т.д.

Качественный анализ последствий нежелательного события и их вероятностей может проводиться для того, чтобы идентифицировать риски для дальнейшей оценки.

РНА следует актуализировать во время этапов проектирования, конструирования и испытания для того, чтобы выявлять любые новые опасности и при необходимости производить корректировки. Полученные результаты могут быть представлены различным образом, например, в виде таблиц или древовидных схем.

В.5.5 Выходные данные

Выходные данные включают:

- перечень опасностей и рисков;
- рекомендации об утверждении проекта, рекомендованные меры управления, техническое задание на разработку или запросы для получения более подробной оценки.

В.5.6 Преимущества и недостатки

Метод РНА имеет следующие преимущества:

- применим при наличии ограниченной информации;
- позволяет рассматривать риски на раннем этапе жизненного цикла системы.

Метод имеет следующие недостатки:

- РНА предоставляет только предварительную информацию; он не является всесторонним и не обеспечивает подробной информацией о рисках и о том, как их можно наилучшим образом предотвращать.

В.6 Исследование опасности и работоспособности (HAZOP)

В.6.1 Общие сведения

HAZOP – акроним словосочетания «исследование опасности и работоспособности» (**HAZard and OPerability study**) – является структурированным и систематизированным исследованием планируемых или существующих продукции, процедуры или системы. Эта методика предназначена для идентификации рисков для персонала, оборудования, окружающей среды и(или) целей организации. От исследовательской группы также ожидается, где это возможно, выработка решений по обработке риска.

Процесс HAZOP является качественной методикой, основанной на применении управляющих слов, с помощью которых формулируются вопросы о том, как задачи проектирования или условия функционирования могут быть не достигнуты на каждом этапе проекта, процесса, процедуры или системы. Процесс обычно проводит группа специалистов разных областей в ходе нескольких заседаний.

Процесс HAZOP сходен с FMEA в том, что он позволяет определить виды отказов процесса, системы или процедуры, их причины и последствия. Отличие состоит в том, что группа рассматривает нежелательные результаты и отклонения от предполагаемых результатов и состояний и проводит исследование в об-

ратном порядке до возможных причин и видов отказов, тогда как FMEA начинается с определения вида отказа.

В.6.2 Применение

Изначально методика HAZOP была разработана для анализа систем химических процессов, но затем была распространена и на другие типы систем и сложных функциональных процессов. К ним относятся механические и электронные системы, процедуры и системы программного обеспечения, а также организационные изменения и юридическая проработка и анализ договоров.

Процесс HAZOP может применяться для всех типов отклонений от целей проектирования вследствие недостатков проекта, компонента(ов), запланированных процедур и действий персонала.

Метод широко применяется для анализа проекта программного обеспечения. При применении в отношении систем управления критичными для безопасности средствами и компьютерных систем он может называться CHAZOP (Исследование опасности и работоспособности мер управления (Control HAZards and Operability Analysis) или исследование опасности и работоспособности компьютерных средств).

Исследование опасности и работоспособности обычно проводится на этапе детального проектирования при наличии полной схемы предполагаемого процесса, но тогда, когда еще возможно внесение изменений в проект. Оно также может применяться в поэтапном подходе с управляющими словами для каждого этапа по мере детализации проекта. Исследование опасности и работоспособности может также проводиться на этапе функционирования, но на данном этапе внесение изменений может потребовать значительных затрат.

В.6.3 Входные данные

Необходимые входные данные для исследования опасности и работоспособности включают текущую информацию об анализируемой системе, процессе или процедуре и о требованиях к назначению и функционированию проекта. Входные данные могут включать чертежи, технические требования (спецификации), технологические карты процесса, карты управления процессом и логические блок-схемы, компоновочные чертежи, процедуры функционирования и технического обслуживания, а также процедуры аварийного реагирования. Для проведения HAZOP, не связанного с техническими средствами, входными данными могут быть любые документы, которые описывают функции и элементы рассматриваемой системы или процедуры. Например, к входным данным можно отнести организационные диаграммы и должностные инструкции, проект договора или проект процедуры.

В.6.4 Процесс

При проведении HAZOP рассматривается структура и описание требований к процессу, процедуре или системе и анализируется каждая их часть с целью выявления того, какие отклонения от предполагаемого функционирования могут произойти, каковы их потенциальные причины и каковы вероятные последствия этих отклонений. Эту информацию можно получить посредством систематического изучения того, как каждая часть системы, процесса или процедуры будет реагировать на изменения в ключевых параметрах с применением подходящих управляющих слов. Управляющие слова могут быть адаптированы для конкретной системы, процесса или процедуры или могут применяться обобщенные слова, которые включают все типы отклонений. В таблице В.1 приведены примеры управляющих слов, обычно используемых для технических систем. Аналогичные управляющие слова, такие, как, например «слишком рано», «слишком поздно», «слишком много», «слишком мало», «слишком большой», «слишком малый», «неверное направление» или «неверный объект», «неверное действие» могут применяться для выявления ошибок, связанных с действиями персонала.

Обычно исследование опасности и работоспособности включает следующие этапы:

- назначение лица, наделенного необходимыми ответственностью и полномочиями для проведения исследования опасности и работоспособности и для обеспечения того, что все действия, следующие из исследования, были выполнены;
- определение целей и области исследования;
- установление ряда ключевых или управляющих слов для исследования;
- формирование группы по проведению HAZOP; обычно группа включает специалистов различных областей и должна включать персонал, связанный с проектированием и функционированием рассматриваемого объекта, с соответствующей технической компетентностью для оценивания воздействий отклонений от требуемого или текущего проекта. Рекомендуется, чтобы в группу входили лица, которые не вовлечены непосредственно в выполнение оцениваемого проекта или системы, процесса или процедуры;
- сбор необходимой документации.

В ходе координированного заседания группа осуществляет:

- разделение системы, процесса или процедуры на более мелкие элементы или подсистемы, подпроцессы или подэлементы, чтобы сделать анализ более предметным;

- установление цели проектирования для каждой подсистемы, подпроцесса или подэлемента и затем для каждого объекта в этой подсистеме или элемента применяют последовательно управляющие слова, чтобы рассмотреть возможные отклонения, которые будут иметь нежелательные результаты;
- установление причины и последствий в каждом случае, для которого выявлен нежелательный результат, и разработка предложений о том, какие меры можно предпринять, чтобы предотвратить их возникновение или уменьшить последствия, если таковые имеются;
- документирование обсуждения и утверждение конкретных действий по обработке идентифицированных рисков.

Таблица В.1 – Примеры возможных управляющих слов HAZOP

Термины	Определения
Не или нет	Требуемый результат не достигнут ни в какой мере или отсутствует требуемое состояние
Более (выше)	Количественное увеличение в результатах или в состоянии функционирования
Менее (ниже)	Количественное уменьшение
А также	Количественное увеличение (например, дополнительный материал)
Часть (чего-либо)	Количественное уменьшение (например, только один или два компонента из состава)
Противоположный или Обратный	Противоположно направленный (например, обратный поток)
Отличный от	Цель не достигнута, происходит что-либо принципиально отличное от требуемого (например, поток или другой материал)
Совместимость	Материал; среда
Управляющие слова применяются к таким параметрам, как:	
	Физические свойства материала или процесса
	Физические параметры, такие как температура, скорость
	Указанное назначение компонента системы или конструкции (например, передача информации)
	Аспекты функционирования

В.6.5 Выходные данные

Выходными данными являются протоколы заседания(ий) HAZOP с записями о каждом пункте анализа. Они должны включать: используемое управляющее слово, отклонение(я), возможные причины, действия в отношении выявленных проблем и лицо, ответственное за выполнение.

При наличии отклонений, которые невозможно скорректировать, должен быть оценен риск каждого такого отклонения.

В.6.6 Преимущества и недостатки

Метод HAZOP имеет следующие преимущества:

- обеспечивает средства для систематического и полного исследования системы, процесса или процедуры;
- проводится при участии группы специалистов различных областей, которые имеют практический опыт работы, и тех, которые, возможно, будут осуществлять действия по обработке рисков;
- позволяет выработать решения и действия по обработке рисков;
- применим к разнообразным системам, процессам и процедурам;
- позволяет в явном виде учитывать причины и последствия ошибок персонала;
- обеспечивает фиксирование процесса в письменной форме, что можно использовать для подтверждения надлежащей тщательности исследования.

Метод имеет следующие недостатки:

- подробный анализ может потребовать больших затрат времени и, следовательно, быть дорогостоящим;
- подробный анализ требует высокого уровня документированности или технического описания системы или процесса и процедуры;
- направлен скорее на нахождение конкретных решений, а не исследование основных допущений (данные проявления можно уменьшить при поэтапном подходе);
- обсуждение может сводиться к конкретным аспектам конструкции, не учитывая более общие или внешние аспекты;

- ограничен (предварительным) проектом, а также целью проектирования, областью применения и целями, установленными группой;
- исследование основывается в большей степени на компетентности разработчиков, для которых объективное выявление недостатков собственных проектов может представлять определенные затруднения.

В.6.7 Ссылочный документ

IEC 61882 Исследования опасности и работоспособности (HAZOP) – Руководство по применению

В.7 Анализ опасностей и критические контрольные точки (НАССР)

В.7.1 Общие сведения

Анализ опасностей и критические контрольные точки (НАССР) – структурированный метод выявления опасностей и установления мер управления на всех рассматриваемых частях процесса для предотвращения опасностей и поддержания стабильности качества и безопасности продукции. Целью НАССР является обеспечение минимизации рисков в большей степени посредством установления управления на протяжении всего процесса, а не посредством проверки конечной продукции.

В.7.2 Применение

НАССР был разработан для обеспечения качества пищевых продуктов для космической программы NASA. В настоящее время он применяется организациями пищевой промышленности с целью управления рисками, источниками которых является воздействие на пищевые продукты физических, химических или биологических загрязнителей. Данный метод был распространен на производство лекарственных средств и медицинских устройств. Принцип идентификации аспектов, влияющих на качество продукции, и установления точек в процессе, в которых можно проводить мониторинг критических параметров и управлять опасностями, может быть обобщен для других технических систем.

В.7.3 Входные данные

Проведение НАССР начинается с основной технологической схемы или схемы процесса и информации об опасностях, которые могут повлиять на качество, безопасность или надежность продукции или результата процесса. Входными данными для НАССР также является информация об опасностях и соответствующих рисках, а также способах управления ими.

В.7.4 Процесс

НАССР включает семь основных этапов:

- идентификация опасностей и предупреждающих мер, связанные с этими опасностями;
- определение точек в процессе, в которых опасностями можно управлять или устранять их (критические контрольные точки – ККТ);
- установление критических границ, необходимых для управления опасностями, т.е. каждая ККТ должна функционировать в рамках установленных параметров для обеспечения того, что опасность управляется;
- мониторинг критических границ для каждой ККТ через определенные промежутки времени;
- установление корректирующих действий, если процесс выходит за пределы установленных границ;
- установление процедур подтверждения;
- внедрение ведения записей и процедур документирования каждого этапа.

В.7.5 Выходные данные

Выходными данными являются документированные записи, включая рабочие листы анализа опасностей и план НАССР.

Рабочие листы анализа опасностей для каждого этапа процесса включают:

- опасности, которые могут возникать, управляться или усиливаться на данном этапе;
- сведения о том, представляют ли опасности значительный риск (на основании рассмотрения последствий и вероятности с учетом практического опыта, имеющихся данных и информации из технической литературы);
- обоснование значительности;
- возможные предупреждающие меры для каждой опасности;
- сведения о возможности применения мониторинга или мер управления на данном этапе (т.е. о том, существует ли ККТ).

План HACCP содержит процедуры, которым необходимо следовать, чтобы обеспечить управление конкретным проектом, продукцией, процессом или процедурой. План включает перечень всех ККТ и для каждой ККТ:

- критические границы для предупреждающих мер;
- мониторинг и постоянные управляющие действия (включая информацию о том, мониторинг чего, каким образом и кем должен проводиться);
- корректирующие действия, необходимые в случае выявления отклонений от критических пределов;
- способ подтверждения и деятельность по ведению записей.

В.7.6 Преимущества и недостатки

HACCP имеет следующие преимущества:

- является структурированным процессом, обеспечивающим документированное свидетельство управления качеством, а также идентификацию и уменьшение рисков;
- основными являются практические аспекты того, как и где в рассматриваемом процессе можно предотвратить опасности и управлять рисками;
- предпочтительное обеспечение улучшенного управления риском в ходе всего процесса, а не проверки конечной продукции;
- возможность выявления опасностей, возникающих в результате деятельности персонала, и определение методов управления ими в точке возникновения или в дальнейшем.

Метод имеет следующие недостатки:

- для HACCP требуется, чтобы опасности были выявлены, риски, которые они представляют – определены, а их значимость рассматривалась как входные данные анализа. Также необходимо, чтобы соответствующие меры управления были определены. Данная информация необходима для установления критических контрольных точек и параметров управления при осуществлении HACCP; также может потребоваться сочетание такой информации с другими методами для достижения данной цели;
- применение мер только в том случае, когда параметры управления выходят за установленные границы, может привести к тому, что постепенные изменения в параметрах управления, которые являются статистически значимыми, и, следовательно, требующими соответствующих мер, могут быть упущены.

В.7.7 Ссылочный документ

ISO 22000 Системы менеджмента безопасности пищевых продуктов. Требования ко всем организациям в цепи производства и потребления пищевых продуктов

В.8 Оценка экологического риска (оценка токсичности)

В.8.1 Общие сведения

Понятие оценки экологического риска применяется в данном случае для обозначения процесса, сопровождаемого оценкой рисков для растительного, животного мира и населения в результате воздействия ряда экологических опасностей. Менеджмент риска относится к этапам принятия решений, включая оценивание риска и обработку риска.

Метод включает анализ опасности или источника вреда и того, как он влияет на целевые группы, и способы, которыми опасность может достичь восприимчивых целевых групп. Затем данную информацию объединяют с целью получения количественной оценки вероятной степени и характера вреда.

В.8.2 Применение

Данный метод применяется для оценки рисков для растительного, животного мира и населения в результате воздействия опасностей, например – химикатов, микроорганизмов или других биологических видов.

Такие аспекты методологии, как анализ способов воздействия, при котором исследуются различные способы, которыми целевая группа может подвергаться воздействию источника риска, может быть адаптирован и применяться в широком диапазоне различных областей риска помимо здоровья людей и окружающей среды; их применение целесообразно при определении мер обработки риска, направленных на его снижение.

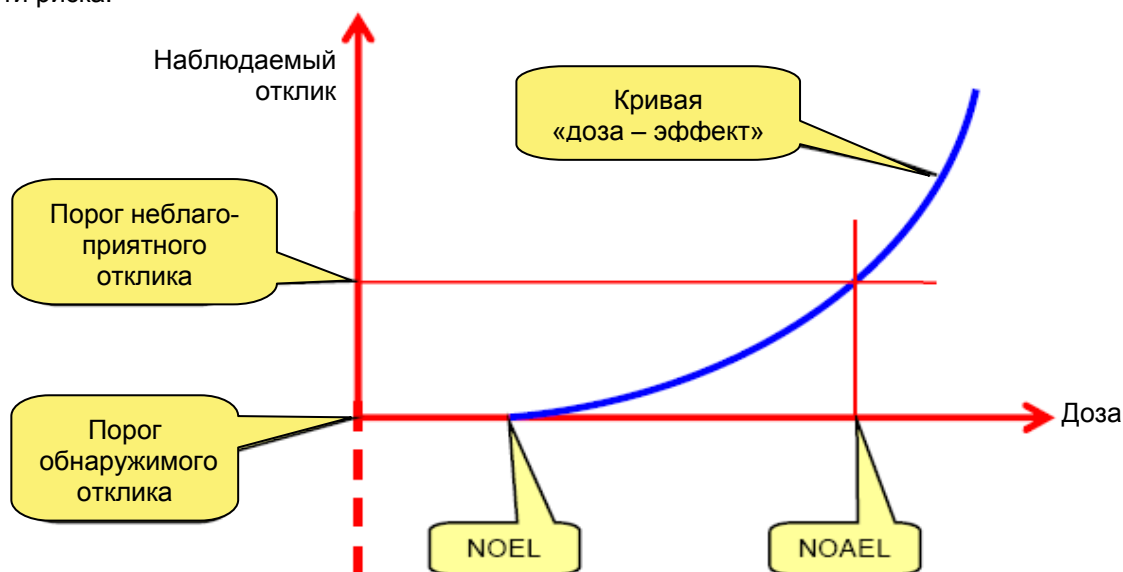
В.8.3 Входные данные

Данный метод требует достоверной информации о характере и свойствах опасностей, восприимчивости целевых групп и способах, которыми они взаимодействуют. Данная информация обычно основывается на лабораторном или эпидемиологическом исследовании.

В.8.4 Процесс

Применяется следующая процедура:

- а) Формулировка проблемы, включающая определение области оценки посредством установления диапазона целевых групп и типов опасностей, которые будут рассматриваться;
- б) Идентификация опасности, включающая выявление всех возможных источников вреда для целевых групп от опасностей в рамках области изучения. Идентификация опасности обычно основывается на компетентности экспертов и анализе литературных источников.
- в) Анализ опасности, включающий выяснение характера опасности и того, как она взаимодействует с целевой группой. Например, при рассмотрении воздействия на людей химических веществ опасность может включать острое и хроническое отравление, возможность нарушения ДНК или возможность возникновения рака или врожденных дефектов. Для каждого опасного воздействия величина воздействия (отклик) сравнивается с величиной опасности, которой подвергается целевая группа (доза) и, по возможности, определяют механизм, посредством которого это воздействие осуществляется. Указывают уровень воздействия, при котором отсутствует обнаружимый эффект (NOEL) и уровень воздействия, при котором отсутствует обнаружимый неблагоприятный эффект (NOAEL). Иногда они применяются в качестве критериев приемлемости риска.



IEC 2062/09

Рисунок В. 1 График зависимости «доза-эффект»

В отношении химического воздействия для получения графиков зависимости «доза-эффект», аналогичных показанному на рисунке В.1, используют результаты испытаний. Данные графики, как правило, получают из испытаний, проводимых на животных или из исследования экспериментальных систем, например, культивируемых тканей или клеток.

Воздействия других опасностей, например, микроорганизмов или внесенных видов, можно определять из данных натуральных наблюдений и эпидемиологических исследований. Определяют характер взаимодействия заболеваний или паразитов с целевой группой и оценивают вероятность конкретного уровня вреда в результате конкретного воздействия опасности.

д) Анализ воздействия – на данном этапе изучают, как опасное вещество или его остаточное содержание может достигать восприимчивой целевой группы и в каком объеме. Анализ воздействия обычно включает анализ способа воздействия, в ходе которого рассматривают различные направления распространения опасности, а также препятствия, которые могут предотвратить достижение опасностями целевых групп, и факторы, которые могут влиять на уровень воздействия. Например, при рассмотрении риска в результате распыления химикатов анализ воздействия должен рассматривать то, какое количество химиката было распылено, каким образом и при каких условиях, имело ли место непосредственное воздействие на людей или животных, каково остаточное содержание на растительности, и экологическая трансформация пестицидов, попадающих в грунт, могут ли они накапливаться в организмах животных, или попадать в подземные воды. В отношении биологической безопасности анализ пути распространения может рассматривать то, как какие-либо вредители, проникающие в страну, могут попадать в окружающую среду, закрепляться и распространяться в ней.

е) Определение характеристик риска – на данном этапе информацию, полученную из анализа опасности и анализа воздействия, объединяют с тем, чтобы оценить вероятности конкретных последствий после

объединения воздействий, оказываемых всеми выявленными способами. Если существует большое количество опасностей или способов их воздействия, возможно проведение предварительного анализа, а подробный анализ опасности и воздействия и определение характеристик риска проводить для сценариев более высокого риска.

В.8.5 Выходные данные

Выходными данными обычно является указание уровня риска в результате воздействия конкретной опасности на конкретную целевую группу в рассматриваемом контексте. Риск можно выражать количественным, полуколичественным или качественным образом. Например, риск возникновения рака обычно выражается количественно как вероятность, что у человека рак разовьется в течение определенного периода, с учетом конкретного воздействия загрязнителя. Полуколичественный анализ может применяться для определения показателя риска для конкретного загрязняющего вещества или вредителя, а к качественным выходным данным можно отнести уровень риска (например, высокий, средний, низкий) или описание вероятных воздействий с указанием практических данных.

В.8.6 Преимущества и недостатки

Преимущества данного метода заключаются в обеспечении подробного изучения характера проблемы и факторов, повышающих риск.

Применение анализа способов воздействия целесообразно во всех областях риска и позволяет определить, как и где можно улучшить существующие меры управления или ввести новые.

Однако для его проведения требуются достоверные данные, которые чаще всего отсутствуют или имеют высокий уровень неопределенности. Например, графики зависимости «доза-эффект», полученные при исследовании животных, подвергшихся воздействию высокого уровня опасности, требуют экстраполяции для получения количественной оценки воздействий очень низких уровней неблагоприятных факторов на людей; существует множество моделей, посредством которых можно проводить экстраполяцию. Если целевой объект – скорее окружающая среда, чем население, и опасность не имеет химического характера, то данные, которые непосредственно относятся к конкретным условиям изучения, могут быть ограничены.

