

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

**А.А. Быков, В.Э. Зайковский**

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ОСНОВЫ  
УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ  
И БЕЗОПАСНОСТЬЮ НАСЕЛЕНИЯ  
И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Под общей редакцией члена-корреспондента РАН  
Н.А. Махутова

Томск  
Издательство ТУСУРа  
2022

УДК 330.131.7:658+331.453

ББК 30.692н6

Б95

Рецензенты:

**Акимов В.А.**, д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки Российской Федерации, гл. науч. сотр. ФГБУ «ВНИИ ГОЧС» МЧС России, вице-президент Российского научного общества анализа риска;

**Башкин В.Н.**, д-р биол. наук, проф., гл. науч. сотр. Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, руководитель исследовательской группы «Инновации и финансирование» Программного комитета «Устойчивое развитие» Международного газового союза;

**Голембиовский Д.Ю.** д-р техн. наук, проф., директор Департамента по управлению финансовыми рисками ПАО «Промсвязьбанк», проф. каф. исследования операций факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова;

**Шевченко А.В.**, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр. ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

**Быков, Андрей Александрович**

Б95 Методологические и прикладные основы управления рисками предприятия и безопасностью населения и окружающей среды : моногр. / А.А. Быков, В.Э. Зайковский ; под общ. ред. чл.-кор. РАН Н.А. Махутова. – Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2022. – 617 с. ISBN 978-5-86889-954-6

Большое внимание уделено прикладным аспектам применения методов анализа рисков при осуществлении производственной деятельности, а также обеспечения безопасности населения и окружающей среды. Приведена оценка для России приемлемости и допустимости уровней риска при реализации различных видов деятельности, рекомендации о допустимых пределах рисков, анализ подходов, с помощью которых можно произвести количественную оценку цены риска для жизни статистического человека. Показаны основные практически применяемые подходы, используемые при оптимизации затрат на снижение риска и связанного с ним ущерба для населения и окружающей среды, и методы определения экономически эффективных мероприятий по снижению риска.

Предназначена для специалистов по управлению рисками и страхованию, для студентов и аспирантов, проходящих обучение и подготовку по специальностям «Управление рисками» и «Страхование».

УДК 330.131.7:658+331.453

ББК 30.692н6

ISBN 978-5-86889-954-6

© Быков А.А., Зайковский В.Э., 2022

© Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2022

# Оглавление

Предисловие .....	5
Введение .....	10
Глава 1. ОБ ИСТОРИИ, ПОНЯТИЯХ, КОНЦЕПЦИЯХ И КЛАССИФИКАЦИИ РИСКОВ.....	19
1.1. Краткий исторический экскурс.....	19
1.2. Концепции риска и взаимоотношение понятий.....	44
1.3. Междисциплинарная наука о риске на пути к гармонизации понятий .....	63
1.4. Классификация рисков.....	82
Глава 2. МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ, АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ.....	98
2.1 Международные стандарты в области риск-менеджмента .....	98
2.2. Основы риск-менеджмента предприятия .....	125
2.3 Процесс управления риском по ISO 31000 .....	141
2.4 Нормативные и методические материалы по риск-менеджменту .....	161
2.5 Использование баз данных по авариям .....	185
Глава 3. ТЕХНОЛОГИИ ИДЕНТИФИКАЦИИ И АНАЛИЗА РИСКА .....	191
3.1. Характеристика качественных методов оценок опасностей.....	194
3.2. Характеристика качественных методов оценок опасностей, использующих количественные критерии.....	214
3.3. Метод барьерных диаграмм.....	269
3.4. Логико-вероятностные методы количественного анализа риска .....	291
Глава 4. ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ МЕТОДОВ АНАЛИЗА РИСКОВ ....	319
4.1. Анализ предаварийных ситуаций .....	319
4.2. Интегральная методология оценки риска ARAMIS (АРАМИС).....	329
4.3. Анализ статистических данных по авариям на опасных объектах и при транспортировке опасных грузов .....	375
4.4. Использование методик экспресс-оценки частоты аварий при осуществлении различных видов деятельности .....	394
Глава 5. КОНЦЕПЦИЯ ДОПУСТИМОГО (ПРИЕМЛЕМОГО) РИСКА И ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ РИСКА.....	426
5.1. Обзор подходов по установлению допустимых уровней риска.....	426
5.2. Уровень приемлемости риска .....	440
5.3. Зарубежные подходы к нормированию рисков .....	448
5.4. Решения о допустимости риска: пределы риска.....	456
5.5. Нормативные уровни риска: рекомендации для России .....	470
5.6. Подходы по установлению нормативных уровней рисков для территорий .....	478