В.9 Структурированная методика «Что, если...?» (SWIFT)

В.9.1 Общие сведения

Методика «Что, если...?» (SWIFT) первоначально была разработана как упрощенный альтернативный вариант HAZOP. Она является систематическим исследованием, проводимым группой специалистов с применением ряда вспомогательных слов или фраз, которые использует координатор на заседаниях для содействия идентификации рисков участниками. Координатор и группа используют стандартные фразы типа «Что, если...?» в сочетании со вспомогательными фразами, чтобы исследовать, как на систему, производственную единицу, организацию или процедуру повлияют отклонения от нормального функционирования и поведения. SWIFT обычно применяют на большинстве уровней систем, имеющих более низкий уровень детализации, чем HAZOP.

В.9.2 Применение

Первоначально методика SWIFT была разработана для исследования опасностей на предприятиях химической и нефтехимической промышленности; в настоящее время она широко применяется к системам, производственным единицам, процедурам, организациям в целом. В частности, она применяется для исследования последствий внесения каких-либо изменений, а также рисков, изменившихся или возникших при этом.

В.9.3 Входные данные

До начала исследования необходимо тщательно определить рассматриваемую систему, производственную единицу и (или) процедуру. Устанавливают как внешние, так и внутренние контексты посредством опросов и изучения координатором документов, планов и чертежей. Как правило, для исследования производственную единицу, ситуацию или систему разбивают на узлы или ключевые элементы, чтобы упростить процесс анализа, но это редко происходит на уровне определения, требуемом для HAZOP.

Также необходимыми входными данными является компетентность и опыт специалистов, которых следует тщательно подбирать в группу. По возможности, должны быть представлены все заинтересованные стороны, а также специалисты, имеющие практический опыт в отношении аналогичных производственных единиц, систем, изменений и ситуаций.

В.9.4 Процесс

В общем случае HAZOP осуществляется следующим образом:

- a) До начала исследования координатор подготавливает соответствующий перечень вспомогательных слов или фраз, который может основываться на стандартном наборе, или может быть специально разработан для обеспечения всестороннего анализа опасностей или рисков;
- b) На заседании обсуждают и утверждают внешний и внутренний контекст для рассматриваемого объекта, системы, изменения или ситуации и область исследования;
- c) Координатор предлагает участникам рассмотреть и обсудить следующее:
 - известные риски и опасности;
 - предыдущий опыт и инциденты;
 - известные и существующие меры управления и средства защиты;
 - обязательные требования и ограничения.
- d) Обсуждение координируется при помощи вопросов, сформулированных с применением фразы «Что, если...?» и вспомогательного слова или объекта. Фраза «Что, если...?» может применяться в следующих вариантах: «Что случится, если...?», «Может ли кто-либо или что-либо...», «Кто-либо или что-либо когда-нибудь...?». Целью является побуждение исследовательской группы к изучению возможных сценариев, их причин, последствий и их воздействий.
- e) По рискам подводятся итоги и группа специалистов рассматривает имеющиеся меры управления.
- f) Группа утверждает описание риска, его причин, последствий и предполагаемых мер управления и делает об этом записи.
- g) Группа рассматривает адекватность и результативность мер управления и согласовывает заявление о результативности управления риском. Если результативность неудовлетворительна, то группа рассматривает далее задачи по обработке риска и определяет потенциальные меры управления.
- h) В ходе обсуждения ставятся дальнейшие вопросы вида «Что, если...?», чтобы идентифицировать последующие риски.
- i) Координатор использует перечень вспомогательных фраз, чтобы отслеживать ход обсуждения и предлагать для обсуждения в группе дополнительные вопросы и сценарии.
- j) Обычно применяется качественный или полуквантитативный метод оценки риска, чтобы ранжировать потенциальные действия по приоритету. Такую оценку риска обычно проводят с учетом существующих мер управления и их результативности.

В.9.5 Выходные данные

Выходными данными является реестр рисков с действиями или задачами, ранжированными по риску. Эти задачи могут затем стать основой для плана обработки рисков.

В.9.6 Преимущества и недостатки

SWIFT имеет следующие преимущества:

- широко применима ко всем видам материального производства и систем, ситуациям и обстоятельствам, организациям и видам деятельности;
- требует минимальной подготовки группы;
- не требует больших затрат времени на проведение, основные опасности и риски быстро выявляются в ходе заседания группы;
- исследование ориентировано на систему и позволяет участникам рассматривать реакцию системы на отклонения, а не последствия отказа отдельных компонентов;
- может применяться для выявления возможностей для совершенствования процессов и систем и, в общем случае, для определения действий, которые приводят к требуемому результату и увеличивают его вероятность;
- предполагает участие в заседаниях лиц, ответственных за существующие меры управления и за дальнейшие действия по обработке рисков, усиливает их ответственность;
- позволяет составить реестр рисков и, при незначительной доработке, – план обработки рисков;
- позволяет проводить идентификацию рисков и опасностей таким образом, чтобы результаты можно было применять для количественного исследования, тогда как обычно для оценки риска и для определения приоритета в отношении соответствующих действий используют качественную и полуквантитативную форму ранжирования риска.

Методика имеет следующие недостатки:

- для результативного применения требуется опытный и квалифицированный координатор;
- необходима тщательная подготовка, чтобы не затрачивать время на заседаниях группы;

- если в группе специалистов отсутствует достаточно обширный опыт или если система вспомогательных фраз не полная, некоторые риски или опасности могут быть не идентифицированы;
- применение методики на высоком уровне обобщения может не позволить выявить сложные, подробные или взаимосвязанные причины.

В.10 Анализ сценариев

В.10.1 Общие сведения

Анализ сценария – это процесс разработки описательных моделей того, что может произойти в будущем. Он может применяться для идентификации рисков посредством рассмотрения возможных вариантов развития событий и исследования их возможных последствий. Группы сценариев, отражающих, например, «наилучший случай», «наихудший случай» и «ожидаемый случай», могут применяться для анализа возможных последствий и их вероятностей для каждого сценария как форма анализа чувствительности при проведении анализа риска.

Эффективность анализа сценария подтверждается рассмотрением значительных изменений за последние 50 лет в технологии, предпочтениях потребителей, социальных позициях и тому подобному. Анализ сценария не позволяет прогнозировать вероятности таких изменений, но может рассматривать последствия и содействовать организациям в развитии преимуществ и гибкости, необходимых для адаптации к прогнозируемым изменениям.

В.10.2 Применение

Анализ сценария может применяться для формирования решений, касающихся создания политики, и планирования будущих стратегий, а также для рассмотрения существующих видов деятельности. Может быть частью всех трех компонентов оценки риска. При проведении идентификации и анализа группы сценариев, отражающих, например, наилучший случай, наихудший случай и ожидаемый случай, могут применяться для выявления того, что может произойти в конкретных обстоятельствах, и для анализа возможных последствий и их вероятностей для каждого сценария.

Анализ сценария может применяться для прогнозирования того, как угрозы и возможности могут развиваться; он может применяться для всех типов рисков, как краткосрочных, так и долгосрочных. В отношении краткосрочных рисков и надежных данных вероятные сценарии можно экстраполировать из информации, имеющейся на данный момент. В отношении долгосрочных рисков или ненадежных данных анализ сценария становится более образным, и может рассматриваться как анализ будущего.

Применение анализа сценария может быть целесообразным при наличии значительных различий распределений положительных и отрицательных выходных данных в пространстве, времени и группах в обществе или организации.

В.10.3 Входные данные

Необходимым условием проведения анализа сценария является наличие группы специалистов, осведомленных о характере соответствующих изменений (например – возможных достижениях в технологии) и способных спрогнозировать ситуацию в будущем без экстраполирования из прошлого. Также необходим доступ к литературным источникам и данным, касающимся происходящих изменений.

В.10.4 Процесс

Структура анализа сценария может быть неформализованной и формализованной.

После формирования группы и соответствующих каналов обмена информацией и определения контекста проблемы и вопросов, которые необходимо рассмотреть, следующим этапом является определение характера изменений, которые могут произойти, что потребует исследования основных тенденций и вероятного времени изменений в соответствии с тенденциями, а также воображения для прогнозирования будущего.

Изменения, которые требуют рассмотрения, могут включать:

- внешние изменения (например – технологические изменения);
- решения, которые должны быть приняты в ближайшем будущем, но которые могут иметь различные результаты;
- потребности заинтересованных сторон и то, как они могут измениться;
- изменения в макросреде (законодательные, демографические и т.д.), некоторые из которых неизбежны, а некоторые – неопределенны.

Иногда изменение может происходить из-за последствий другого риска. Например, риск изменения климата приводит к изменениям потребительского спроса на продукты питания, что повлияет на то, какие продукты питания будет выгодно экспортировать, и какие следует производить внутри страны.

Затем следует составить перечень локальных факторов и макрофакторов или тенденций и ранжировать сначала по значимости, затем – по неопределенности. Особое внимание уделяют факторам, которые являются наиболее значимыми и наиболее неопределенными. Ключевые факторы или тенденции отображают друг против друга, чтобы показать области, в которых можно разрабатывать сценарии.

Предлагается ряд сценариев, каждый из которых рассматривает правдоподобные изменения в параметрах.

Затем составляется «версия» для каждого сценария, в которой дается разъяснение, как перейти от исходной ситуации к рассматриваемому сценарию. Версии могут включать вероятные подробности, которые совершенствуют сценарий.

Сценарии можно применять затем для исследования и оценивания исходной проблемы. При исследовании учитывают любые существенные, но предсказуемые факторы (т.е. применяются шаблоны), и затем исследуют, насколько «успешной» будет политика (деятельность) при рассматриваемом сценарии, а также результаты предварительных исследований, используя вопросы вида «Что, если...?», основанные на допущениях, сделанных в рамках модели.

После оценивания вопроса или предложения с учетом каждого сценария может оказаться, что его следует скорректировать, чтобы сделать более надежным или менее рискованным. Также следует определить некоторые основные индикаторы, указывающие на то, что рассматриваемые изменения происходят. Мониторинг и реагирование на основные индикаторы могут предоставлять возможность внесения изменений в планируемые стратегии.

Поскольку в сценариях определены только «срезы» возможных будущих ситуаций, важно обеспечить, что учтена вероятность возникновения конкретного результата (сценария), т.е. установить структуру риска. Например, при рассмотрении сценариев наилучшего случая, наихудшего случая или ожидаемого случая необходимо по возможности приближенно определить или выразить вероятность возникновения каждого сценария.

В.10.5 Выходные данные

Наиболее подходящий сценарий может не существовать, но любой сценарий должен приводить к улучшению понимания ряда возможных вариантов и того, как изменить выбранную стратегию по мере изменения индикаторов.

В.10.6 Преимущества и недостатки

Анализ сценариев рассматривает ряд возможных ситуаций в будущем, что может быть более предпочтительным по сравнению с традиционным подходом, основанным на прогнозах разной степени долговременности, в которых предполагается, на основании накопленных данных, что будущие события, вероятно, будут продолжаться, следуя прошлыми тенденциями. Это важно для ситуаций, когда имеется недостаточно текущей информации, на которой можно основывать прогноз, или в которых рассматриваются риски в более отдаленном будущем.

Данное преимущество имеет соответствующий недостаток, заключающийся в том, что при высокой неопределенности некоторые сценарии могут быть нереалистичными.

Основные затруднения при применении анализа сценариев связаны со степенью наличия данных и способностью аналитиков и лиц, принимающих решения, разрабатывать реалистичные сценарии, которые пригодны для исследования возможных результатов.

Недостаток применения анализа сценариев в качестве средства обоснования принятия решения заключается в том, что применяемые сценарии могут не иметь соответствующего основания; что данные могут быть гипотетическими и что нереалистичность результатов может быть не выявлена.

В.11 Анализ влияния на деятельность (BIA)

В.11.1 Общие сведения

Анализ влияния на деятельность (BIA), называемый также оценкой влияния на деятельность, позволяет анализировать то, как основные риски нарушения могут повлиять на функционирование организации, а также определять и количественно выражать меры, которые потребуются для управления ими. А именно, данная методика обеспечивает согласованное понимание:

- идентификации и установления критичности основных процессов, функций и связанных с ними ресурсов, основных взаимосвязей организации;
- того, как нарушающие события повлияют на возможность и способность достижения критически важных целей деятельности;
- возможностей и способностей, необходимых для управления воздействием, оказываемым нарушением, и восстановления организации до установленных уровней функционирования.

В.11.2 Применение

Анализ влияния на деятельность (BIA) применяется для определения критичности и времени восстановления процессов и связанных с ними ресурсов (персонал, оборудование, информационные технологии), чтобы обеспечить постоянное достижение целей. Кроме того, данная методика позволяет определить взаимодействия и взаимосвязи между процессами, внутренними и внешними сторонами и любые связи в цепи поставок.

В.11.3 Входные данные

Требуются следующие входные данные:

- группа специалистов, которая должна проводить анализ и разрабатывать план;
- информация, касающаяся целей, среды, функционирования и взаимосвязей организации;
- подробные данные о деятельности и функционировании организации, включая процессы, вспомогательные ресурсы, взаимосвязи с другими организациями, договоры с соисполнителями и подрядчиками, заинтересованные стороны;
- финансовые последствия и последствия для функционирования из-за нарушений в критических процессах;
- подготовленные анкеты;
- перечень опрашиваемых лиц из соответствующих подразделений организации и (или) представителей заинтересованных сторон, с которыми будет осуществляться взаимодействие.

В.11.4 Процесс

Анализ влияния на деятельность (BIA) может проводиться с применением анкет, опросов, заседаний по структурированной методике или их сочетания, чтобы достичь понимания критических процессов, воздействий, оказываемых нарушением данных процессов, требуемого времени восстановления и необходимых ресурсов.

Проведение анализа включает следующие основные этапы:

- установление ключевых процессов и результатов деятельности организации на основании оценки риска и уязвимости для определения критичности процессов;
- определение финансовых последствий или последствий для функционирования из-за нарушения в выявленных критических процессах, по прошествии установленных периодов времени;
- выявление взаимодействий с ключевыми внутренними и внешними заинтересованными сторонами, которое может включать построение карты взаимодействий по всей цепи поставок;
- определение имеющихся в наличии ресурсов и необходимого уровня ресурсов, требуемых для продолжения функционирования на минимальном приемлемом уровне после нарушения;
- определение альтернативных методов и процессов, используемых на данный момент или планируемых к разработке. Их разработка может понадобиться в случае, если во время нарушения ресурсы или возможности недоступны или недостаточны;
- определение максимально допустимого аварийного простоя (MAO) для каждого процесса, основанного на выявленных и критических факторах успешного функционирования. MAO отражает максимальный период времени, на которое организация может допустить потерю способности функционировать;
- определение целевого времени восстановления (RTO) для любого специального оборудования или информационной технологии. RTO отображает время, в течение которого организация должна восстановить специальное оборудование или работоспособность информационной технологии;
- установление текущего уровня подготовленности критических процессов для управления в отношении нарушения, которое может включать оценку уровня «избыточности» в процессе (например, запасного оборудования) или существование альтернативных поставщиков.

В.11.5 Выходные данные

Выходными данными являются:

- перечень приоритетности критических процессов и соответствующих взаимодействий;
- документированные финансовые воздействия и воздействия на функционирование из-за нарушения критических процессов;
- вспомогательные ресурсы, необходимые для выявленных критических процессов;
- продолжительность отказа для критических процессов и время восстановления соответствующей информационной технологии.

В.11.6 Преимущества и недостатки

ВИА имеет следующие преимущества:

- обеспечение понимания критических процессов, которое предоставляет организации возможность продолжать достижение установленных целей;
- обеспечение понимания необходимых ресурсов;
- возможность пересмотра функционального процесса организации, чтобы способствовать устойчивому функционированию организации.

Методика имеет следующие недостатки:

- возможен недостаток компетентности специалистов, заполняющих анкеты и участвующих в опросах и заседаниях;
- групповая динамика может влиять на весь анализ критического процесса;
- возможно упрощенное или чрезмерно оптимистичное представление о требованиях к восстановлению;
- возможны затруднения при достижении требуемого уровня понимания функционирования и деятельности организации.

В.12 Анализ первоначальной причины (RCA)

В.12.1 Общие сведения

Анализ случаев значительного ущерба, осуществляемый с целью предотвращения его повторного возникновения, обычно называют анализом первоначальной причины (RCA), анализом первоначальной причины отказа (RCFA), или анализом ущерба. Анализ первоначальной причины рассматривает материальный ущерб вследствие различных типов отказов, тогда как анализ ущерба, в основном, касается финансовых или экономических потерь вследствие внешних факторов или катастроф. Анализ первоначальной причины направлен на выявление исходных или первоначальных причин, а не на изучение непосредственно наблюдаемых проявлений. Известно, что корректирующее действие не всегда может быть полностью результативным, и что может потребоваться постоянное улучшение. Анализ первоначальной причины часто применяют для оценивания наибольшего ущерба, но его также можно применять для анализа потерь более широко, чтобы определить, где необходимо провести улучшения.

В.12.2 Применение

Анализ первоначальной причины применяется в различных контекстах со следующим широкими областями применения:

- RCA безопасности применяется для расследования несчастных случаев, в области охраны труда и производственной безопасности;
- анализ отказов применяется в отношении технологических систем, связанных с обеспечением надежности и техническим обслуживанием;
- RCA производства применяется в области контроля качества промышленного производства;
- RCA процесса ориентирован на бизнес-процессы;
- RCA системы разрабатывался как сочетание вышеуказанных областей для применения его в отношении сложных систем для управления изменениями, менеджмента риска и анализа систем.

В.12.3 Входные данные

Основными входными данными для проведения RCA являются все свидетельства, накопленные в результате случаев отказа или ущерба. Данные других аналогичных случаев отказа также могут рассматриваться при анализе. Другими входными данными могут быть выходные данные, полученные при проверке конкретных гипотез.

В.12.4 Процесс

После установления необходимости в RCA назначают группу экспертов для проведения анализа и выработки рекомендаций. Специализация экспертов зависит, в основном, от конкретной компетентности, необходимой для анализа отказа.

Для проведения анализа могут применяться различные методы, однако основные этапы проведения RCA сходны и включают следующее:

- формирование группы;
- установление области применения и целей RCA;
- сбор данных и свидетельств, касающихся отказа или ущерба;
- проведение структурированного анализа для определения исходной причины;

- выработка решений и предоставление рекомендаций;
- выполнение рекомендаций;
- подтверждение успешного выполнения рекомендаций.

Применяются следующие методики структурированного анализа:

- методика «5 почему», заключающаяся в повторении вопроса «почему?», чтобы определить один за другим уровни причины и подпричины;
- анализ характера и последствий отказов;
- анализ «дерева» неисправностей;
- диаграмма Исикавы («рыбья кость»);
- анализ Парето;
- построение карты первоначальной причины.

Оценивание причин обычно начинают с первоначально очевидных физических причин, включают причины, связанные с оператором, и заканчивают скрытыми причинами в менеджменте или основополагающими причинами. Вовлеченные стороны должны иметь возможность управлять причиняющими факторами или устранять их для того, чтобы корректирующее действие было результативным и целесообразным.

В.12.5 Выходные данные

Выходными данными RCA являются:

- задокументированные собранные данные и свидетельства;
- рассмотренные предположения;
- заключение о наиболее вероятных первоначальных причинах отказа или ущерба;
- рекомендации по корректирующему действию.

В.12.6 Преимущества и недостатки

Метод RCA имеет следующие преимущества:

- вовлечение компетентных экспертов, работающих в группе;
- структурированный анализ;
- рассмотрение всех вероятных предположений;
- документирование результатов;
- необходимость в предоставлении окончательных рекомендаций.

Метод имеет следующие недостатки:

- возможно отсутствие необходимых экспертов;
- главное свидетельство может быть разрушено при отказе или устранено во время уборки;
- группа может не иметь достаточного времени или ресурсов, чтобы провести оценивание ситуации в полном объеме;
- должное выполнение рекомендаций может быть невозможным.

В.13 Анализ типов и последствий отказов (FMEA) и анализ типов, последствий и критичности отказов (FMESA)

В.13.1 Общие сведения

Анализ типов и последствий отказов (FMEA) – это методика, применяемая для определения того, как происходят функциональные отказы компонентов, систем или процессов.

При FMEA устанавливают:

- все возможные типы отказа различных частей системы (тип отказа определяется тем, что именно выходит из строя или неправильно функционирует);
- воздействия, которые эти отказы могут оказывать на систему;
- механизмы возникновения отказа;
- способы предотвращения отказов и (или) уменьшения их воздействия на систему.

FMESA в отличие от FMEA включает также ранжирование выявленных типов отказа в соответствии с их значимостью или критичностью.

Анализ критичности обычно является качественным или полуколичественным, но может быть выражен количественно при использовании фактических данных интенсивности отказов.

В.13.2 Применение

Существует несколько способов применения FMEA: FMEA проекта (или продукции), который применяется в отношении компонентов и продукции, FMEA системы, который применяется в отношении систем, FMEA процесса, применяемый в отношении производственных и сборочных процессов, FMEA услуги и FMEA программного обеспечения.

FMEA и FMECA может применяться в процессе проектирования, производства или функционирования материальной системы.

Для повышения надежности, однако, изменения легче вносить на этапе проектирования. FMEA и FMECA могут также применяться к процессам и процедурам. Например, их применяют для выявления возможности медицинской ошибки в системах здравоохранения и нарушений в процедурах технического обслуживания.

FMEA и FMECA можно применять для:

- содействия выбору проекта с высокой надежностью из имеющихся вариантов;
- обеспечения рассмотрения всех видов отказа систем и процессов и их воздействия на успешное функционирование;
- определения видов и результатов ошибок персонала;
- обеспечения основы для планирования тестирования и технического обслуживания материальных систем;
- совершенствования структуры процедур и процессов;
- получения качественной и количественной информации для методик анализа, таких, как анализ «дерева» неисправностей.