Глава 6. О ПОДХОДАХ И МЕТОДАХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЦЕНЫ РИСКА.....	486
6.1. Экономическая оценка риска для жизни и здоровья человека .....	486
6.2. Социально-экономические исследования и исследования рынка труда.....	500
6.3. Определение цены риска на основе теории полезности .....	517
Глава 7. ОПТИМИЗАЦИЯ УРОВНЯ РИСКА И БЕЗОПАСНОСТИ .....	531
7.1. Оптимизационная цена риска .....	531
7.2. Анализ «затраты-риск» и «затраты-выгоды».....	538
7.3. Анализ эффективности затрат .....	545
7.4. Пример разработки программы мероприятий по повышению защищенности критически важных объектов.....	548
7.5. Пример разработки программы по оптимизации затрат на снижение риска (по данным ситуационного исследования в Самарской области)....	556
7.6. Проблемы управления риском на региональном уровне .....	573
7.7. К проблеме управления трансграничными рисками .....	586
Заключение .....	591
Литература .....	595

## Предисловие

Уважаемые читатели! Вашему вниманию предлагается монография известного российского ученого и специалиста в области теории риска, прикладной математики, риск-менеджмента и страхования, доктора физико-математических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, вице-президента Российского научного общества анализа риска Быкова Андрея Александровича и талантливого ученого, кандидата экономических наук, доцента Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, специалиста-практика в области построения системы управления рисками в рамках всего предприятия Зайковского Виктора Эдуардовича.

В книге обобщены и систематизированы работы авторов в области риск-менеджмента и обеспечения защиты населения и окружающей среды от техногенных и других источников опасности. Приведен кракий экскурс в историю теории управления рисками и страхования, становления науки о безопасности населения и окружающей среды в России, а также представлены мировой опыт и извлеченные уроки по формированию системы риск-менеджмента в рамках всего предприятия. Рассмотрены концепции риска в разных научных дисциплинах и взаимоотношение понятий, важных с точки зрения обеспечения безопасности населения России, в том числе понятий: риск, чрезвычайная ситуация, бедствие, катастрофа, риск, надежность и безопасность.

Проанализированы концептуальные подходы к общей и специфической классификации рисков. В рамках рассмотрения методологии оценки, анализа и управления рисками дан краткий обзор международных и национальных стандартов в области управления рисками и основы построения риск-менеджмента предприятия с точки зрения применения международных стандартов, нормативных документов и материалов, используемых для идентификации, анализа, оценки и управления рисками. Приведен краткий обзор существующих пакетов программных продуктов и баз данных по управлению рисками.

Рассмотрены технологии идентификации и анализа риска, а также качественные и количественные методы, применяемые при идентификации, оценке и анализе рисков. В том числе помимо традиционно применяемых методов «что будет, если...?» или анализа видов, последствий и критичности отказов (ФМЕСА), и анализа опасности и работоспособности

(HAZOP) следует выделить метод барьерных диаграмм безопасности. Кратко, но показательно с достаточным количеством примеров, рассмотрены логико-вероятностные методы количественного анализа риска, такие как методы построения и количественного анализа деревьев отказов (FTA) и методы построения и анализа деревьев событий (ETA).

Большое внимание уделено прикладным аспектам применения методов анализа рисков в операционной деятельности организаций, анализу влияния рисков при осуществлении производственной деятельности. В частности, рассмотрены методы анализа предаварийных ситуаций, анализа статистических данных по авариям на опасных объектах и при транспортировке опасных грузов, приведены проверенные на практике методики экспресс-оценки частоты аварий при осуществлении различных видов деятельности.

Вопросы управления рисками рассмотрены, и это немаловажно, не только в приложении к деятельности предприятий, но и обеспечения безопасности населения и окружающей среды. Приведен обзор подходов к установлению допустимых уровней риска, рассмотрены рекомендации Российского научного общества анализа риска по предельно допустимым уровням риска, в том числе по пределам индивидуального риска и социального риска, и даны рекомендации по приемлемости и допустимости уровней риска при реализации различных видов деятельности и по допустимым пределам рисков.