Применение FMEA и FMECA позволяет получить входные данные для других методик анализа, например, анализа «дерева» неисправностей как на качественном, так и на количественном уровнях.

В.13.3 Входные данные

Для проведения FMEA и FMECA требуется достаточно подробная информация об элементах системы для обоснованного анализа способов, которыми каждый элемент может выйти из строя. Для подробного FMEA проекта элемент может находиться на уровне детализации, соответствующем отдельному компоненту, тогда как для более высокого уровня FMEA системы, элементы можно определять на более высоком уровне обобщения.

Информация может включать следующее:

- чертежи или потоковую схему анализируемой системы и ее компонентов или этапов процесса;
- понимание функционирования каждого этапа процесса или элемента системы;
- подробные сведения о параметрах среды и других параметрах, которые могут влиять на функционирование;
- понимание результатов конкретных отказов;
- накопленную информацию об отказах, включая данные об интенсивности отказов, если они имеются.

В.13.4 Процесс

Проведение FMEA включает следующие основные этапы:

- a) определение области применения и целей исследования;
- b) формирование исследовательской группы;
- c) изучение системы (процесса), подвергаемых FMECA;
- d) разделение системы на компоненты или этапы;
- e) определение функции каждого этапа или компонента;
- f) установление для каждого перечисленного компонента или этапа следующего:
 - как каждая часть предположительно может выйти из строя?
 - какие механизмы могут вызвать эти состояния отказа?
 - каковы были бы воздействия, если бы возникли отказы?
 - является ли отказ безопасным или разрушительным?
 - как обнаруживается отказ?
- g) выявление структурных особенностей, позволяющих компенсировать отказ.

При FMECA группа экспертов должна также классифицировать каждый из выявленных типов отказа в соответствии с их критичностью.

Анализ критичности может проводиться различными способами. В общем случае метод может основываться на определении:

- показателя критичности состояния;
- уровня риска;

– числа приоритетности риска.

Критичность типа отказа – это мера вероятности того, что отказ рассматриваемого типа приведет к отказу системы в целом; определяется как:

$(\text{Вероятность воздействия отказа}) \cdot (\text{Интенсивность отказов данного типа}) \cdot (\text{Время функционирования системы})$.

Данное выражение наиболее часто применяется к отказам оборудования, где каждое из этих условий можно определить количественно и все типы отказов имеют одинаковые последствия.

Уровень риска определяется как сочетание последствий возникновения отказа данного типа и вероятности отказа. Он применяется при разных последствиях отказов различных типов и может применяться к системам оборудования или процессам. Уровень риска может быть выражен качественным, полуколичественным или количественным образом.

Число приоритетности риска (RPN) – это полуколичественная мера критичности, получаемая умножением оценок приоритетности по ранговой шкале (обычно от 1 до 10) последствий отказа, вероятности отказа и возможности выявления проблемы. (Если отказ трудно выявить, то ему придают более высокий приоритет). Данный метод применяется наиболее часто в практике обеспечения качества.

После определения типов отказов и механизмов их возникновения, можно определять корректирующие действия и применять их для более значительных типов отказов.

Проведение FMEA документируется в форме отчета, который содержит:

- подробную информацию об анализируемой системе;
- способ, с применением которого выполнялся анализ;
- допущения, сделанные в ходе анализа;
- источники данных;
- результаты, включающие заполненные рабочие листы;
- критичность (если определялась) и методологию, применявшуюся для ее определения;
- рекомендации для последующих исследований, изменения проекта или свойства, которые необходимо включить в планы испытаний, и т.д.

Систему можно повторно оценить еще одним циклом FMEA после выполнения всех предусмотренных действий.

В.13.5 Выходные данные

Первичные выходные данные FMEA – перечень типов отказов, механизмов их возникновения и воздействий для каждого компонента или этапа системы или процесса (который может включать информацию о вероятности отказа). Также предоставляется информация о причинах отказа и последствиях для системы в целом. Выходные данные FMECA включают уровень значительности, основанный на вероятности выхода система из строя, уровне риска, связанного с отказом данного типа или сочетании уровня риска и «выявляемости» состояния отказа.

При использовании данных об интенсивности отказов и количественных оценок последствий FMECA позволяет получить количественные выходные данные.

В.13.6 Преимущества и недостатки

FMEA (FMECA) имеет следующие преимущества:

- широкая применимость для типов отказов, связанных с персоналом, оборудованием и системой, а также в отношении технических и программных средств и процедур;
- определение типов отказов компонентов, их причин и других воздействий на систему, и их представление в удобной для восприятия форме;
- предотвращение дорогостоящих изменений используемого оборудования посредством раннего установления проблем на этапе проектирования;
- выявление типов отказов в отдельной точке и требований к избыточности или системам безопасности;
- предоставление входных данных для разработки программ мониторинга с указанием основных объектов наблюдения.

Методы имеют следующие недостатки:

- применяются для выявления отдельных типов отказов, но не их сочетаний;
- исследования могут потребовать значительных затрат времени и средств, если они не управляются и направляются должным образом;
- применение в отношении сложных многослойных систем может быть трудоемким и длительным.

В.13.7 Ссылочный документ

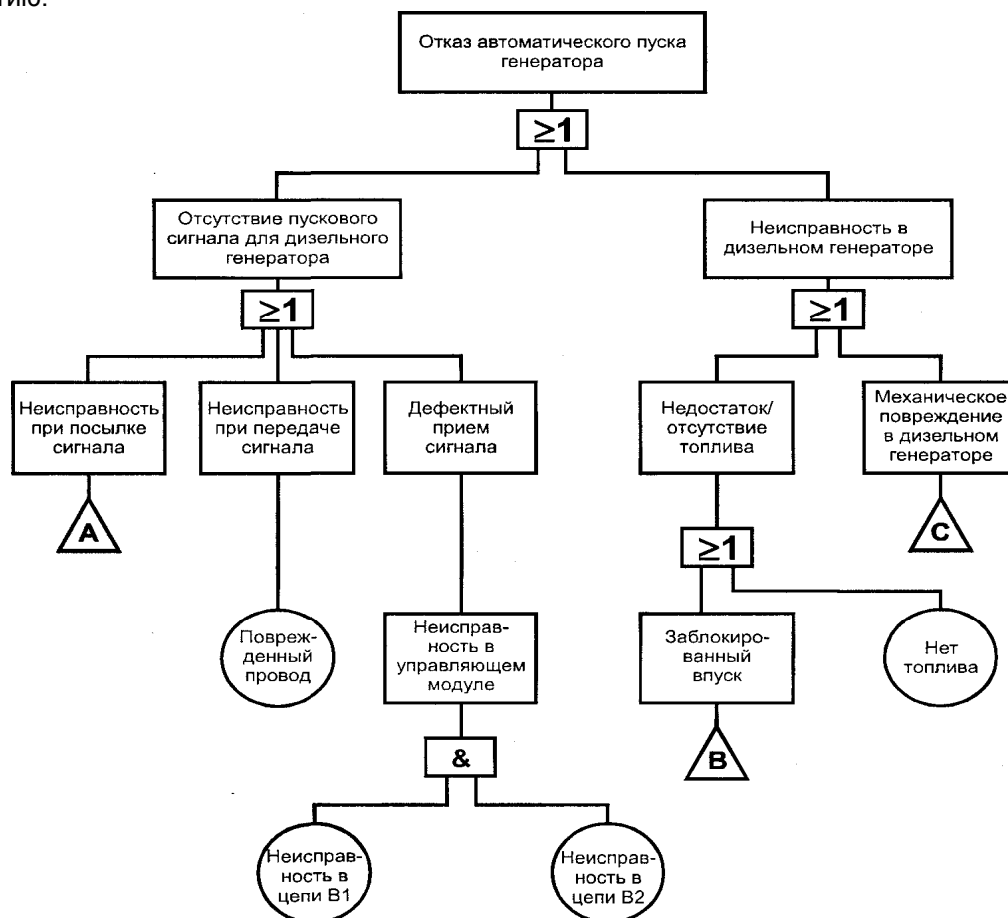
IEC 60812 Методы анализа надежности систем. Методы анализа характера и последствий отказа (FMEA)




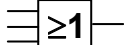
В.14 Анализ «дерева» неисправностей (FTA)

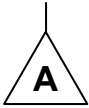
В.14.1 Общие сведения

Анализ «дерева» неисправностей (FTA) – это методика выявления и анализа факторов, которые могут способствовать возникновению конкретного нежелательного события (называемого «конечное событие»). Причинные факторы определяют дедуктивным образом, организуют логически и представляют наглядно с помощью древовидной схемы, которая изображает причинные факторы и их логическую взаимосвязь с конечным событием.

Факторы, указанные в древовидной схеме, могут быть событиями, связанными с отказом элемента технических средств, ошибками оператора или любыми другими событиями, которые приводят к нежелательному событию.



Символ	Функция	Описание
	Блок описания события	Наименование или описание события, код события и вероятность его появления (по мере необходимости) должны быть включены в рамку символа
	Базовое событие	Событие, которое не может быть подразделено
	Переключатель И	Событие происходит только в том случае, если одновременно происходят все составляющие события
	Переключатель ИЛИ	Событие происходит в том случае, если происходит любое из составляющих событий либо в единственном числе, либо в любом из сочетаний



Вход в блок

Событие, определяемое где-либо в другом месте «дерева» неисправностей

Рисунок В.2 – Пример анализа «дерева» неисправностей (FTA) из ИЕС 60300-3-9

В.14.2 Применение

«Дерево» неисправностей может применяться на качественном уровне для выявления возможных причин и способов возникновения отказа (конечного события) или на количественном уровне для расчета вероятности конечного события на основании данных о вероятностях причинных событий.

Оно может применяться на этапе проектирования системы для выявления потенциальных причин отказа и, на основании этого, выбора лучшего варианта проекта. «Дерево» неисправностей можно применять на этапе функционирования для установления того, как могут возникать наиболее значительные отказы, и соответствующую значимость различных способов возникновения конечного события. «Дерево» неисправностей также может применяться для анализа возникшего отказа, чтобы схематически отобразить, как совместное возникновение различных событий вызвало отказ.

В.14.3 Входные данные

Для проведения анализа в качественной форме требуется понимание системы и причин отказа, а также понимание с технической точки зрения того, как система может выйти из строя. При проведении анализа целесообразно составление подробных схем.

Для проведения анализа в количественной форме требуются данные об интенсивности отказов или вероятности нахождения в неисправном состоянии для всех основных событий, указанных в «дереве» неисправностей.

В.14.4 Процесс

Разработка «дерева» неисправностей включает следующие основные этапы:

- определение конечного события, которое необходимо анализировать. Им может быть отказ или более общий результат отказа. При анализе результатов, древовидная схема может содержать раздел, относящийся к уменьшению результатов фактического отказа.

- определение возможных непосредственных причин или типов отказа, приводящих к конечному событию, начиная с данного конечного события.

- анализ каждой из этих причин (или типов отказов) для определения того, как она может быть вызвана.

- поэтапное выявление нежелательного функционирования системы проводится до последовательно более низких уровней системы до тех пор, пока дальнейший анализ не станет нецелесообразным. В технических системах это может быть уровень отказа отдельного компонента. События и причинные факторы на самом низком уровне анализируемой системы называют базовыми событиями.

- расчет вероятности конечного события, при условии, что существует возможность установить вероятности базовых событий. Чтобы количественное определение было достоверным, должна быть возможность обеспечить, что для каждого логического элемента все входные данные являются необходимыми и достаточными для наступления результирующего события. В ином случае «дерево» неисправностей неприменимо для анализа вероятности, но его применение может быть целесообразно для отображения причинных взаимосвязей.

При проведении количественной оценки «дерево» неисправностей может быть упрощено при помощи алгебры логики для учета дублирующих состояний отказа.

Аналогично получению количественной оценки вероятности конечного события возможно определение кратчайших путей возникновения конечного события и расчет их воздействия на конечное событие.

Кроме случаев простых древовидных схем, для надлежащей обработки вычислений, когда повторяющиеся события присутствуют в нескольких частях схемы, и для расчета кратчайших путей возникновения необходим пакет программного обеспечения. Программные средства способствуют обеспечению согласованности, правильности и проверяемости расчетов.

В.14.5 Выходные данные

Выходными данными анализа «дерева» неисправностей являются:

- наглядное представление путей возникновения конечного события с отображением взаимосвязанных путей возникновения, где должно произойти два или более одновременных события;

- перечень кратчайших путей возникновения (отдельных путей возникновения отказа) с вероятностью (при наличии данных) осуществления каждого из них;

- вероятность конечного события.

В.14.6 Преимущества и недостатки

Анализ «дерева» неисправностей (FTA) имеет следующие преимущества:

- предоставление строгого, высокосистематизированного и гибкого подхода, позволяющего анализировать разнообразные факторы, включая взаимодействия персонала и физические явления;
- применение подхода «сверху вниз», предполагаемого методикой, позволяет рассматривать те воздействия отказа, которые непосредственно связаны с конечным событием;
- применение особенно целесообразно для анализа систем со многими сопряжениями и взаимодействиями;
- графическое представление позволяет упростить понимание поведения системы и рассматриваемых факторов, но, поскольку древовидные схемы зачастую весьма объемны, их обработка может потребовать применения компьютерных систем, что обеспечивает возможность рассмотрения более сложных логических взаимосвязей (например, логических операций «И-НЕ» и «НЕ-И»), но также затрудняет проверку «дерева» неисправностей;
- логический анализ «дерева» неисправностей и выявление отдельных путей возникновения целесообразны для определения простых путей возникновения отказов в очень сложной системе, где затруднено выявление конкретных сочетаний событий, приводящих к конечному событию.

Метод имеет следующие недостатки:

- неопределенности вероятностей базовых событий включаются в расчет вероятности конечного события, что может привести к высоким уровням неопределенности, в случае, когда вероятности базового события отказа точно не известны; однако в хорошо изученной системе возможна высокая степень доверия;
- в некоторых случаях причинные события не связаны друг с другом, поэтому может быть затруднительно установить, все ли существенные пути возникновения конечного события учтены. Например, включение всех источников возгорания в анализ пожара как конечного события. В данном случае анализ вероятности невозможен;
- «дерево» неисправностей – это статическая модель; взаимосвязи в аспекте времени не рассматриваются;
- «дерево» неисправностей можно применять только в отношении двоичных состояний (неисправность/исправность);
- типы ошибок, связанные с персоналом, могут быть включены в «дерево» неисправностей на качественном уровне, но несоответствия степени или качества, которые часто характеризуют ошибку персонала, обычно затруднительно включить в схему;
- в «дерево» неисправностей затруднительно включить «эффекты домино» или условные отказы.

В.14.7 Ссылочные документы

IEC 61025 Анализ дерева неисправностей (FTA)

IEC 60300-3-9 Управление надежностью. Часть 3: Руководство по применению – Раздел 9: Анализ степени риска технологических систем

В.15 Анализ «дерева» событий (ETA)

В.15.1 Общие сведения

Анализ «дерева» событий – это графический метод представления взаимоисключающих последовательностей событий, следующих за исходным событием, в соответствии с функционированием или нефункционированием различных систем, разработанных для уменьшения их последствий (см. рисунок В.3). Может применяться как качественно, так и количественно.

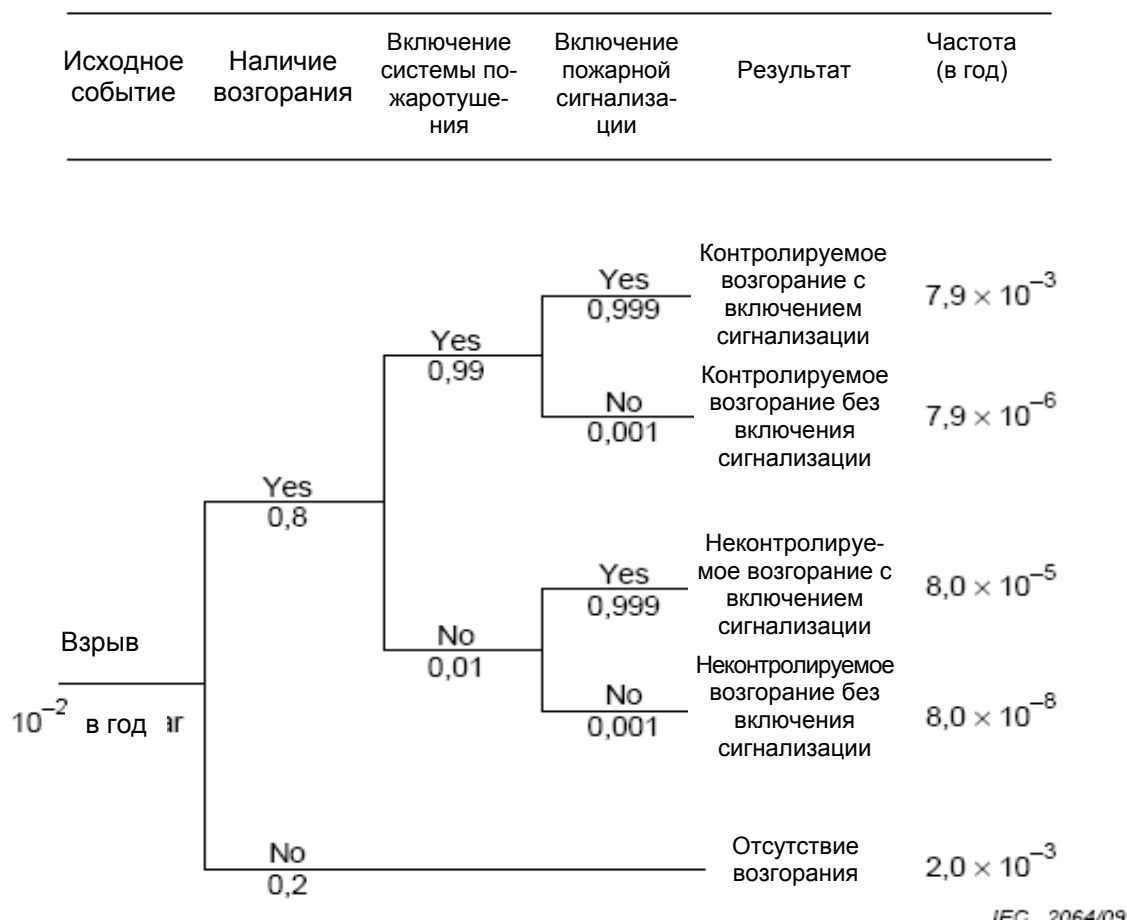


Рисунок В.3 – Пример «дерева» событий

На рисунке В.3 приведены простые расчеты для примера «дерева» событий, когда ответвления являются полностью независимыми.

Посредством развертывания в виде древовидной схемы, ЕТА позволяет отображать ухудшающие или улучшающие события, соответствующие исходному событию, принимая во внимание дополнительные системы, функции или барьеры.

В.15.2 Применение

ЕТА может применяться для моделирования, расчета и ранжирования (с точки зрения риска) различных неблагоприятных сценариев, следующих за исходным событием.

ЕТА может применяться на любом этапе жизненного цикла продукции или процесса. Может применяться на качественном уровне для содействия разработке потенциальных сценариев и последовательностей событий, сопровождающих исходное событие, и определению того, как влияют на результаты различные меры по обработке, барьеры или меры управления, предназначенные для уменьшения нежелательных результатов, методом «мозгового штурма».

Количественный анализ наиболее целесообразен для рассмотрения пригодности мер управления. Чаще всего применяется для моделирования отказов в тех случаях, когда применяется множество мер и средств обеспечения безопасности.

ЕТА может применяться для моделирования исходных событий, которые могут принести ущерб или выгоду. Однако, обстоятельства, при которых проводится поиск путей, оптимальных с точки зрения выгоды, чаще моделируются при помощи «дерева» решений.

В.15.3 Входные данные

Входные данные включают:

- перечень возможных исходных событий;
- информацию о мерах по обработке, барьерах и мерах управления, а также вероятности их отказа (для количественного анализа);
- понимание процессов, при которых развивается исходный отказ.

В.15.4 Процесс

Построение «дерева» событий начинается с выбора исходного события, которым может быть инцидент, например – взрыв пыли; или причинное событие, например – нарушение электроснабжения. Затем последовательно перечисляют имеющиеся функции или системы, направленные на уменьшение результатов. Для каждой функции или системы чертят линию, чтобы отобразить их исправное состояние или отказ. Конкретная вероятность отказа может быть указана для каждой линии при наличии количественной оценки данной условной вероятности, полученной, например, экспертным методом или при анализе «дерева» неисправностей. Таким образом, моделируются различные способы развития событий, начиная с исходного случая.

Следует учесть, что вероятности на «дереве» событий являются условными, например, вероятность функционирования системы пожаротушения не является вероятностью, полученной из испытаний при нормальных условиях, а является вероятностью функционирования в условиях пожара, вызванного взрывом.

Каждый путь событий, проходящий по древовидной схеме, отображает вероятность того, что все входящие в него события произойдут. Поэтому частота результата представлена произведением отдельных условных вероятностей и частоты исходного события, при условии, что различные события являются независимыми.

В.15.5 Выходные данные

Выходные данные для проведения ЕТА включают:

- качественные описания потенциальных проблем как сочетания событий, создающих различные типы проблем (диапазон результатов) от исходных событий;
- количественные оценки частоты событий или их вероятностей и соответствующую значимость различных последовательностей отказов и способствующих им событий;
- перечни рекомендаций по уменьшению рисков;
- количественные оценки результативности рекомендаций.

В.15.6 Преимущества и недостатки

ЕТА имеет следующие преимущества:

- позволяет отображать возможные сценарии, которые следуют за исходным событием, и влияние исправности или отказа систем или функций, направленных на уменьшение неблагоприятных результатов, наглядно и схематически для проведения анализа;
- позволяет учитывать фактор времени, взаимосвязи событий и «эффекты домино», моделирование которых в рамках «дерева» неисправностей нецелесообразно;
- позволяет в графической форме представить последовательность событий, которую невозможно отобразить при использовании «дерева» неисправностей.

Метод имеет следующие недостатки:

- для применения ЕТА в качестве составляющей всесторонней оценки необходимо выявить все возможные исходные события, что можно осуществить при помощи другого метода анализа (например – HAZOP, PNA), однако, всегда существует вероятность невыявления значимых исходных событий;
- метод рассматривает только исправные и неисправные состояния системы, затруднительно включить в рассмотрение отложенные исправные состояния или события восстановления;
- каждый путь реализации обусловлен сочетанием событий, произошедших на предыдущих точках ветвлений в направлении данного пути, поэтому рассматриваются все взаимосвязи по возможным путям. Однако некоторые связи, например, общие компоненты, системы снабжения и персонал, могут быть упущены при рассмотрении, что может привести к недооценке риска.

В.16 Причинно-следственный анализ

В.16.1 Общие сведения

Причинно-следственный анализ – это сочетание анализа «дерева» неисправностей и «дерева» событий. Анализ начинают с критического события, и рассматривают последствия при помощи сочетания логических элементов ДА/НЕТ, которые отображают состояния, которые могут иметь место, или отказы систем, разработанных для уменьшения последствий исходного события. Причины состояний или отказов анализируются с применением «дерева» неисправностей (см. Раздел В.15).

В.16.2 Применение

Причинно-следственный анализ первоначально разрабатывался как способ обеспечения надежности для критических систем безопасности, с целью обеспечения более полного понимания отказов системы.

Применяется, как и анализ «дерева» неисправностей, для отображения логики отказов, приводящих к критическому событию, но данный метод более функционален, поскольку позволяет анализировать последовательные во времени отказы. Данный метод также позволяет учитывать задержки по времени при анализе последствий, что невозможно при использовании «дерева» событий.

Данный метод применяется для анализа различных способов развития событий, которые могли иметь место в системе после критического события, в зависимости от функционирования конкретных подсистем (например, аварийных систем). Если данные способы определены количественно, то они представляют оценку вероятности различных возможных последствий критического события.

Поскольку каждая последовательность в причинно-следственной схеме – это сочетание «деревьев» неисправностей более низкого уровня, причинно-следственный анализ может применяться в качестве средства построения более общих «деревьев» неисправностей.

Применяемые схемы сложны в разработке и применении, поэтому их целесообразно применять тогда, когда размер возможных последствий отказа обосновывает значительные затраты.

В.16.3 Входные данные

Требуется понимание системы и типов ее отказов, а также сценариев отказов.

В.16.4 Процесс

На рисунке В.4 показана концептуальная схема типичного причинно-следственного анализа.

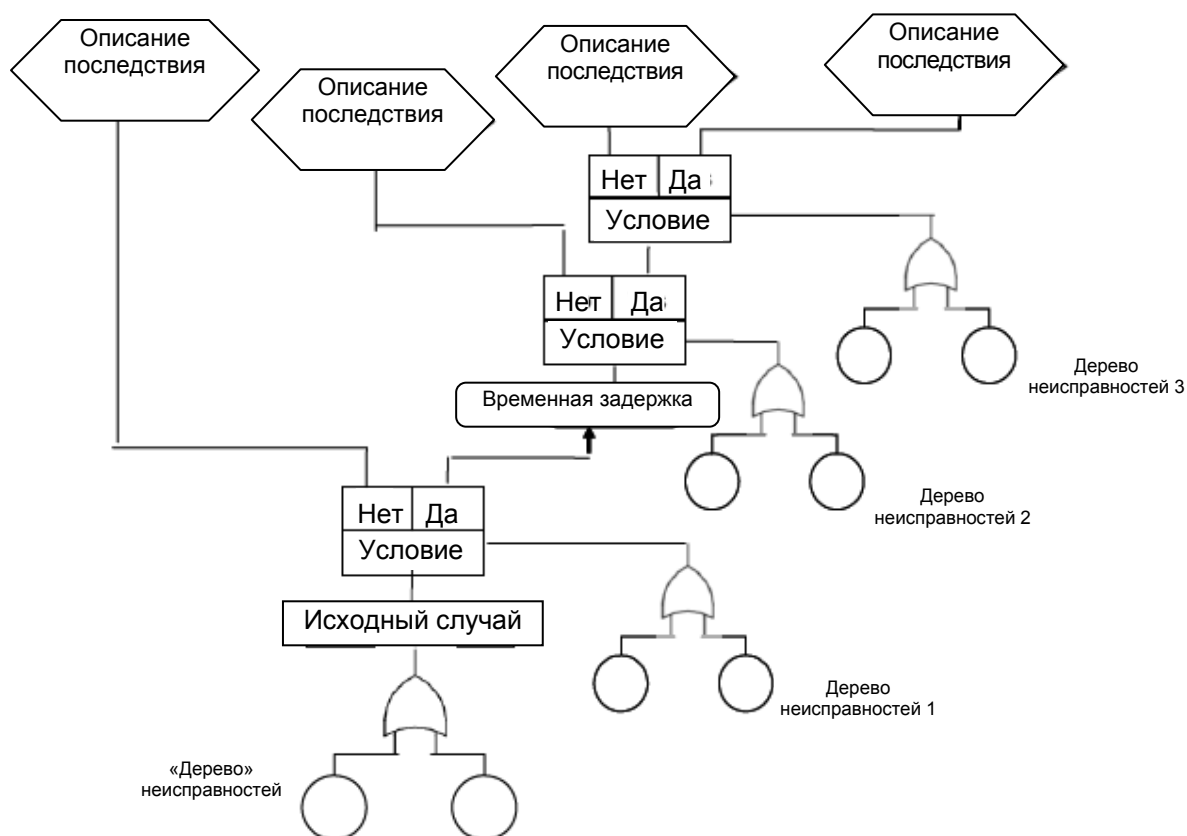


Рисунок В.4 – Пример причинно-следственного анализа

Применяется следующая процедура:

- Определяют критическое (или исходное) событие (являющееся также конечным событием «дерева» неисправностей и исходным событием «дерева» событий).
- Разрабатывают и проверяют «дерево» неисправностей для причин исходного события, как описано в разделе В.14. Применяются те же символы, что и при анализе «дерева» неисправностей.
- Определяют порядок, в котором должны рассматриваться состояния. Он должен представлять собой логическую последовательность, например, последовательность по времени, в которой они возникают.
- Выстраивают способы возникновения последствий в зависимости от различных состояний. Данный этап аналогичен построению «дерева» событий, но точки ветвления «дерева» событий изображают в виде блока, в котором указывают конкретное условие.

е) При условии, что отказы каждого условного блока являются независимыми, возможен расчет вероятности каждого последствия. Для этого необходимо приписать вероятности каждому выходу условного блока (с применением соответствующих «деревьев» неисправностей). Вероятность любой последовательности событий, приводящей к конкретному последствию, определяется умножением вероятностей каждой последовательности условий, приводящей к рассматриваемому последствию. Если несколько последовательностей событий приводят к одному последствию, то вероятности всех последовательностей складываются. Если имеются зависимости между отказами условий в рассматриваемой последовательности (например, нарушение энергоснабжения может вызвать несколько условий отказа), то зависимости необходимо определить до проведения расчета.

В.16.5 Выходные данные

Выходными данными причинно-следственного анализа является схематическое отображение того, как система может выйти из строя с указанием причин и последствий, а также количественная оценка вероятности возникновения каждого возможного последствия, основанная на анализе вероятностей возникновения конкретных условий, следующих за критическим событием.

В.16.6 Преимущества и недостатки

Причинно-следственный анализ имеет те же преимущества, что и анализ «дерева» событий и «дерева» неисправностей в совокупности. Кроме того, рассматриваемая методика лишена некоторых их недостатков и позволяет проводить анализ событий, которые развиваются с течением времени. Причинно-следственный анализ позволяет получить всестороннее представление о системе.

Недостатком является то, что данная методика является более сложной, чем анализ «дерева» неисправностей и «дерева» событий, как при построении схемы, так и в способе учета зависимостей при количественном определении.

В.17 Анализ причинно-следственных связей

В.17.1 Общие сведения

Анализ причинно-следственных связей – это структурированный метод, применяемый для определения возможных причин нежелательного события или проблемы. Он систематизирует возможные влияющие факторы в обобщенные категории таким образом, что позволяет рассматривать все возможные гипотезы. Однако, метод не указывает на фактические причины, поскольку они могут быть определены только посредством фактического свидетельствования и эмпирической проверки гипотез. Информацию представляют в виде диаграммы Исикавы (называемой также «рыбья кость»), иногда – в виде древовидной схемы (см. В.17.4).

В.17.2 Применение

Анализ причинно-следственных связей позволяет получить структурированное графическое отображение перечня причин конкретного воздействия. Воздействие может быть положительным (цель) или отрицательным (проблема), в зависимости от контекста.

Данный метод применяется для рассмотрения всех возможных сценариев и причин, указанных группой экспертов, и позволяет установить необходимый консенсус в отношении наиболее вероятных причин, которые затем возможно проверить опытным путем или посредством оценивания имеющихся данных. Применение данного метода целесообразно в начале анализе для более широко рассмотрения возможных причин и последующего установления возможных гипотез для дальнейшего формального анализа.

Составление диаграммы причинно-следственных связей целесообразно при необходимости:

- выявить возможные первоначальные причины конкретного воздействия, проблемы или состояния;
- выделить и соотнести некоторые из взаимосвязей среди факторов, влияющих на конкретный процесс;
- проанализировать существующие проблемы так, чтобы можно было предпринять корректирующее действие.

Составление диаграммы причинно-следственных связей имеет следующие преимущества:

- привлечение внимания специалистов, проводящих анализ, к конкретной проблеме;
- содействие определению первоначальных причин проблемы с применением структурированного подхода;
- содействие сотрудничеству в группе и более полному использованию знаний группы о продукции или процессе;
- применение простого для восприятия типа диаграммы для отображения причинно-следственных связей;
- выявление возможных причин изменений в процессе;

– установление областей, в которых следует собирать данные для дальнейшего изучения.
Анализ причинно-следственных связей может применяться в качестве метода проведения анализа первоначальной причины (см. раздел В.12).

В.17.3 Входные данные

Входными данными для проведения анализа причинно-следственных связей являются компетентность и опыт специалистов или ранее разработанная модель, которая применялась в прошлом.

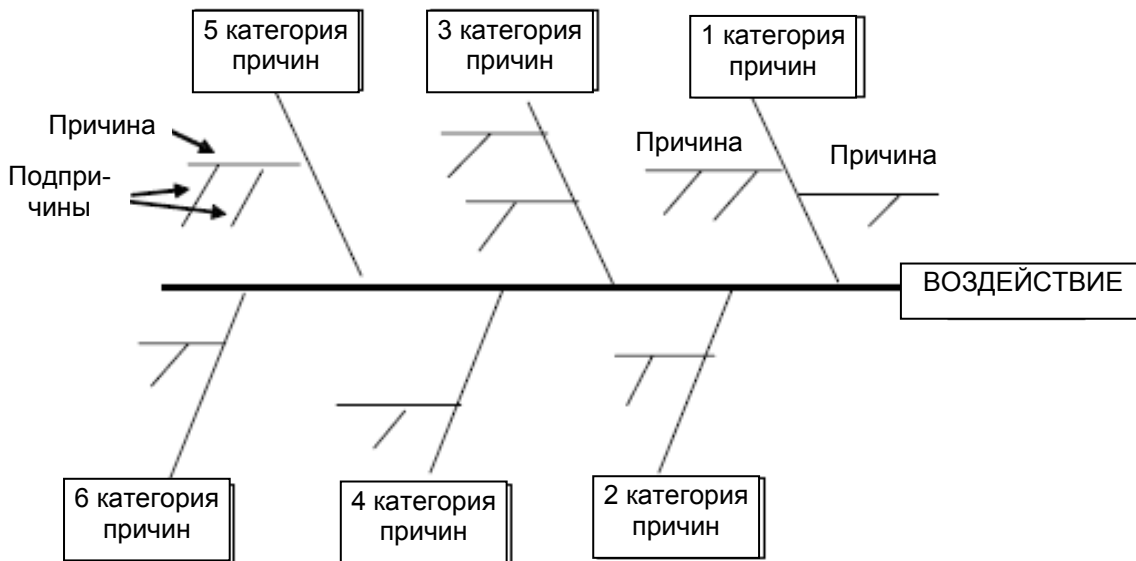
В.17.4 Процесс

Анализ причинно-следственных связей должен проводиться группой экспертов, компетентных в проблеме, которая требует решения.

Основными этапами проведения причинно-следственного анализа являются:

- установление воздействия, которое необходимо проанализировать, и заключение его в блок на диаграмме. Воздействие может быть положительным (цель) или отрицательным (проблема), в зависимости от обстоятельств;
- определение основных категорий причин, отражаемых в блоках на диаграмме Исикавы. При анализе систем обычно выделяют следующие категории причин: персонал, оборудование, среда, процессы и др. Категории определяют в соответствии с конкретным контекстом;
- отображение возможных причин для каждой основной категории с ответвлениями для описания взаимосвязи между ними;
- продолжение анализа при помощи вопроса «Почему?» или «Чем это вызвано?» для установления связей между причинами;
- анализ всех ответвлений для обеспечения согласованности и полноты, а также того, что данные причины относятся к основному воздействию;
- определение наиболее вероятных причин на основании мнения группы и имеющихся свидетельств.

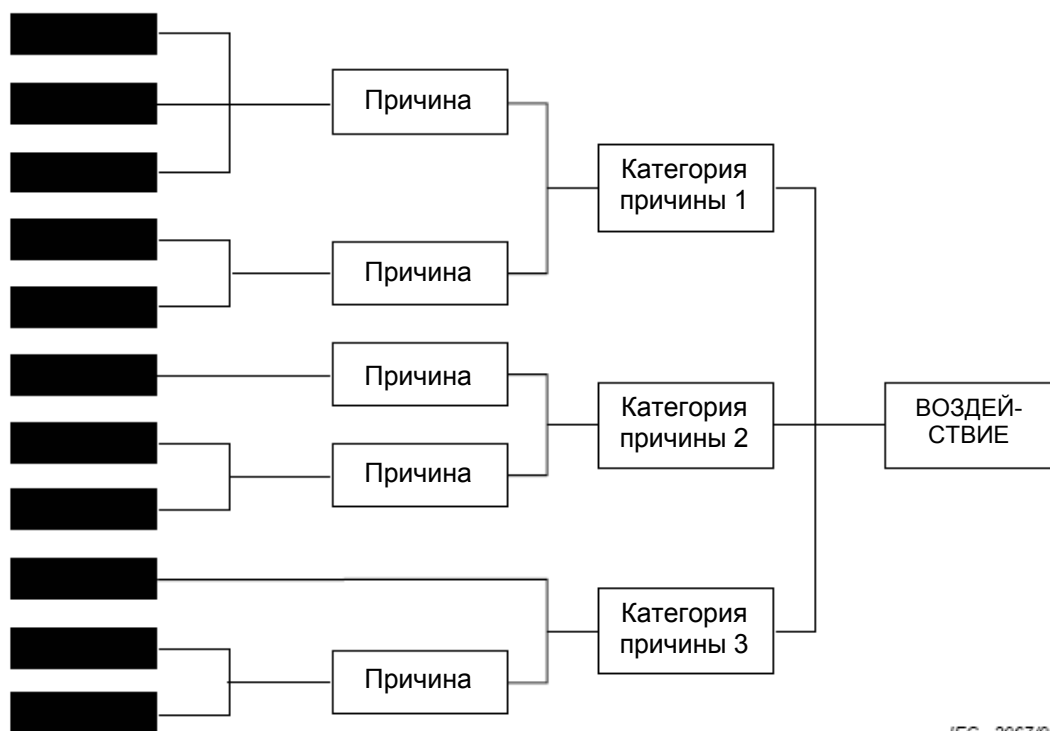
Результаты обычно отображают в виде диаграммы Исикавы («рыбьей кости»). Диаграмма Исикавы строится путем подразделения причин на основные категории (представленные линиями, отходящими от «скелета рыбы») с ответвлениями, которые описывают более конкретные причины в данных категориях.



IEC 2066/09

Рисунок В.5 – Пример диаграммы Исикавы («рыбьей кости»)

Отображение в виде древовидной схемы аналогично «дереву» неисправностей, но обычно оно строится слева направо, а не сверху вниз. Данный метод не применяется на количественном уровне для определения вероятности основного события, поскольку причины понимаются в большей степени как возможные предрасполагающие факторы, а не отказы с известной вероятностью возникновения.



IEC 2067/09

Рисунок В.6 – Пример причинно-следственного анализа с помощью древовидной схемы

Диаграммы причинно-следственных связей применяются, главным образом, качественно. Допускается предположить, что вероятность возникновения проблемы составляет 1, и распределить вероятности по обобщенным причинам, затем по подпричинам, основываясь на степени доверия их значимости. Однако зачастую между предрасполагающими факторами существует взаимосвязь, они способствуют возникновению результата более сложными способами, что делает количественное определение несоответствующим действительности.

В.17.5 Выходные данные

Выходными данными причинно-следственного анализа является диаграмма Исикавы или древовидная схема, которая показывает возможные и вероятные причины. Диаграмма требует последующей проверки правильности и практических проверок перед разработкой рекомендаций.

В.17.6 Преимущества и недостатки

Методика имеет следующие преимущества:

- привлечение компетентных экспертов и их работа в группе;
- структурированный анализ;
- рассмотрение всех вероятных предположений;
- графическое отображение результатов в простой для восприятия форме;
- определение областей, в которых требуются дополнительные данные;
- возможность установления предрасполагающих факторов как для благоприятных, так и для нежелательных результатов. Положительное акцентирование на вопросе может способствовать большей вовлеченности и заинтересованности.

Методика имеет следующие недостатки:

- группа экспертов может не иметь необходимой компетентности;
- методика не применяется самостоятельно, для разработки рекомендаций необходимо, чтобы она применялась как часть анализа первоначальной причины;
- методика предназначена для проведения «мозгового штурма», а не отдельного анализа;
- разделение причинных факторов на основные категории в начале анализа означает, что взаимосвязи между категориями могут не рассматриваться должным образом, например, отказ оборудования, вызванный ошибкой оператора, или ошибки оператора, вызванные недостатками конструкции.

В.18 Анализ уровней надежности средств защиты (LOPA)

В.18.1 Общие сведения

Анализ уровней надежности средств защиты (LOPA) – это полуколичественный метод оценки рисков, связанных с нежелательным событием или сценарием. Он позволяет анализировать, имеются ли достаточные меры по управлению риском или его уменьшению.

Выбирается пара причина-следствие и определяются уровни защиты, которые предотвращают причину, приводящую к нежелательному последствию. Проводится расчет величины последствий для определения пригодности мер защиты для уменьшения риска до приемлемого уровня.

В.18.2 Применение

Анализ уровней надежности средств защиты может применяться качественно для анализа уровней защиты между опасностью или причинным событием и результатом. Обычно для повышения точности процесса предварительной сортировки риска (например, после HAZOP или PNA) применяется полуколичественный подход.

Анализ уровней надежности средств защиты обеспечивает основу для определения независимых уровней защиты (IPL) и уровней целостности безопасности (SIL) для автоматизированных систем, как приведено в серии стандартов IEC 61508 и IEC 61511, при установлении требований к уровням целостности безопасности (SIL) для автоматизированных систем безопасности. Анализ уровней надежности средств защиты может применяться для эффективного распределения ресурсов уменьшения риска посредством анализа уменьшения риска, обеспечиваемого каждым уровнем защиты.

В.18.3 Входные данные

Входные данные анализа уровней надежности средств защиты включают:

- основную информацию о рисках, включая опасности, причины и последствия, полученную, например, из предварительного анализа опасностей (PNA);
- информацию об имеющихся или предлагаемых мерах управления;
- частоты причинных событий и вероятности отказа уровней надежности средств защиты, величины последствий и определение допустимого риска;
- частоты исходных причин, вероятности отказа уровней надежности средств защиты, величины последствий и определение допустимого риска.

В.18.4 Процесс

LOPA проводится группой экспертов в соответствии со следующей процедурой:

- установление исходных причин нежелательного результата и поиск информации об их частотах и последствиях;
- выбор отдельной пары причина-следствие;
- определение уровней защиты, которые препятствуют переходу от причины к нежелательному последствию, и анализ их результативности;
- определение независимых уровней защиты (IPL) (не все уровни защиты являются независимыми уровнями защиты);
- количественная оценка вероятности отказа каждого независимого уровня защиты (IPL);
- объединение частоты исходной причины с вероятностями отказа всех независимых уровней защиты (IPL) и вероятностями всех условных модификаторов (пример условного модификатора: должен ли присутствовать человек, чтобы на него было оказано воздействие) для определения частоты возникновения нежелательного последствия. Для частот и вероятностей применяются десятичные порядки;
- сравнение расчетного уровня риска с допустимыми уровнями риска для определения необходимости дополнительной защиты.

Независимый уровень защиты (IPL) – система устройств или действие, которые способны предотвращать сценарий, приводящий к нежелательным последствиям, независимо от причинного события или какого-либо иного уровня защиты, связанного с данным сценарием.

Независимые уровни защиты (IPL) включают:

- конструктивные особенности;
- физические устройства защиты;
- системы блокировки и отключения;
- аварийная сигнализация в критических случаях и ручное вмешательство;
- физическая защита при произошедшем событии;

– системы аварийного реагирования (процедуры и проверки не являются независимыми уровнями защиты).

В.18.5 Выходные данные

Должны быть предоставлены рекомендации по каким-либо дополнительным мерам управления и результативность данных мер управления при уменьшении риска.

Анализ уровней надежности средств защиты – одна из методик, применяемых для оценки уровней целостности безопасности (SIL) при рассмотрении систем безопасности и автоматизированных систем.

В.18.6 Преимущества и недостатки

Метод имеет следующие преимущества:

- менее затратен в отношении времени и других ресурсов, чем анализ «дерева» неисправностей или полностью количественная оценка риска, но более обоснован, чем качественные субъективные суждения;
- способствует определению наиболее критических уровней защиты и концентрации ресурсов для них;
- позволяет определять функции, системы и процессы, для которых не обеспечены соответствующие меры безопасности;
- позволяет уделить больше внимания наиболее серьезным последствиям.

Метод имеет следующие недостатки:

- в ходе анализа рассматривается одна пара причина-последствие и один сценарий. Сложные взаимодействия между рисками или между мерами управления не учитываются;
- количественные риски могут не учитывать общие отказы;
- метод не применяется для сложных сценариев, в которых имеется множество пар причина-последствие или в которых существуют различные последствия, влияющие на различные заинтересованные стороны.

В.18.7 Ссылочные документы

IEC 61508 (все части) Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью

IEC 61511 (все части) Функциональная безопасность. Контрольно-измерительные системы безопасности для обрабатывающей промышленности

В.19 Анализ «дерева» решений

В.19.1 Общие сведения

«Дерево» решений предоставляет альтернативные решения и выходные данные последовательным образом, что дает возможность принимать во внимание неопределенные выходные данные. Оно аналогично «дереву» событий, которое строится, начиная с исходного события или исходного решения, и моделирует различные способы развития событий и выходные данные, как результат событий, которые могут произойти, и различных решений, которые могут быть приняты.

В.19.2 Применение

«Дерево» решений применяется при менеджменте проектных рисков и в других случаях для содействия выбору наилучшего способа действий, когда присутствует неопределенность. Графическое отображение может также способствовать обмену информацией об обоснованиях принятия решений.

В.19.3 Входные данные

Входными данными является план проекта с точками принятия решения, информация о возможных результатах решений и о случайных событиях, которые могут повлиять на решения.

В.19.4 Процесс

«Дерево» решений начинается с исходного решения, например о выборе проекта А, а не проекта В. Поскольку рассматриваются два гипотетических проекта, будут происходить различные события и, следовательно, будет необходимо принимать различные прогнозируемые решения, что отображается в виде «дерева», аналогичного «дереву» событий. Вероятность событий может быть количественно оценена вместе с затратами или полезностью конечного результата способа развития событий.

Информация, касающаяся наилучшего пути принятия решений, имеет логическую форму, следовательно возможен расчет наибольшей ожидаемой величины как произведения всех условных вероятностей на данном пути принятия решений и величины конечного результата.

В.19.5 Выходные данные

Выходные данные включают:

- логический анализ риска, отображающий различные варианты, которые можно принимать;
- расчет ожидаемой ценности для каждого возможного пути принятия решений.

В.19.6 Преимущества и недостатки

Метод имеет следующие преимущества:

- обеспечивает четкое графическое представление подробной информации о проблеме, связанной с принятием решения;
- позволяет рассчитывать наилучший путь принятия решения в конкретной ситуации.

Метод имеет следующие недостатки:

- большой объем «дерева» решений может затруднять обмен информацией;
- возможна тенденция чрезмерного упрощения ситуации, для того, чтобы представить ее в виде древовидной диаграммы.

В.20 Оценка надежности оператора (оценка «человеческого фактора») (HRA)

В.20.1 Общие сведения

Оценка надежности оператора (HRA) рассматривает воздействие операторов на функционирование системы и может применяться для оценивания влияния ошибок оператора на систему.

Во многих процессах существует возможность ошибки оператора, особенно в случае если у оператора недостаточно времени для принятия решений. Вероятность того, что события будут развиваться таким образом, что приведут к серьезным проблемам, должна быть мала. Тем не менее в некоторых случаях действие оператора может быть единственной защитой, предотвращающей развитие исходного отказа в несчастный случай.

Значимость оценки надежности оператора была подтверждена различными несчастными случаями, в которых критические ошибки оператора способствовали катастрофической последовательности событий. Эти несчастные случаи являются предупреждениями против оценок риска, которые рассматривают только технические и программные средства в системе. Они показывают опасность игнорирования возможности наличия ошибки оператора. Более того, оценка надежности оператора позволяет выявить ошибки, которые могут отрицательно влиять на производительность, и определить способы, которыми данные ошибки и другие отказы (технических и программных средств) могут быть устранены операторами и обслуживающим персоналом.

В.20.2 Применение

Оценка надежности оператора может применяться качественно и количественно. Качественная оценка надежности оператора применяется для выявления возможности ошибки оператора и ее причин, что позволяет уменьшить вероятность ошибки. Количественная оценка надежности оператора применяется для получения данных об ошибках оператора для последующего анализа «дерева» неисправностей (FTA) или применения других методик.

В.20.3 Входные данные

Входные данные оценки надежности оператора включают:

- информацию для определения задач, которые персонал должен выполнить;
- накопленные данные о типах ошибок, встречающихся в практике, и возможностях их возникновения;
- компетентность в области ошибок оператора и их количественного выражения.

В.20.4 Процесс

Основными этапами проведения оценки надежности оператора являются:

Определение проблемы: какие типы вовлечений персонала следует исследовать или оценить?

Анализ рабочих задач: как будет выполняться задача, и какого типа вспомогательные средства понадобятся для поддержания функционирования?

Анализ ошибки оператора: как задача может быть не выполнена; какие ошибки могут произойти и как ситуацию можно исправить?

Представление: как данные ошибки или невыполнение задания могут сочетаться с другими событиями, касающимися технических и программных средств и среды, чтобы можно было рассчитать вероятности отказа всей системы?

Предварительная проверка: имеются ли ошибки или задачи, которые не требуют подробного количественного определения?

Количественное определение: насколько вероятны отдельные ошибки и невыполнения задач?

Оценка воздействия: какие ошибки или задачи являются наиболее значимыми, т.е. какие из них больше всего влияют на надежность или риск?

Уменьшение ошибки: как можно достичь большей надежности оператора?

Документирование: какую информацию об оценке надежности оператора (HRA) следует документировать?

На практике процесс HRA проходит поэтапно, хотя иногда его части (например, анализ задач и выявление ошибок) могут проводиться параллельно.

В.20.5 Выходные данные

Выходные данные включают:

- перечень ошибок, которые могут возникнуть, и методы, которыми их можно сократить, предпочтительно – посредством репроектирования системы;
- типы ошибок, причины и следствия ошибок различных типов;
- качественная или количественная оценка риска, возникающего вследствие ошибок.

В.20.6 Преимущества и недостатки

Метод имеет следующие преимущества:

- предоставление формализованного способа включения ошибки оператора в рассмотрение рисков, связанных с системами, в которых персонал имеет существенное значение;
- формализованное рассмотрение типов ошибок оператора и способов, позволяющих снизить вероятность отказа вследствие ошибки.

Метод имеет следующие недостатки:

- сложность и разнообразие персонала, которое затрудняет определение простых типов отказов и их вероятностей;
- многие виды деятельности персонала не имеют строго исправных и неисправных состояний. При оценке надежности оператора (HRA) существуют затруднения в определении частичных отказов или несоблюдения качества или неудовлетворительного принятия решений.

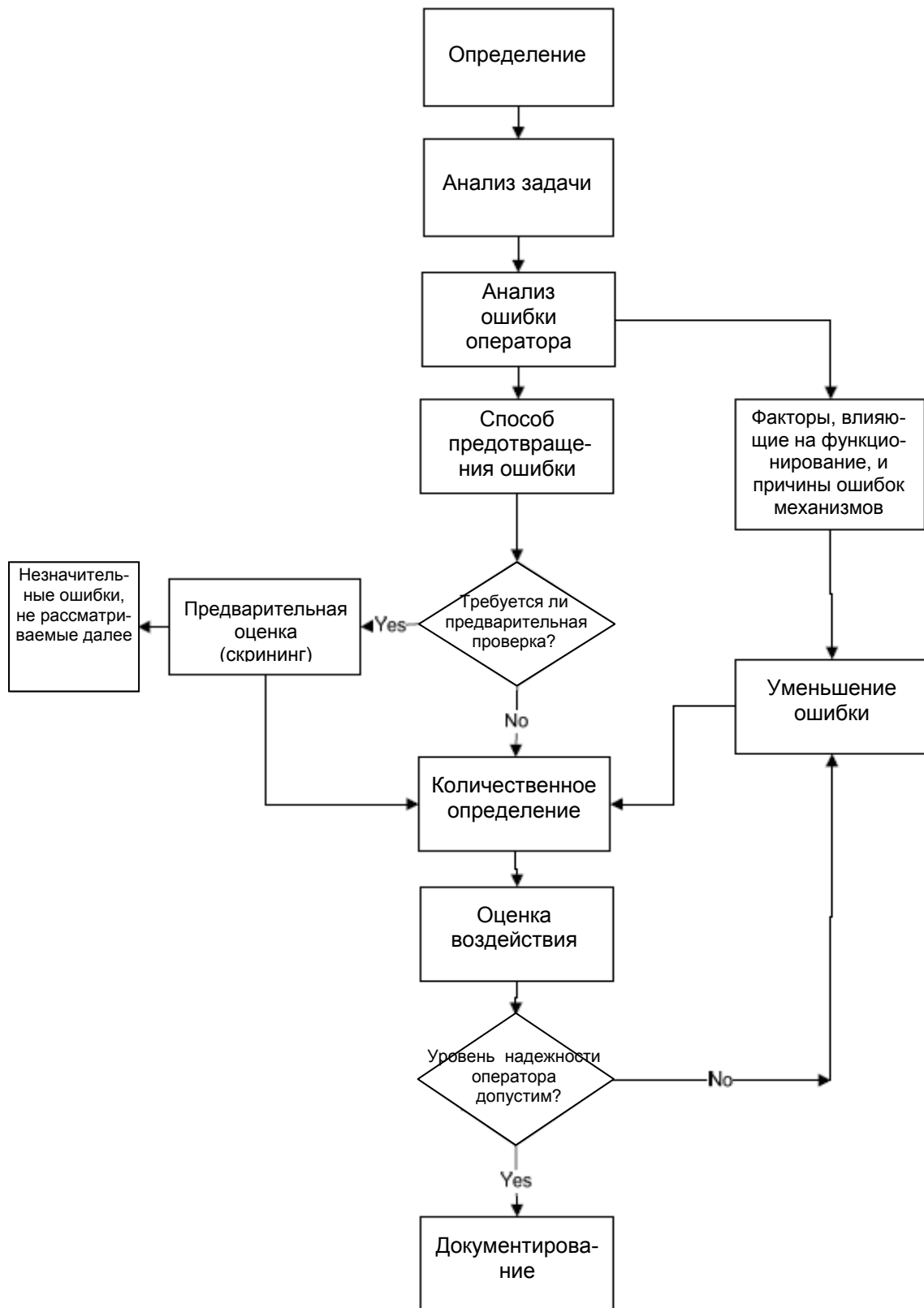


Рисунок В.7 - Пример оценки надежности оператора

В.21 Анализ диаграммы «галстук-бабочка»

В.21.1 Общие сведения

Анализ диаграммы «галстук-бабочка» — это простой способ схематического описания и анализа способов реализации риска от причин до последствий. Может рассматриваться как сочетание рассмотрения «дерева» неисправностей для анализа причины события (представленного узлом «галстука-бабочки») и «дерева» событий для анализа последствий. Однако в данном методе преимущественно рассматриваются барьеры между причинами и риском, а также между риском и последствиями. Диаграмму «галстук-бабочка» можно строить, начиная с «дерева» неисправностей и «дерева» событий, но чаще всего ее составляют непосредственно в процессе «мозгового штурма».

В.21.2 Применение

Анализ диаграммы «галстук-бабочка» применяется для отображения риска с указанием ряда возможных причин и последствий. Применяется в случае, когда не требуется детальности анализа «дерева» неисправностей или тогда, когда в большей степени требуется обеспечение наличия барьера или меры управления для каждого способа реализации отказа. Применение данного анализа целесообразно в случае, когда имеются четкие независимые пути развития событий, приводящие к отказу.

Анализ диаграммы «галстук-бабочка» обычно более прост для понимания, чем «дерево» неисправностей и «дерево» событий, и поэтому его применение может быть целесообразно как средство информационного взаимодействия в случаях, когда анализ проводится с применением более сложных методик.

В.21.3 Входные данные

Необходимо понимание причин и последствий риска, а также барьеров и мер управления, которые могут препятствовать риску, уменьшать его или способствовать ему.

В.21.4 Процесс

Анализ комбинированной диаграммы осуществляется следующим образом:

- a) Для анализа идентифицируют конкретный риск, и отображают как центральный узел «галстука-бабочки».
- b) Перечисляют причины события, учитывая источники риска (или опасностей в контексте безопасности).
- c) Определяют способ, посредством которого источник риска приводит к критическому событию.
- d) Между каждой причиной и событием проводят линии, образуя левую часть диаграммы. Следует определять и включать в схему факторы, которые могут привести к ухудшению ситуации.
- e) Барьеры, которые должны препятствовать каждой причине, приводящей к нежелательным последствиям, могут быть показаны как вертикальные полосы, пересекающие линии связи. В тех случаях, когда имеются факторы, которые могут приводить к ухудшению ситуации, можно также отображать барьеры, препятствующие ухудшению. Данный подход можно применять для положительных последствий, когда вертикальные полосы отображают меры управления, которые способствуют возникновению события.
- f) В правой части схемы определяют различные возможные последствия риска и проводят линии, расходящиеся от события риска к каждому возможному последствию.
- g) Барьеры, предотвращающие последствия, изображают как полосы, пересекающие радиальные линии. Данный подход можно применять для положительных последствий, когда вертикальные полосы отображают меры управления, которые способствуют возникновению последствий.
- h) Функции менеджмента, которыми обеспечиваются меры управления (например, обучение и проверка) следует отображать под схемой и связывать с соответствующей мерой управления.

Возможен определенный уровень количественного определения для диаграммы «галстук-бабочка» в случае, если способы реализации риска являются независимыми, известна вероятность конкретного последствия или результата, а эффективность меры управления можно количественно оценить. Тем не менее, во многих ситуациях способы реализации и барьеры не являются независимыми, а меры управления могут обеспечиваться процедурами функционирования, поэтому их результативность неизвестна. Обычно количественное определение осуществляют с применением анализа «дерева» неисправностей (FTA) и анализа «дерева» событий (ETA).

В.21.5 Выходные данные

Результатом анализа является простая схема, отображающая основные способы реализации риска и имеющиеся барьеры, препятствующие нежелательным последствиям или уменьшающие их, или способствующие и содействующие благоприятным последствиям.

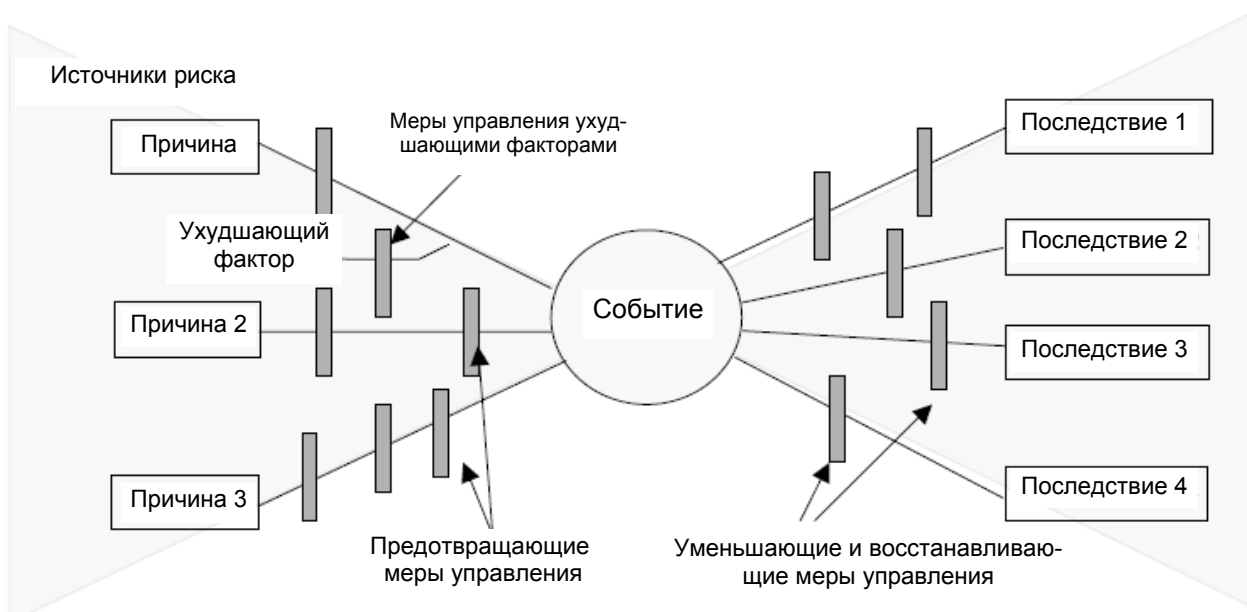


Рисунок В.8 - Пример диаграммы «галстук-бабочка» для нежелательных последствий

В.21.6 Преимущества и недостатки

Анализ диаграммы «галстука-бабочки» имеет следующие преимущества:

- прост для понимания и позволяет наглядно графически отобразить проблему;
- направлен на рассмотрение мер управления, которые, как предполагается, имеются как в отношении предотвращения, так и уменьшения риска, и их результативности;
- может применяться в отношении благоприятных последствий;
- не требует высокого уровня компетентности для проведения анализа.

Метод имеет следующие недостатки:

- не позволяет отображать совокупности причин, возникающих одновременно и вызывающих последствия (случай, когда в «дереве» неисправностей, отражающем левую сторону диаграммы, находится логический элемент «И»);
- может чрезмерно упрощать сложные ситуации, особенно, когда проводится количественное определение.

В.22 Техническое обслуживание, направленное на обеспечение надежности

В.22.1 Общие сведения

Техническое обслуживание, направленное на обеспечение надежности (RCM) – это метод определения политик, которые необходимо проводить для управления отказами так, чтобы эффективно и результативно обеспечить требуемую безопасность, готовность и экономичное функционирование всех типов оборудования.

Техническое обслуживание, направленное на обеспечение надежности (RCM) в настоящее время является обоснованной и общепринятой методологией, широко применяемой в различных отраслях промышленности.

RCM обеспечивает процесс принятия решения по установлению пригодных и результативных предупреждающих требований к техническому обслуживанию оборудования в соответствии с последствиями в отношении безопасности, функционирования и экономических последствий тех отказов, которые возможно выявить, и процессами ухудшения, являющимися причиной данных отказов. Результатом применения метода является решение в отношении необходимости выполнения задачи по техническому обслуживанию или другого действия, например, функционального изменения. Подробная информация, касающаяся использования и применения метода RCM, изложена в стандарте IEC 60300-3-11.

В.22.2 Применение

Все задачи основываются на безопасности в отношении персонала и среды, а также функциональных и экономических аспектах. Однако необходимо учесть, что рассматриваемые критерии будут зависеть от характера продукции и ее применения. Например, необходимо, чтобы процесс производства был экономически целесообразным, а также может требовать строгого соблюдения условий окружающей среды, тогда как единица защитного оборудования должна успешно функционировать, но может иметь менее строгие

критерии безопасности, экономичности и окружающей среды. Наибольшие преимущества можно получить, если направить анализ на ту область, отказы в которой будут оказывать значительное воздействие на безопасность, окружающую среду, экономичность и функционирование.

Метод RCM применяется для обеспечения осуществления надлежащего и результативного технического обслуживания, и обычно применяется на этапе проектирования и разработки и затем внедряется на этапе функционирования и технического обслуживания.

В.22.3 Входные данные

Успешное применение RCM требует хорошего знания оборудования и структуры, производственной среды и связанных с ней систем, подсистем и деталей оборудования, а также возможных отказов и их последствий.

В.22.4 Процесс

Программа RCM имеет следующие основные этапы:

- инициирование и планирование;
- анализы функциональных отказов;
- выбор задач технического обслуживания;
- внедрение;
- постоянное улучшение.

Техническое обслуживание, направленное на обеспечение надежности основано на оценке риска, поскольку данный метод реализует основные этапы оценки риска. Тип оценки риска – анализ типов, последствий и критичности отказов (FMECA), требующий специального подхода к анализу при применении в данном контексте.

Идентификация риска направлена в большей степени на ситуации, в которых возможные отказы могут устраняться или может снижаться их частота и (или) последствия, посредством выполнения задач по техническому обслуживанию. Идентификацию риска выполняют посредством выявления требуемых функций и стандартов функционирования, а также отказов оборудования и компонентов, которые могут нарушать данные функции.

Анализ риска состоит в количественной оценке частоты каждого отказа без проведения технического обслуживания. Последствия устанавливаются путем определения воздействий отказа. Матрица рисков, объединяющая частоту отказа и последствия, позволяет устанавливать уровни рисков.

Затем проводится оценивание риска путем выбора соответствующей политики управления отказом для каждого типа отказа.

Весь процесс RCM документируется в полном объеме с тем, чтобы впоследствии информацию можно было получить и проанализировать. Сбор данных об отказах и данных, связанных с техническим обслуживанием, позволяет осуществлять мониторинг результатов и проводить улучшения.

В.22.5 Выходные данные

RCM дает возможность определить задачи по техническому обслуживанию, такие как мониторинг состояния, плановый ремонт, плановая замена, выявление отказов или непрофилактическое обслуживание. Другие возможные действия, которые следуют из анализа, могут включать перепроектирование, внесение изменений в процедуры функционирования или технического обслуживания, или дополнительное обучение. Затем определяют периодичность выполнения задачи и ресурсы, которые для этого требуются.

В.22.6 Ссылочные документы

IEC 60300-3-11 Менеджмент надежности – Часть 3-11: Руководство по применению – Техническое обслуживание, направленное на обеспечение надежности.

В.23 Анализ паразитности (SA) или анализ паразитных цепей (SCA)

В.23.1 Общие сведения

Анализ паразитности – это методология выявления ошибок проектирования. Паразитное состояние – это скрытое состояние технического, программного средства или их сочетание, которое может вызвать возникновение нежелательного события или может препятствовать возникновению благоприятного события и которое не может быть вызвано отказом какого-либо компонента. Данные состояния имеют случайный характер, и их выявление затруднено даже при проведении самых строгих стандартных испытаний системы. Паразитное состояние может стать причиной неправильного функционирования, отказа системы, программного запаздывания или даже смертельного случая или получения персоналом травмы.

В.23.2 Применение

Анализ паразитных цепей (SCA) был разработан в конце 1960 годов для NASA с целью проверки целостности и функциональности проектов. Он служил инструментом для обнаружения паразитных электрических цепей, а также для разработки решений по изолированию каждой функции. По мере развития технологии методы анализа паразитных цепей также развивались. Анализ паразитности включает и значительно превосходит по объемам анализ паразитных цепей. Он позволяет выявлять проблемы как в технических, так и в программных средствах, основанных на любой технологии. Методы анализа паразитности могут объединять различные типы анализа, например, анализ «дерева» неисправностей и анализ типов и последствий отказов (FMEA), оценки надежности и т.д. в один анализ, менее затратный по времени и средствам.

В.23.3 Входные данные

Анализ паразитности отличается от процесса проектирования тем, что в нем применяются различные методы (древовидные схемы, схемы типа «лес», вспомогательные фразы или вопросы, помогающие специалисту, проводящему анализ, идентифицировать паразитные состояния), для выявления конкретного типа проблемы. Древовидные схемы и схемы типа «лес» – это топологические группировки фактической системы. Каждая древовидная схема представляет подфункцию и показывает все входные данные, которые могут повлиять на выходные данные функции. Схемы типа «лес» строятся путем объединения древовидных схем, которые участвуют в формировании выходных данных конкретной системы. Должным образом построенная схема тип «лес» отображает выходные данные системы с учетом всех связанных с ними входных данных. Наряду с другими входными данными они становятся входными данными для анализа.

В.23.4 Процесс

Основными этапами проведения анализа паразитности являются:

- подготовка данных;
- построение древовидной схемы;
- оценивание сетевых путей схемы;
- конечные рекомендации и отчет.

В.23.5 Выходные данные

Паразитная цепь – это непредвиденный способ или логика выполнения в системе, которые при определенных условиях могут инициировать неблагоприятную функцию или подавлять благоприятную функцию. Способ выполнения может включать технические средства, программное обеспечение, действия оператора или их сочетания. Паразитные цепи не являются результатом отказа технических средств, а являются скрытыми состояниями, непреднамеренно включенными в систему, код программного продукта или вызванные ошибкой оператора. Существует четыре категории паразитных цепей:

- a) паразитные каналы: непредвиденные каналы, по которым ток, энергия или логические последовательности проходят в непредусмотренном направлении;
- b) паразитный хронометраж: события, возникающие в неожиданной или противоречивой последовательности;
- c) паразитные показания: неопределенная или ложная индикация режима функционирования системы, которая может повлечь сбой системы или стать причиной нежелательного действия оператора;
- d) паразитные обозначения: неправильные или неточные обозначения функций системы, например, вводов системы, органов управления, каналов передачи информации дисплея, которые могут вызвать ввод оператором неверных управляющих команд в систему.

В.23.6 Преимущества и недостатки

Анализ паразитности имеет следующие преимущества:

- целесообразность применения для выявления ошибок проектирования;
- получение наилучших результатов при применении совместно с HAZOP;
- возможность применения в отношении систем, имеющих различные состояния, например, производства непрерывного и полунепрерывного действия.

Анализ паразитности может иметь следующие недостатки:

- процесс анализа может отличаться в зависимости от того, применяется он к электрическим цепям, технологическим установкам, механическому оборудованию или программным средствам;
- метод зависит от правильности построения древовидных схем.

В.24 Анализ Маркова

В.24.1 Общие сведения

Анализ Маркова применяется в случае, когда будущее состояние системы зависит только от ее текущего состояния. Данный метод обычно применяется для анализа ремонтнопригодных систем, которые могут находиться в различных состояниях, а применение анализа блок-схемы надежности является нецелесообразным. Данный метод можно распространить на более сложные системы путем применения процессов Маркова более высокого порядка, а ограничивается его применение только моделью, математическими расчетами и допущениями.

Анализ Маркова – это количественная методика, которая может быть дискретной (с использованием вероятностей перехода между состояниями) или непрерывной (с использованием скорости изменения состояний).

Хотя анализ Маркова можно проводить вручную, характер методик требует применения соответствующих компьютерных программ, большинство которых имеется на рынке.

В.24.2 Применение

Анализ Маркова может применяться для систем различной структуры, предполагающих или не предполагающих восстановление, включая:

- независимые элементы в параллельном соединении;
- независимые элементы в последовательном соединении;
- систему с распределенной нагрузкой;
- резервную систему, включая случай, когда может происходить отказ функции переключения;
- системы, подвергшиеся процессам ухудшения.

Методика анализа Маркова может применяться также для расчета готовности, в том числе с учетом запасных частей для ремонта.

В.24.3 Входные данные

Входные данные, необходимые для анализа Маркова, включают:

- перечень различных состояний, в которых может находиться система, подсистема или компонент (например, полное функционирование, частичное функционирование (т.е. ухудшенное состояние), состояние отказа и т.д.);
- полное и правильное понимание возможных переходов, которые необходимо смоделировать. Например, неисправность автомобильной шины требует рассмотрения состояния запасного колеса и, следовательно, периодичности проверки;
- скорость перехода из одного состояния в другое, обычно представленная либо вероятностью перехода между состояниями для дискретных событий, либо интенсивностью отказов (λ) и (или) интенсивностью восстановления (μ) для непрерывных событий.

В.24.4 Процесс

Методика анализа Маркова основывается на концепции «состояний», например, «исправное» и «неисправное», и перехода между двумя такими состояниями во времени в предположении постоянной вероятности изменения. Стохастическая матрица вероятности перехода применяется для описания перехода между всеми состояниями, что позволяет рассчитать различные результаты.

Чтобы проиллюстрировать применение анализа Маркова, рассмотрим сложную систему, которая может находиться только в трех состояниях: исправном, ухудшенном и неисправном, обозначенных как состояния S1, S2, S3 соответственно. В любой момент времени система находится в одном из трех состояний. В таблице В.2 приведена вероятность того, что в следующий момент времени система будет находиться в состоянии Si, где i может быть 1, 2 или 3.

Таблица В.2 – Матрица Маркова

		Состояние в текущий момент		
		S1	S2	S3
Состояние в следующий момент	S1	0,95	0,3	0,2
	S2	0,04	0,65	0,6
	S3	0,01	0,05	0,2

Данный массив вероятностей называется матрицей Маркова или матрицей перехода. Следует отметить, что сумма в каждом столбце матрицы равна 1, т.к. это сумма всех возможных результатов в каждом

случае. Система также может быть представлена диаграммой Маркова, в которой круги отображают состояния, а стрелки – переходы с соответствующей вероятностью.

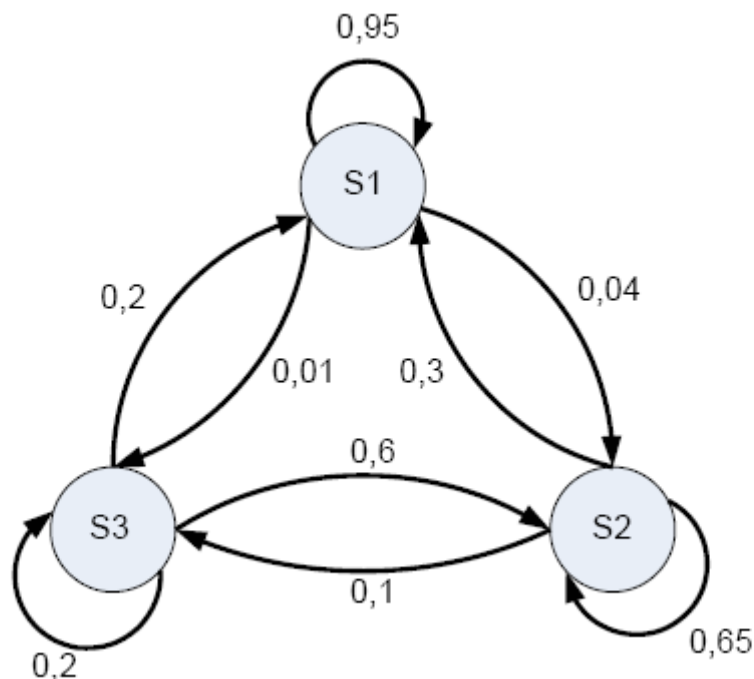


Рисунок В.9 - Пример системной диаграммы Маркова

Стрелки, замкнутые на одном состоянии, обычно не показываются, но в данном примере они приведены для полноты представления.

Допустим, что P_i — вероятность нахождения системы в состоянии i для $i = 1, 2, 3$, тогда уравнения, которые необходимо решить, имеют вид:

$$P_1 = 0,95 P_1 + 0,30 P_2 + 0,20 P_3 \quad (B.1)$$

$$P_2 = 0,04 P_1 + 0,65 P_2 + 0,60 P_3 \quad (B.2)$$

$$P_3 = 0,01 P_1 + 0,05 P_2 + 0,20 P_3 \quad (B.3)$$

Данные уравнения не являются независимыми и не определяют входящие в них неизвестные. Необходимо использовать следующее уравнение, а одно из приведенных выше – исключить.

$$1 = P_1 + P_2 + P_3 \quad (B.4)$$

Полученные значения составляют 0,85, 0,13 и 0,02 для состояний 1, 2, 3 соответственно. Система является полностью исправной 85 % времени, находится в ухудшенном состоянии 13 % времени и в неисправном состоянии – 2 % времени.

Рассмотрим два объекта, функционирующих параллельно, при условии, что любой из них должен быть исправным для обеспечения функционирования системы. Объекты могут быть либо исправными, либо неисправными, а готовность системы зависит от состояния объектов.

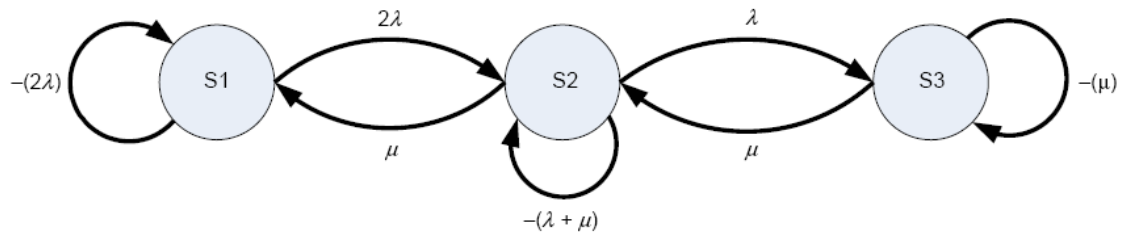
Возможны следующие состояния:

Состояние 1 – Оба объекта функционируют должным образом;

Состояние 2 - Один объект неисправен и ремонтируется, другой функционирует;

Состояние 3 – Оба объекта неисправны, один из них ремонтируется.

Если допустить, что непрерывная интенсивность отказа каждого объекта равна λ , а интенсивность восстановления равна μ , то диаграмма перехода между состояниями имеет вид:



IEC 2071/09

Рисунок В.10 – Пример диаграммы перехода между состояниями

Необходимо отметить, что переход из состояния 1 в состояние 2 характеризуется величиной 2λ , поскольку отказ любого из двух объектов приведет систему в состояние 2.

Пусть $P_i(t)$ — вероятность нахождения в исходном состоянии i в момент времени t ; и

$P_i(t+\delta t)$ – вероятность нахождения в конечном состоянии в момент времени $t+\delta t$.

Тогда матрица вероятности переходов будет иметь вид:

Таблица В.3 – Конечная матрица Маркова

		Исходное состояние		
		$P_1(t)$	$P_2(t)$	$P_3(t)$
Конечное состояние	$P_1(t + \delta t)$	-2λ	μ	0
	$P_2(t + \delta t)$	2λ	$-(\lambda + \mu)$	μ
	$P_3(t + \delta t)$	0	λ	$-\mu$

Необходимо отметить, что нулевые значения возникают потому, что невозможно перейти от состояния 1 к состоянию 3 или от состояния 3 к состоянию 1. Также сумма в столбце равна нулю, когда указывают интенсивность.

Совокупность уравнений примет вид:

$$dP_1/dt = -2\lambda P_1(t) + \mu P_2(t) \quad (B.5)$$

$$dP_2/dt = 2\lambda P_1(t) + -(\lambda + \mu) P_2(t) + \mu P_3(t) \quad (B.6)$$

$$dP_3/dt = \lambda P_2(t) + -\mu P_3(t) \quad (B.7)$$

Для простоты допускается, что требуемая работоспособность – это работоспособность в постоянном режиме.

Если δt стремится к бесконечности, то dP_i/dt будет стремиться к нулю, что позволяет упростить уравнения. Также необходимо использовать дополнительное уравнение вида (B.4). Затем уравнение $A(t) = P_1(t) + P_2(t)$ можно выразить, как:

$$A = P_1 + P_2$$

Следовательно

$$A = (\mu^2 + 2\lambda\mu) / (\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2)$$

В.24.5 Выходные данные

Выходными данными анализа Маркова являются различные вероятности пребывания в различных состояниях, и, следовательно, количественная оценка вероятностей отказа и (или) готовности одного из определяющих компонентов системы.

В.24.6 Преимущества и недостатки

Анализ Маркова имеет следующее преимущество:

- возможность расчета вероятностей для ремонтпригодных систем с различными ухудшенными состояниями;

Метод имеет следующие недостатки:

- допущение о постоянстве вероятностей изменения состояния, а также о том, что может иметь место либо отказ, либо ремонт;

- все события являются статистически независимыми, поскольку будущие состояния являются независимыми от всех прошлых состояний, за исключением непосредственно предшествующего состояния;
- требуется знание всех вероятностей изменения состояния;
- требуется знание операций над матрицами;
- затруднен обмен информацией о результатах с нетехническим персоналом.

В.24.7 Сравнения

Анализ Маркова сходен с анализом сетей Петри в том, что обеспечивается мониторинг и наблюдение за состояниями системы; различие методов состоит в том, что сети Петри допускают нахождение в различных состояниях в одно время.

В.24.8 Ссылочные документы

IEC 61078 Методы анализа общей надежности – Блок-схема надежности и булевы методы
IEC 61165 Применение методик Маркова
ISO/IEC 15909 (все части) Разработка программного обеспечения и систем – Сети Петри высокого уровня

В.25 Имитационное моделирование методом Монте-Карло

В.25.1 Общие сведения

Многие системы являются слишком сложными в отношении воздействий неопределенности на них для моделирования с применением аналитических методик, но их можно оценивать посредством рассмотрения входных данных как случайных переменных и проведения некоторого количества N расчетов (так называемых имитаций) с выборочным формированием входных данных для получения N возможных выходных данных, представляющих требуемый результат.

Данный метод может применяться для рассмотрения сложных ситуаций, понимание и исследование аналитическим методом которых затруднено. Системы можно разрабатывать, используя таблицы данных и другие традиционные методы, однако существуют и более современные средства, удовлетворяющие более высоким требованиям, многие из которых в настоящее время относительно доступны. Когда методика разрабатывалась впервые, количество итераций, необходимых для имитационного моделирования по методу Монте-Карло, сделало процесс затратным по времени, но развитие автоматизации вычислений и теоретические разработки, например формирование выборки методом «латинского гиперкуба», позволили сделать время обработки незначительным для большинства случаев применения.

В.25.2 Применение

Имитационное моделирование методом Монте-Карло позволяет осуществлять оценивание воздействия неопределенности на системы в широком диапазоне ситуаций. Обычно данный метод применяется для оценивания диапазона возможных результатов и соответствующей частоты значений в данном диапазоне для количественных величин, таких как затраты, длительность, производительность, спрос и тому подобных. Имитационное моделирование методом Монте-Карло может применяться для двух различных целей:

- распространение неопределенности на обычные аналитические модели;
- вероятностные расчеты в случае, когда применения аналитических методик невозможно.

В.25.3 Входные данные

Входными данными для моделирования методом Монте-Карло являются детально проработанная модель системы и информация о типах входных данных, источниках неопределенности, которые необходимо учесть, и требуемые выходные данные. Входные данные с неопределенностью представляются как случайные переменные с распределениями с большим или меньшим рассеянием в соответствии с уровнем неопределенностей. С этой целью обычно используют равномерное, треугольное, нормальное и логарифмически нормальное распределение.

В.25.4 Процесс

Процесса анализа имеет следующую структуру:

- а) Определяют модель или алгоритм, который в наибольшей мере отражает поведение исследуемой системы;
- б) Модель тестируют несколько раз, используя случайные числа, чтобы получить выходные данные модели (имитации системы); если необходимо смоделировать воздействия неопределенности, то модель

представляет собой уравнение, отражающее взаимосвязь между входными параметрами и результатом. Значения входных данных берутся из соответствующих распределений вероятности, которые отражают характер неопределенности этих параметров;

с) В каждом случае при помощи средств вычислительной техники модель просчитывается множество раз (часто до 10 000 раз) с различными входными данными для получения совокупности результатов. Для получения такой информации, как, например, средние значения, стандартное отклонение, доверительные интервалы, результаты можно обрабатывать, применяя обычные методы статистики.

Ниже приводится пример имитационного моделирования.

Рассмотрим случай двух параллельно функционирующих объектов, при этом для функционирования системы необходим только один из них. Первый объект имеет надежность 0,9, в второй – 0,8.

Можно построить следующую таблицу.

Таблица В.4 – Пример имитационного моделирования методом Монте-Карло

Номер имитации	Элемент 1		Элемент 2		Система
	Случайное число	Функционирование	Случайное число	Функционирование	
1	0,577243	ДА	0,059355	ДА	1
2	0,746909	ДА	0,311324	ДА	1
3	0,541728	ДА	0,919765	НЕТ	1
4	0,423274	ДА	0,643514	ДА	1
5	0,917776	НЕТ	0,539349	ДА	1
6	0,994043	НЕТ	0,972506	НЕТ	0
7	0,082574	ДА	0,950241	НЕТ	1
8	0,661418	ДА	0,919868	НЕТ	1
9	0,213376	ДА	0,367555	ДА	1
10	0,565657	ДА	0,119215	ДА	1

Генератор случайных чисел создает число от 0 до 1, которое применяется для сравнения с вероятностью каждого объекта, чтобы определить, функционирует ли система. По результатам 10 расчетов не ожидается, что значение, равное 0,9, будет точным. Обычным подходом является интеграция в вычисления специального расчетного модуля, для сравнения общего результата в ходе процесса имитационного моделирования до достижения требуемого уровня точности. В данном примере результат 0,9799 был достигнут после 20 000 итераций.

Приведенную выше модель можно расширить многими способами. Например:

- расширением самой модели (например посредством рассмотрения второго объекта, который становится функционирующим сразу же после отказа первого объекта);
- изменением фиксированной вероятности для переменной (примером является треугольное распределение), если вероятность невозможно определить достаточно точно;
- использованием интенсивности отказов совместно с генератором случайных чисел для получения времени отказа (экспоненциальное распределение, распределение Вейбулла или другое подходящее распределение) и учетом время восстановления.

Данный метод применяется также для оценки неопределенности финансовых прогнозов, результативности инвестирования, прогнозов по издержкам и длительности проектов, сбоев производственных процессов и потребностей в персонале.

Также метод применяется в случаях, когда аналитические методики не способны предоставить соответствующие результаты, или когда имеется неопределенность во входных данных, а, следовательно, и в выходных данных.

В.25.5 Выходные данные

Выходными данными может быть отдельное значение, как указано в примере выше, или результат может быть выражен как вероятность или распределение частот, или выходными данными может быть выявление основных функций в модели, которая имеет наибольшее воздействие на результат.

В общем случае, имитационное моделирование методом Монте-Карло следует применять для оценки либо распределения выходных данных, которые могут возникнуть, в целом, либо параметров распределения, таких, как:

- вероятность возникновения определенных выходных данных;
- значение выходных данных, в отношении которых владельцы проблемы имеют определенный уровень уверенности в том, что они не будут превышены или не достигнуты, или затраты, для которых существует вероятность менее 10 %, что они будут превышены, или продолжительность, для которой существует вероятность 80 %, что она будет превышена.

Анализ связей между входными и выходными данными может прояснить относительную значимость этих факторов для функционирования и установить цели для дополнительных мер по воздействию на неопределенность выходных данных.

В.25.6 Преимущества и недостатки

Имитационное моделирование методом Монте-Карло имеет следующие преимущества:

- метод может применяться при любом распределении входной переменной, включая эмпирические распределения, полученные из наблюдений соответствующих систем;
- модели являются относительно простыми для разработки и их можно расширять по мере возникновения необходимости;
- могут быть учтены любые воздействия или связи, возникающие в реальности, включая незначительные воздействия, такие как условные зависимости;
- анализ чувствительности может применяться для выявления сильных и слабых воздействий;
- модели просты для понимания, поскольку связь между входными и выходными данными очевидна;
- имеются такие эффективные поведенческие модели, как сети Петри (стандарт IEC 62551), которые подходят для целей имитационного моделирования методом Монте-Карло;
- обеспечивает измерение точности результата;
- имеется относительно доступное программное обеспечение.

Данный метод имеет следующие недостатки:

- точность решений зависит от количества имитаций, которое можно выполнить (данное ограничение становится менее значимым с увеличением быстродействия вычислительной техники);
- основывается на возможности представить неопределенности параметров посредством достоверного распределения;
- объемные и сложные модели могут представлять трудности для специалистов по моделированию и осложнять вовлечение заинтересованных сторон;
- методика может неадекватно учитывать события низкой вероятности с серьезными последствиями и поэтому не дает возможности учесть склонность организации к риску при анализе.

В.25.7 Ссылочные документы

IEC 61649 Анализ Вейбулла

IEC 62551 Методы анализа общей надежности – Методы сетей Петри

ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения (GUM: 1995)

В.26 Байесова статистика и сети Байеса

В.26.1 Общие сведения

Байесова статистика названа в честь Преподобного Томаса Байеса. Его предположение заключается в том, что любую уже известную информацию (априорную) можно комбинировать с последующими результатами измерений (апостериорной информацией), чтобы определить полную вероятность. Основное уравнение теоремы Байеса выражается следующим образом:

$$P(A|B) = \{P(A)P(B|A)\} / \sum_i P(B|E_i)P(E_i)$$

где $P(X)$ – вероятность события X ;

$P(X|Y)$ – вероятность события X при условии, что произошло событие Y ;

E_i – i -ое событие.

Байесова статистика отличается от обычной статистики тем, что она предполагает не то, что все параметры распределения являются постоянными, а то, что параметры являются случайными переменными. Понимание Байесовой вероятности можно упростить, если ее рассматривать как степень доверия к возникновению определенного события в противоположность традиционному подходу, который основан на материальном свидетельстве событий. Поскольку Байесов подход основан на субъективном восприятии вероятности, он позволяет непосредственно получить основу для рассмотрения вариантов принятия решений и разработки Байесовых сетей (сетей доверия).

В методе Байесовых сетей применяется графическая модель для отображения ряда переменных и их вероятностных связей. Сеть состоит из узлов, которые представляют случайную переменную, и стрелок, которые связывают родительский узел с дочерним узлом (родительский узел является переменной, которая непосредственно влияет на другую – дочернюю – переменную).

В.26.2 Применение

Теории и сети Байеса нашли широкое применение как по причине их интуитивной концепции, так и благодаря наличию соответствующего вычислительного программного обеспечения. Байесовы сети применяются в различных областях: медицинской диагностике, моделировании изображений, генетике, распознавании речи, экономике, исследовании космоса и в мощных современных поисковых системах. Они могут находить применение в любой области, в которой требуется установление неизвестных переменных посредством привлечения структурных взаимосвязей и данных. Байесовы сети могут применяться для изучения причинных взаимосвязей, чтобы улучшить понимание проблемной области и прогнозировать последствия вмешательства.

В.26.3 Входные данные

Входные данные аналогичны входным данным для моделирования методом Монте-Карло. Примерные этапы, которые необходимо провести для построения Байесовой сети, включают:

- определение переменных системы;
- определение причинных связей между переменными;
- установление условных и априорных вероятностей;
- добавление экспериментальных данных к сети;
- осуществление пересчета вероятностного доверия;
- извлечение апостериорных данных о вероятностном доверии.

В.26.4 Процесс

Теория Байеса может применяться различными способами. В приводимом примере рассматривается построение таблицы Байеса, описывающей применение медицинского теста для определения наличия у пациента заболевания. Вероятностное доверие до проведения теста заключается в том, что 99 процентов населения не имеют этого заболевания, а 1 процент – имеет (априорная информация). Точностью теста обеспечивается, что если пациент имеет заболевание, то результаты теста положительны 98 процентов времени. Существует также вероятность того, что если у пациента нет этого заболевания, результат теста будет положительным 10 процентов времени. В таблице Байеса приведена следующая информация:

Таблица В.5 – Данные таблицы Байеса

	Априорные данные	Вероятность	Произведение	Апостериорные данные
Имеет заболевание	0,01	0,98	0,0098	0,0901
Не имеет заболевания	0,99	0,10	0,0990	0,9099
Итого	1		0,1088	1

Применяя правило Байеса, произведение определяют умножением априорных данных на вероятность. Апостериорные данные определяются делением значения отдельного произведения на сумму произведений. Результаты расчета означают, что в отношении положительного результата теста априорное значение возросло с 1 процента до 9 процентов. Более того, велика вероятность того, что даже при положительном результате теста, наличие заболевания маловероятно. Анализ уравнения $(0,01 \times 0,98) / ((0,01 \times 0,98) + (0,99 \times 0,1))$ показывает, что положительный результат при отсутствии заболевания важен для апостериорных значений.

Рассмотрим следующую Байесову сеть:

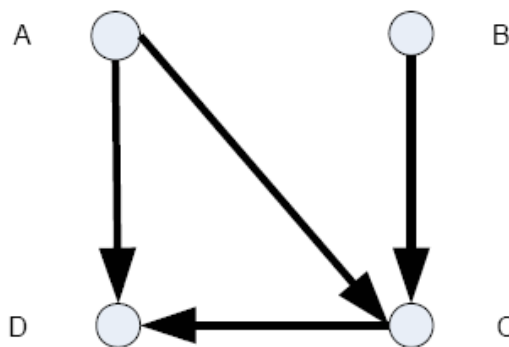


Рисунок В. 11 – Пример Байесовой сети

IEC 2072/100

С учетом условных априорных вероятностей, указанных в следующих таблицах, и применением обозначений Y (положительный) и N (отрицательный), положительным результатом может быть «наличие заболевания», как показано выше, или положительный результат может обозначаться как Высокий, а отрицательный (N) – как Низкий.

Таблица В.6 – Априорные вероятности для узлов А и В

P(A = Y)	P(A = N)	P(B = Y)	P(B = N)
0,9	0,1	0,6	0,4

Таблица В.7 – Условные вероятности для узла С с определенными узлами А и В

A	B	P(C = Y)	P(C = N)
Y	Y	0,5	0,5
Y	N	0,9	0,1
N	Y	0,2	0,8
N	N	0,7	0,3

Таблица В.8 – Условные вероятности для узла D с определенными узлами А и С

A	C	P(D = Y)	P(D = N)
Y	Y	0,6	0,4
Y	N	1,0	0,0
N	Y	0,2	0,8
N	N	0,6	0,4

Для определения апостериорной вероятности $P(A|D=N,C=Y)$ предварительно необходимо рассчитать $P(A,B|D=N,C=Y)$.

Применяя правило Байеса, определяют значение $P(D|A,C)P(C|A,B)P(A)P(B)$, как показано ниже; в последнем столбце указаны нормированные вероятности, сумма которых равна 1, как показано в предыдущем примере (округленный результат).

Таблица В.9 – Апостериорная вероятность для узлов А и В с определенными узлами D и С

A	B	$P(D A,C)P(C A,B)P(A)P(B)$	$P(A,B D = N,C=Y)$
Y	Y	$0,4 \times 0,5 \times 0,9 \times 0,6 = 0,110$	0,4
Y	N	$0,4 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,4 = 0,130$	0,48
N	Y	$0,8 \times 0,2 \times 0,1 \times 0,6 = 0,010$	0,04
N	N	$0,8 \times 0,7 \times 0,1 \times 0,4 = 0,022$	0,08

Чтобы определить $P(A|D=N,C=Y)$, необходимо суммировать все значения столбца В:

Таблица В.10 – Апостериорная вероятность для узла А с определенными узлами D и С

$P(A=Y D=N,C=Y)$	$P(A=N D=N,C=Y)$
0,88	0,12

Результаты показывают, что априорная вероятность $P(A=N)$ увеличилась с 0,1 до апостериорной 0,12, то есть изменение не существенно. При этом вероятность $P(B=N|D=N,C=Y)$ возросла с 0,4 до 0,56, что является более существенным изменением.

В.26.5 Выходные данные

Байесов подход может применяться в той же степени, что и обычная статистика с получением широкого диапазона выходных данных, например, для анализа данных с получением точечных оценок и доверительных интервалов. Широкое распространение данного подхода связано с применением сетей Байеса для определения апостериорных распределений. Графические выходные данные обеспечивают простоту понимания модели, а данные можно легко модифицировать для рассмотрения корреляций и чувствительности параметров.

В.26.6 Преимущества и недостатки

Данный метод имеет следующие преимущества:

- необходимым являются только априорные данные;
- логические выводы являются легкими для понимания;
- для применения метода необходимо применение только правила Байеса;

— предоставляет механизм применения субъективных представлений в отношении рассматриваемой проблемы.

Метод имеет следующие недостатки:

- затруднено определение всех взаимодействий в сетях Байеса для сложных систем;
- Байесов подход требует знания множества условных вероятностей, которые обычно определяются экспертными методами. Программное обеспечение может предоставлять только решения, основанные на данных предположениях.

В.27 Кривые FN

В.27.1 Общие сведения

Кривые FN – это графическое представление вероятности событий, вызывающих конкретный уровень ущерба для конкретной группы населения. Чаще всего они относятся к частоте данного количества возникающих случайных происшествий.

Кривые FN отображают накопленную частоту (F), при которой на N или более представителей населения будет оказано воздействие. Большие значения N , которые могут возникнуть с высокой частотой F , представляют значительный интерес, поскольку они могут быть неприемлемыми в общественном и политическом отношении.

В.27.2 Применение

Кривые FN – это способ представления результатов анализа риска. Многие события имеют высокую вероятность результатов с низкими последствиями и низкую вероятность результатов с высокими последствиями. Кривые FN позволяют отразить уровень риска, который представляет собой линию, описывающую скорее данный диапазон, чем отдельную точку, представляющую отдельную пару значений вероятности и последствия.

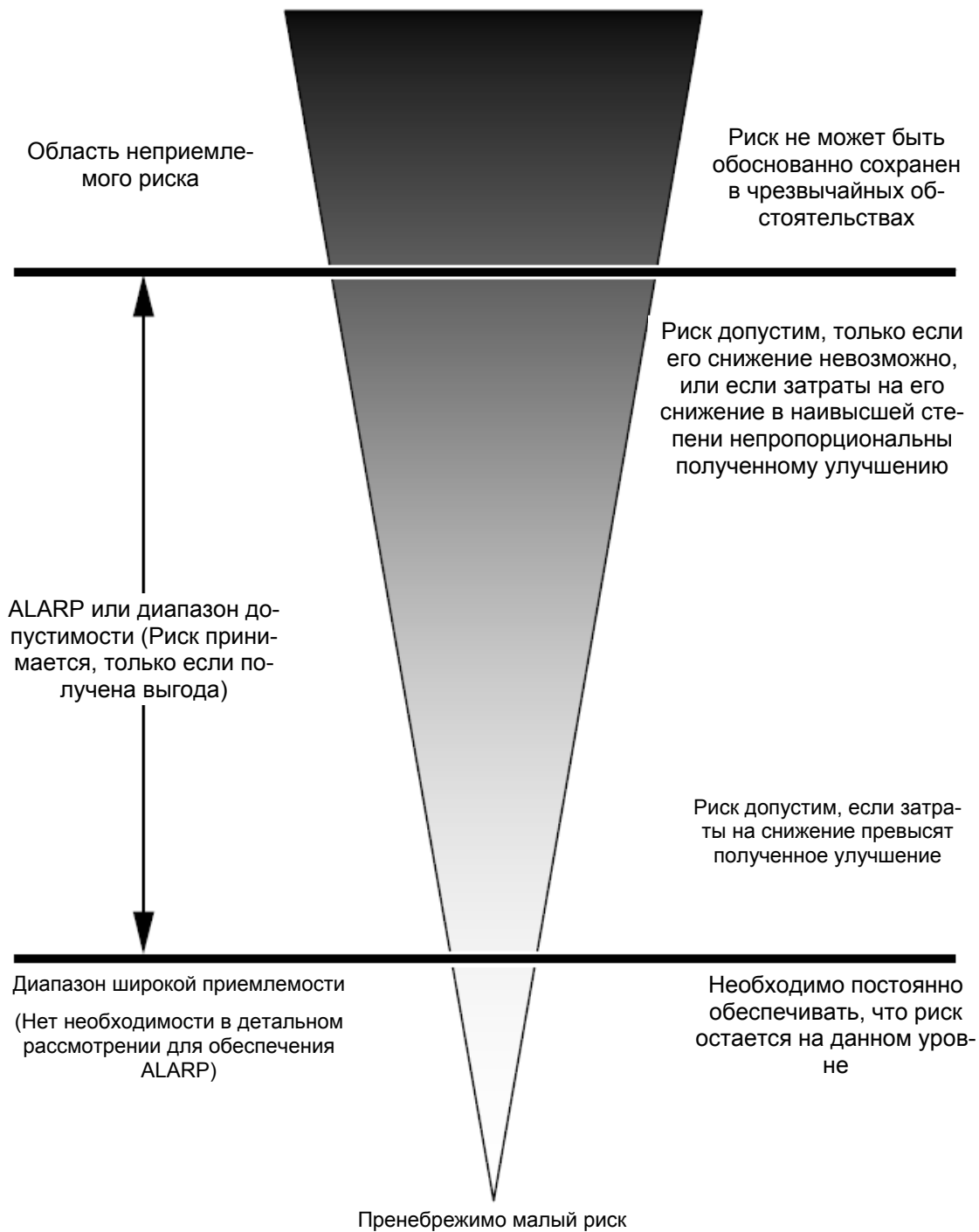
Кривые FN могут применяться для сравнения рисков, например, сравнения прогнозируемых рисков с критериями, выраженными в виде кривой FN, или для сравнения прогнозируемых рисков с накопленными данными об инцидентах или с критериями принятия решения (также выражаемыми в виде кривой FN).

Кривые FN могут применяться при проектировании как систем, так и процессов, или для управления существующими системами.

В.27.3 Входные данные

Входными данными является что-либо из следующего:

- совокупности пар значений вероятности и последствий для определенного периода времени;
- выходные данные, полученные из количественного анализа риска, предоставляющего количественно оцененные вероятности для конкретного количества случайных происшествий;
- данные, полученные из накопленных записей и количественного анализа риска.



IEC 2073/09

Рисунок В.12 - Понятие ALARP (минимального практически приемлемого уровня риска)

В.27.4 Процесс

Строится график, отражающий имеющиеся данные, с количеством случайных происшествий (до конкретного уровня ущерба, например смерти), образующим абсциссу, и вероятностью N или большего количества случайных событий, образующей ординату. По причине большого диапазона значений, обе оси обычно представляют в логарифмическом масштабе.

Кривые FN можно строить статистически, используя фактические данные из потерь, имевших место в прошлом, или на основе расчета по оценкам, полученным из имитационной модели. Используемые данные и сделанные допущения могут означать, что два таких типа кривой FN предоставляют различную информацию и их следует применять отдельно и для различных целей. В общем случае, теоретические кривые FN в большинстве случаев применяются при проектировании системы, а статистические кривые FN – для управления конкретной имеющейся системой.

Оба подхода к получению кривой могут потребовать значительных затрат времени, поэтому в сочетании их обычно не применяют. Эмпирические данные, таким образом, образуют фиксированные точки достоверно известных данных о случайных происшествиях, которые имели место при известных несчастных случаях или аварийных ситуациях за конкретный период времени, а количественный анализ риска позволяет получить другие точки путем экстраполяции или интерполяции.

Необходимость рассмотрения несчастных случаев с низкой частотой и высокими последствиями может потребовать рассмотрения длительных периодов времени, для того, чтобы собрать достаточно данных для достоверного анализа. Это, в свою очередь, может поставить под сомнение имеющиеся данные, если исходные события изменялись с течением времени.

В.27.5 Выходные данные

Выходными данными является график, представляющий риск в диапазоне значений последствий, который можно сравнивать с критериями, соответствующими данной изучаемой группе населения и конкретному уровню ущерба.

В.27.6 Преимущества и недостатки

Применение кривых FN целесообразно для представления информации о риске, которая может применяться руководством и разработчиками системы, для обоснования принятия решений в отношении уровня риска и безопасности. Их применение целесообразно для представления информации как о частоте, так и о последствиях в удобной для восприятия форме.

Возможно применение кривых FN для сравнения рисков аналогичных ситуаций при наличии достаточных данных. Их не следует применять для сравнения рисков различных типов с различными характеристиками в обстоятельствах, для которых данные имеют различное качество и количество.

Недостаток кривых FN заключается в том, что они не предоставляют информации о диапазоне воздействий или результатов несчастных случаев, кроме сведений о количестве лиц, подвергшихся воздействию; также невозможно установить различные способы развития событий, которые могут привести к определенному уровню ущерба. Кривые FN отображают конкретный тип последствия, обычно – ущерб людям. Кривые FN является не методом оценки риска, а методом представления результатов оценки риска.

Кривые FN – проработанный метод представления результатов оценки риска, однако требующий подготовки опытными аналитиками и представляющий затруднения для толкования и оценки не специалистами.

В.28 Индексы риска

В.28.1 Общие сведения

Индекс риска – это полуколичественная мера риска, представляющая собой количественную оценку, полученную с применением подхода балльных оценок на основе порядковых шкал. Индексы риска применяются для упорядочения серии рисков на основе сходных критериев таким образом, чтобы риски можно было сравнить. Балльные оценки применяют к каждому компоненту риска, например, характеристикам (источникам) загрязнения, диапазону возможных способов воздействия взрыва и его влиянию на реципиентов.

Индексы риска являются принципиально качественным подходом, применяемым для ранжирования и сравнения рисков. Численное выражение может приводить к необоснованному применению. Во многих случаях, когда применяемая модель или система недостаточно хорошо изучена, или ее нельзя должным образом представить, предпочтительно применение более явного качественного подхода.

В.28.2 Применение

Индексы могут применяться для классификации различных рисков, связанных с деятельностью, если система хорошо изучена. Они позволяют объединить ряд факторов, которые определяют уровень риска, в единую численную балльную оценку уровня риска.

Индексы применяются для множества различных типов риска, обычно в качестве средства разграничения при классификации риска в соответствии с его уровнем. Индексы могут применяться для определения того, какие риски требуют дальнейшей детальной и, возможно, количественной оценки.

В.28.3 Входные данные

Входные данные получают из анализа системы или подробного описания контекста, что требует хорошего понимания всех источников риска, возможных способов его реализации и того, на что он может влиять. Такие методы, как анализ «дерева» неисправностей, анализ «дерева» событий, и общий анализ решений могут применяться дополнительно при получении показателей риска.

Поскольку выбор порядковых шкал является в определенной степени произвольным, то для подтверждения достоверности индекса необходимо иметь достаточно данных.

В.28.4 Процесс

Первым этапом является изучение и описание системы. После того, как система была определена, определяют балльные оценки для каждого компонента таким образом, чтобы их можно было объединить для получения комплексного индекса. Например, в контексте окружающей среды, присваиваются балльные оценки источникам, способам и реципиенту(ам) воздействия, учитывая, что в некоторых случаях может быть несколько способов и реципиентов воздействия для каждого источника. Отдельные балльные оценки объединяют в соответствии со схемой, которая учитывает физическую сущность системы. Важно, чтобы балльные оценки для каждой части системы (источников, способов и реципиентов) были внутренне согласованными и учитывались их действительные взаимосвязи. Баллы могут присваиваться компонентам риска (например, вероятности, воздействию, последствию) или увеличивающим риск факторам.

Баллы можно складывать, вычитать, умножать и (или) делить в соответствии с моделью высокого уровня. Следует учитывать кумулятивные эффекты посредством добавления баллов (например, добавление баллов различным способам реализации риска). К порядковым шкалам абсолютно не применимы математические формулы. Поэтому, после того, как система балльных оценок разработана, достоверность модели должна быть подтверждена посредством применения ее к известной системе. Получение показателя риска осуществляется итеративным методом, и может потребоваться перебор нескольких различных систем для объединения баллов перед тем, как исследователь посчитает достоверность модели приемлемой.

Неопределенность можно рассматривать с применением анализа чувствительности и варьированием балльных оценок для того, чтобы выяснить, к каким параметрам имеется наибольшая чувствительность.

В.28.5 Выходные данные

Выходные данные – это ряд чисел (комплексных индексов), которые относятся к конкретному источнику, и которые можно сравнивать с индексами, полученными для других источников в той же системе, или которые можно смоделировать таким же образом.

В.28.6 Преимущества и недостатки

Данный метод имеет следующие преимущества:

- индексы целесообразно применять для ранжирования различных рисков;
- индексы позволяют объединять множество факторов, влияющих на уровень риска, в единую балльную оценку уровня риска.

Метод имеет следующие недостатки:

– если достоверность процесса (модели) и их выходных данных не подтверждена должным образом, то результаты могут быть недостоверными. Тот факт, что выходные данные являются численным выражением значения риска, может быть неверно истолкован и использован, например, при последующем анализе затрат и выгод;

– во многих случаях, в которых применяются индексы, отсутствует основополагающая модель для определения того, являются ли отдельные балльные шкалы факторов риска линейными, логарифмическими или имеющими какой-либо иной вид, а также отсутствует модель для определения того, как факторы следует объединять. В этих случаях ранжирование является изначально ненадежным, и проверка его достоверности в соответствии с фактическими данными особенно важна.

В.29 Матрица последствий и вероятностей

В.29.1 Общие сведения

Матрица последствий и вероятностей – это средство объединения качественной и полуколичественной оценок последствий и вероятностей для получения уровня риска или ранжирования риска.

Формат матрицы и определения, применяемые к ней, зависят от контекста, в котором она применяется, при этом важно применять форму матрицы, соответствующую рассматриваемому случаю.

В.29.2 Применение

Матрицу последствий и вероятностей применяют для ранжирования рисков, источников риска и мер по обработке риска на основании уровня риска. Данная матрица обычно применяется в качестве средства предварительной оценки, если было выявлено множество рисков, например, для определения того, какие риски требуют дальнейшего или более подробного анализа, того, какие риски необходимо обрабатывать в первую очередь, или того, какие из них следует рассматривать на более высоком уровне осуществления менеджмента. Данная матрица также может применяться для отбора тех рисков, которые не требуют дальнейшего рассмотрения в настоящее время. Такой тип матрицы также широко применяется для определе-

ния приемлемости или неприемлемости риска (см. 5.4) в соответствии с областью, в которой он находится в матрице.

Матрица последствий и вероятностей может также применяться для содействия обмену информацией об общем восприятии качественных уровней риска в организации в целом. Способ, которым устанавливаются уровни риска, и правила принятия решения, относящиеся к нему, должны быть согласованы со степенью склонности организации к риску.

Форма матрицы последствий и вероятностей применяется для анализа критичности в FMECA или для установления приоритетов после применения HAZOP. Ее также можно применять в ситуациях, когда имеется недостаточно данных для подробного анализа, или в случае, когда ситуация не оправдывает затрат времени и усилий на проведение более количественного анализа.

В.29.3 Входные данные

Входными данными являются специальные шкалы последствий и вероятности и матрица, которая их объединяет.

Шкала (или шкалы) последствий должна(ы) охватывать весь диапазон различных типов рассматриваемых последствий (например, финансовые убытки, безопасность, окружающая среда или другие параметры, в зависимости от контекста) и должна распространяться от максимального возможного последствия до самого низкого рассматриваемого последствия. Частичный пример показан на рисунке В.13.

Шкала может иметь любое количество точек. Наиболее широко применяются шкалы, состоящие из 3, 4 или 5 точек.

Шкала вероятности также может иметь любое количество точек. Определения вероятности необходимо выбирать настолько точными и однозначными, насколько это возможно. Если для определения различных вероятностей применяются численные значения, то должны быть представлены единицы измерения. Шкала вероятности должна охватывать диапазон, соответствующий проводимому исследованию, с учетом того, что самая низкая вероятность должна быть приемлемой для наибольшего определенного последствия, в противном случае, вся деятельность, связанная с наибольшим последствием, рассматривается как недопустимая. Частичный пример показан на рисунке В.14.

Матрица построена с указанием последствий вдоль одной оси и вероятности вдоль другой оси. На рисунке В.15 показана часть примерной матрицы со шкалой в 6 точек для последствия и шкалой в 5 точек для вероятности.

Уровни риска, установленные для ячеек таблицы, зависят от определений, применяемых для шкал вероятности и последствий. Матрица может быть построена с преимущественным влиянием последствий (как показано) или вероятности, или она может быть симметричной, в зависимости от случая применения. Уровни риска могут быть связаны с правилами принятия решения при помощи, например, уровня внимания со стороны руководства или шкалы времени, которое требуется для соответствующего отклика.

Оценочные шкалы и матрица могут разрабатываться и на основе количественных шкал. Например, в контексте надежности шкала вероятности может отображать приблизительную интенсивность отказов, а шкала последствий – затраты, вызванные отказом, в денежных единицах.

Применение данного метода требует наличия специалистов (предпочтительно – слаженной группы) соответствующей компетентности и всех имеющихся данных для обоснования экспертных суждений о последствиях и вероятности.

Ранг	Финансовое воздействие	Возврат инвестиций	Охрана труда и безопасность	Окружающая среда и общество	Репутация	Законодательство и жалобы
6	\$100 млн. и более потерь или прибыли	\$300 млн. и более потерь или прибыли	<ul style="list-style-type: none"> Множественные смертельные исходы или Существенные необратимые воздействия на десятки людей 	<ul style="list-style-type: none"> Необратимый долговременный вред для окружающей среды Общественное возмущение, возможность широкомасштабных акций протеста 	<ul style="list-style-type: none"> Освещение в международной прессе через несколько дней; Полная потеря поддержки акционеров, отток их инвестиций; Отставка генерального директора и расформирование совета директоров 	<ul style="list-style-type: none"> Масштабный судебный процесс или судебное преследование с взысканием в \$50 млн. и более плюс существенные издержки Лишение свободы для генерального директора Продолжительный запрет властей на функционирование
5	\$10 млн. - \$99 млн. потерь или прибыли	\$30 млн. - \$299 млн. потерь или прибыли	<ul style="list-style-type: none"> Единичный смертельный исход или Тяжкая необратимая нетрудоспособность одного или нескольких людей 	<ul style="list-style-type: none"> Продолжительное воздействие на окружающую среду Рост резонанса в обществе, необходимость существенных корректирующих мер ... 	<ul style="list-style-type: none"> Освещение в национальной прессе через несколько дней; Устойчивое воздействие на репутацию акционеров; Потеря поддержки акционеров в... 	<ul style="list-style-type: none"> Масштабный судебный процесс с взысканием в \$10 млн. и более Расследование....
4	\$1 млн. - \$9 млн. потерь или прибыли	\$3 млн. - \$29 млн. потерь или прибыли	Обширные повреждения или необратимый...			
3	\$100 тыс. - \$900 тыс. потерь или прибыли	...				
2	\$10 тыс. - \$90 тыс. потерь или прибыли					
1	\$1 тыс. - \$9 тыс. потерь или прибыли					

Рисунок В.13 – Частичный пример таблицы критериев последствия

Ранг	Критерий
Вероятно	<ul style="list-style-type: none"> Произойдет с высокой вероятностью или Произойдет произойти в течение недель или месяцев
Возможно	<ul style="list-style-type: none"> Может произойти вскоре, но... Произойдет в течение месяцев или ...
Маловероятно	<ul style="list-style-type: none"> Может произойти, но ... Может произойти через ...
Редко	<ul style="list-style-type: none"> Вероятность... Исключительно .. Только...
Невероятно	<ul style="list-style-type: none">

Рисунок В.14 – Частичный пример матрицы критериев вероятности

Ранг вероятности	E	IV	III	II	I	I	I
	D	IV	III	III	II	I	I
	C	V	IV	III	II	II	I
	B	V	IV	III	III	II	I
	A	V	V	IV	III	II	II
		1	2	3	4	5	6
Ранг последствий							

Рисунок В.15 – Частичный пример матрицы ранжирования рисков

В.29.4 Процесс

Для ранжирования рисков пользователь должен прежде всего подобрать описание последствия, которое наилучшим образом подходит для ситуации, затем определить вероятность, с которой эти последствия произойдут. Затем определить при помощи матрицы уровень риска.

Многие события риска могут иметь диапазон результатов с различными соответствующими вероятностями. Незначительные проблемы обычно происходят чаще, чем катастрофические события. Поэтому можно ранжировать наиболее частые результаты, наиболее серьезные или другие сочетания вероятности и последствий. Во многих случаях требуется уделять внимание наиболее серьезным возможным результатам, поскольку они представляют наибольшую угрозу и рассматриваются как наиболее значительные. В некоторых случаях может быть необходимо ранжировать как обычные проблемы, так и маловероятные катастрофы как отдельные риски. При этом следует обеспечить, что рассматривается вероятность, связанная с выбранным последствием, а не вероятность события в целом.

Уровень риска, определяемый по матрице, может быть связан с правилом принятия решения, например, о том, следует ли проводить обработку риска или нет.

В.29.5 Выходные данные

Выходные данные – это ранг каждого риска или ранжированный перечень рисков с уровнями значительности, которые были определены.

В.29.6 Преимущества и недостатки

Метод имеет следующие преимущества:

- сравнительно прост в применении;
- обеспечивает быстрое ранжирование рисков по различным уровням значимости.

Метод имеет следующие недостатки:

- матрица должна быть составлена таким образом, чтобы соответствовать обстоятельствам, поэтому может быть затруднительно сформировать общую систему, применяемую во всем диапазоне обстоятельств, связанных с организацией;
- однозначное определение шкал представляет определенные затруднения;
- применение метода субъективно, имеются тенденции значительных расхождений между лицами, проводящими оценку;
- риски нельзя объединять (т.е. нельзя установить, что определенное количество низких рисков или низкий риск, выявленный определенное количество раз, эквивалентен среднему риску);
- объединение или сравнение уровней риска для различных категорий последствий представляет определенные затруднения.

Результаты будут зависеть от уровня детализации анализа, т.е. чем более подробный анализ, тем больше количество сценариев, каждый из которых имеет более низкую вероятность. Все это приводит к недооценке фактического уровня риска. Способ, которым группируются сценарии при описании риска, должен быть единообразным и определяться в начале исследования.

В.30 Анализ затрат и выгод (СВА)

В.30.1 Общие сведения

Анализ затрат и выгод применяется для оценивания риска: общие ожидаемые затраты сравнивают с общими ожидаемыми выгодами для того, чтобы выбрать наилучший или наиболее выгодный вариант. Данный анализ является неотъемлемой частью многих систем оценивания риска. Он может быть качественным или количественным, или включать сочетание качественных и количественных элементов. Количественный

СВА объединяет денежное выражение всех затрат и всех выгод для всех заинтересованных сторон, которые включены в область рассмотрения, и учитывает различные периоды времени, в которых возникают затраты и выгоды. Создаваемая чистая приведенная стоимость (NPV) становится входными данными для принятия решений, касающихся риска. Положительная чистая приведенная стоимость (NPV), связанная с каким-либо действием, обычно означает, что осуществление данного действия экономически целесообразно. Однако, в отношении некоторых отрицательных рисков, особенно рисков для жизни человека или нанесения вреда окружающей среде, может применяться принцип ALARP (минимального практически приемлемого уровня риска), который делит риски на три области: уровень, выше которого отрицательные риски являются недопустимыми и не должны приниматься, за исключением чрезвычайных обстоятельств; уровень, ниже которого риски являются незначительными, и требуется только проведения мониторинга для обеспечения того, что они остаются низкими; и центральная область, в которой риски должны обеспечиваться на минимальном практически приемлемом уровне (ALARP). Что касается границы меньшего риска в этой области, то может применяться анализ затрат и выгод, но там, где риски близки к недопустимым, требования принципа ALARP заключаются в том, что должна проводиться обработка риска до тех пор, пока затраты на обработку не станут явно непропорциональными полученной выгоде.

В.30.2 Применение

Анализ затрат и выгод может применяться для выбора решений среди вариантов, включающих риск. Например:

- в качестве входных данных для принятия решения о том, следует ли обрабатывать риск;
- для разграничения способов обработки риска и принятия решения о выборе наиболее подходящего из них;
- для выбора среди различных стратегий деятельности.

В.30.3 Входные данные

Входные данные включают информацию о затратах и выгодах для соответствующих заинтересованных сторон и о неопределенностях затрат и выгод. Необходимо рассматривать как материальные, так и нематериальные затраты и выгоды. Затраты включают израсходованные ресурсы и отрицательные результаты, выгоды включают положительные результаты, отрицательные результаты, которых удалось избежать, и сохраненные ресурсы.

В.30.4 Процесс

Проводится выявление заинтересованных сторон, которые могут нести затраты, или получать выгоды. При проведении полного анализа затрат и выгод включают все заинтересованные стороны.

Для всех соответствующих заинтересованных сторон определяют варианты прямых и косвенных выгод и затрат, которые будут рассматриваться. Прямые выгоды следуют непосредственно из предпринятого действия, тогда как косвенные или дополнительные выгоды – это те выгоды, которые являются случайными, но которые могут способствовать в значительной мере принятию решения. Примеры косвенных выгод включают повышение репутации, удовлетворение персонала и «душевное спокойствие» (учитываются при принятии решения).

Прямые затраты – это затраты, которые непосредственно связаны с действием. Косвенные затраты – это дополнительные, случайные и скрытые издержки, например, утрата полезности, упущение времени для управления или отвод капитала от других потенциальных инвестиций. При применении анализа затрат и выгод для принятия решения о целесообразности обработки риска необходимо включать в рассмотрение затраты и выгоды, связанные с обработкой риска.

В количественном анализе затрат и выгод после выявления всех материальных и нематериальных затрат и выгод все затраты и выгоды (включая нематериальные затраты и выгоды) выражают в денежном эквиваленте. Для этого существует множество стандартных способов, включая подход «готовность платить» и использование заменителей. Если, как это часто происходит, затраты осуществляются в течение короткого периода времени (например, в течение одного года), а выгоды следуют спустя длительный период времени, обычно бывает необходимо пересчитать выгоды, чтобы привести их в соответствие с настоящим временем для того, чтобы можно было получить достоверное сравнение. Все затраты и выгоды выражаются как текущая стоимость. Текущую стоимость всех затрат и всех выгод для всех заинтересованных сторон можно объединить, чтобы получить чистую приведенную стоимость (NPV). Положительная чистая приведенная стоимость подразумевает, что действие является прибыльным. Также применяются отношения доходов к издержкам (см. В.30.5).

Если в отношении уровня затрат и выгод существует неопределенность, то одно или оба этих условия следует учесть в соответствии с их вероятностью.

При качественном анализе затрат и выгод не предпринимаются попытки определить денежное выражение нематериальных затрат и выгод, рассматривается скорее не получение отдельного численного зна-

чения, суммирующего затраты и выгоды, а, на качественном уровне, – взаимосвязи и соотношения между затратами и выгодами.

Сходная методика – анализ экономической эффективности – предполагает желательность получения определенной выгоды или результата, и то, что существует несколько альтернативных способов ее достижения. Данный анализ рассматривает только затраты и выбор наименее затратного способа получения выгоды.

В.30.5 Выходные данные

Выходными данными анализа затрат и выгод является информация об относительных затратах и выгодах различных вариантов выбора или действий. Она может быть выражена количественно в виде чистой приведенной стоимости (NPV), внутренней нормы окупаемости (IRR) или в виде соотношения текущей величины выгоды к текущей величине затрат. В качественном выражении выходные данные обычно представляют собой сравнительную таблицу затрат и выгод различных типов с указанием оптимальных соотношений.

В.30.6 Преимущества и недостатки

Анализ затрат и выгод имеет следующие преимущества:

- позволяет сравнивать затраты и выгоды с применением единой меры — денежного выражения;
- обеспечивает прозрачность принятия решения;
- требует сбора подробной информации обо всех возможных аспектах решения, что позволяет выявлять как неосведомленность, так и осведомленность при обмене информацией.

Метод имеет следующие недостатки:

- количественный анализ затрат и выгод может давать существенно различные результаты, в зависимости от методов, применяемых для определения экономических значений для неэкономических выгод;
- в некоторых случаях вызывает затруднения определение коэффициента пересчета для будущих затрат и выгод;
- выгоды, которые распространяются на большие группы населения, вызывают трудности при оценке, особенно те, которые относятся к общественному благу, которое не является объектом рынка;
- практика пересчета будущих выгод и затрат показывает, что выгоды, достигаемые в отдаленном будущем, незначительно влияют на принятие решение по причине выбранных коэффициентов пересчета. Метод становится непригодным для рассмотрения рисков, влияющих на будущие поколения, если не установлены коэффициенты пересчета, очень незначительно снижающие или не снижающие величины отложенной выгоды в денежном выражении.

В.31 Многокритериальный анализ решений (MCDA)

В.31.1 Общие сведения

Целью данного анализа является применение ряда критериев для обеспечения обобщенной оценки ценности совокупности вариантов. Общей целью является установление упорядочения по предпочтению имеющихся вариантов. Анализ включает составление матрицы вариантов и критериев, которые ранжированы и объединены для обеспечения общей оценки каждого варианта.

В.31.2 Применение

Многокритериальный анализ решений (MCDA) может применяться для:

- сравнения различных вариантов при проведении первоначального анализа, чтобы определить предпочтительные и возможные варианты и нежелательные варианты;
- сравнения вариантов, имеющих различные и иногда противоречивые критерии;
- достижения консенсуса по вопросу, в котором различные заинтересованные стороны имеют противоречивые цели или ценности.

В.31.3 Входные данные

Совокупность возможных вариантов для анализа. Критерии, основанные на целях, которые можно единообразно применять для всех вариантов, чтобы установить различия между ними.

В.31.4. Процесс

В общем случае, группа компетентных представителей заинтересованных сторон осуществляет следующий процесс:

- a) устанавливает цель(и);
- b) определяют признаки (критерии или показатели результативности), относящиеся к каждой цели;
- c) выстраивает признаки в иерархию;
- d) разрабатывает варианты, для которых необходимо осуществлять оценивание в соответствии с критериями;
- e) определяет значимость критериев и назначает соответствующие веса;
- f) оценивает альтернативные варианты с учетом критериев. Результаты могут быть представлены в виде матрицы оценок;
- g) объединяет множество оценок по отдельному признаку в единую комплексную оценку, учитывающую множество признаков;
- h) оценивает результаты.

Существуют различные методы, посредством которых можно определять вес каждого критерия, и различные способы объединения оценок по критериям для каждого варианта в единую оценку, учитывающую множество признаков. Например, оценки можно объединять в виде взвешенной суммы или взвешенного произведения, или используя анализ иерархий – методику определения весов и ранжирования, основанную на парных сравнениях. Все эти методы предполагают, что преимущество какого-либо критерия не зависит от значений других критериев. Там, где это предположение не соответствует действительности, применяют другие модели.

Поскольку оценки имеют субъективный характер, то целесообразно проведение анализа чувствительности для установления той степени, до которой весовые коэффициенты и оценки влияют на общий порядок предпочтительности среди вариантов.

В.31.5 Выходные данные

Упорядочение по результатам ранжирования вариантов осуществляется по убыванию предпочтительности. Если в процессе анализа была составлена матрица, в которой оси являются взвешенными критериями и оценками по критериям каждого варианта, тогда варианты, которые не соответствуют особо значимым критериям, могут быть исключены.

В.31.6 Преимущества и недостатки

Преимущества метода:

- предоставляет простую структуру для эффективного принятия решения и отображения сделанных допущений и выводов;
- способствует повышению управляемости проблем, сложных в отношении принятия решения, которые не могут быть решены посредством анализа затрат и выгод;
- может способствовать рациональному рассмотрению проблем, в отношении которых необходимо принимать компромиссные решения.
- может способствовать достижению соглашения между заинтересованными сторонами, имеющими различные цели и, следовательно, критерии.

Недостатки метода:

- подвержен влиянию предвзятого и неполного выбора критериев для принятия решения;
- большинство многокритериальных проблем не имеют окончательного или однозначного решения;
- алгоритмы расчета, по которым определяются веса критериев из установленных предпочтений, или объединяются различные мнения, могут скрывать истинную основу принятия решения.

Библиография

- IEC 61511 (все части) Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector (Безопасность функциональная. Контрольно-измерительные системы безопасности для обрабатывающей промышленности)
- IEC 61508 (все части) Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems (Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью)
- IEC 61882:2001 Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide (Исследования опасности и работоспособности (HAZOP). Руководство по применению)
- ISO 22000:2005 Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain (Системы менеджмента безопасности пищевых продуктов. Требования ко всем организациям в цепи производства и потребления пищевых продуктов)
- ISO/IEC Guide 51:1999 Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards (Аспекты безопасности. Руководство по их включению в стандарты)
- IEC 60300-3-11:2009 Dependability management – Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance (Менеджмент надежности. Часть 3-11. Руководство по применению. Техническое обслуживание, направленное на обеспечение надежности)
- IEC 61649:2008 Weibull analysis (Анализ Вейбулла)
- IEC 61078:2006 Analysis techniques for dependability – Reliability block diagram and Boolean methods (Методы анализа общей надежности. Блок-схема надежности и булевы методы)
- IEC 61165:2006 Application of Markov techniques (Применение методик Маркова)
- ISO/IEC 15909 (все части) Software and systems engineering – High-level Petri nets (Разработка программного обеспечения и систем. Сети Петри высокого уровня)
- IEC/DIS 62551:2011 Analysis techniques for dependability – Petri net techniques (Методы анализа общей надежности. Методы сетей Петри)
- IEC 61882:2001 Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide (Исследования опасности и работоспособности (HAZOP) – Руководство по применению)

Приложение Д.А
(справочное)

**Сведения о соответствии государственных стандартов
ссылочным международным стандартам**

**Таблица Д.А.1 – Сведения о соответствии государственных стандартов ссылочным международным
стандартам другого года издания**

Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта	Обозначение и наименование международного стандарта другого года издания	Степень соответ- ствия	Обозначение и наименование государственного стандарта
ISO Guide 73:2009 Менедж- мент риска. Словарь	ISO/IEC Guide 73:2002 Ме- неджмент рисков. Словарь. Руководящие указания по применению в стандартах	IDT	СТБ ИСО/МЭК Руководство 73-2005 Менеджмент риска. Термины и определения (ISO/IEC Guide 73:2002, IDT)

Заместитель директора БелГИСС
по техническому нормированию и стандартизации

А. Г. Лескова

Инженер 1-й категории ТО-10

О. А. Пашкевич

Инженер ТО-10

О. А. Власюк