Важными проблемами, рассматриваемыми в данной монографии, считаю вопросы экономической оценки риска для жизни и здоровья человека при осуществлении хозяйственной деятельности предприятий и оптимизации затрат на снижение риска. При рассмотрении данных вопросов, с одной стороны, авторами дан краткий, но систематический анализ подходов к экономической оценке риска для жизни и здоровья человека, рассмотрены концепции альтернатив общей экономической теории и необходимости рассмотрения безопасности как экономического фактора, с другой – приведен краткий критический анализ социально-экономических исследований и исследований рынка труда, определения цены риска на основе международных сравнений, на основе теории полезности, в том числе на основе среднедушевого дохода и среднедушевого ВВП.

Следует отметить большой вклад авторов в развитие теории риска в области оптимизации мер безопасности и мероприятий, направленных на снижение риска, в обоснование актуарных подходов для оценки

стоимости статистической жизни человека. Впервые актуарный подход был применен одним из авторов – А.А.Быковым при теоретическом обосновании положений и рекомендаций, вошедших в Декларацию Российского научного общества анализа риска «Об экономической оценке жизни среднестатистического человека», принятой в 2007 году на заседании Президиума Общества. В дальнейшем автору удалось значительно продвинуть научное обоснование необходимости различения как минимум двух разновидностей показателя стоимости статистической жизни человека, а именно показателей оптимизационной и компенсационной стоимости жизни среднестатистического человека. Говоря о различиях показателей оптимизационной и компенсационной стоимости жизни среднестатистического человека, автор указывает и на разные теоретические подходы и методы, используемые для обоснования и установления количественных значений этих показателей. Они базируются соответственно на концепции альтернатив в экономической теории, теории полезности или благосостояния, сравнительном подходе (международных сопоставлениях). Применение разных методов, естественно, даст разные результаты. Поэтому очень важно понимать, что мы имеем дело с двумя показателями – оптимизационным и компенсационным, и обоснованно выбирать адекватный данному показателю метод. И здесь в основе применения разных методов может быть разделение по критерию целеполагания: в целях установления компенсационных выплат в случае смерти при чрезвычайных ситуациях более адекватными представляются оценки, получаемые при использовании определенных аннуитетных актуарных моделей и методов теории полезности, а для проведения экономических процедур оптимизации безопасности и риска результаты применения специальных актуарных моделей пожизненного страхования, социально-экономических исследований и исследований рынка труда. Именно такая дифференциация целеполагания впервые была отражена в рекомендациях 2007 года Российского научного общества анализа риска, вошедших в Декларацию «Об экономической оценке жизни среднестатистического человека».

Применение оптимизационной цены риска демонстрируется авторами при рассмотрении экономических задач управления рисками и оптимизации уровня риска и безопасности. Рассмотрены на конкретных примерах основные методы экономического оптимизационного анализа, такие как анализ «затраты-риск», «затраты-выгоды», анализ

эффективности затрат. Важными и рекомендуемыми для применения считаю примеры, приведенные в монографии, по разработке программы мероприятий по повышению защищенности критически важных объектов и анализу эффективности затрат, а также по разработке программы по оптимизации затрат на снижение риска (по данным ситуационного исследования в Самарской области). В частности, в примере по Самарской области продемонстрирована общая схема процедуры поэтапного многоуровневого экономического анализа риска для населения и окружающей среды при оптимизации затрат на обеспечение безопасности и снижение риска предприятиями области.

Отдельно следует выделить рассмотренные авторами проблемы управления риском на региональном уровне, в частности предлагаемые инновационные принципы непрерывно уменьшающихся рисков и экологического паритета. Авторами предложен формализм оптимизационной задачи управления безопасностью и риском для населения и окружающей среды с примером решения данной задачи как задачи нелинейного программирования, а также анализ получаемых решений в различных вариантах систем управления рисками.

При рассмотрении проблемы управления трансграничными рисками авторы приводят экономическое обоснование возможности применения принципа экологического паритета, что особенно актуально в нынешних условиях климатической повестки и предложения России по снижению углеродного следа до нуля к 2050 году.

Монографию можно рекомендовать не только для специалистов по управлению рисками и риск-менеджеров крупных промышленных и энергетических компаний, а также специалистов, занимающихся вопросами управления рисками в страховых компаниях, но и для лиц, принимающих решения по управлению рисками чрезвычайных ситуаций, управлению безопасностью в различных отраслях экономики, для менеджеров, принимающих решения по управлению рисками и страхованию.

В целом проделанная авторами работа заслуживает положительной оценки. Материал представлен в систематическом изложении и методически выдержан. Все это позволяет с достаточной долей уверенности утверждать и о возможности использования книги, например, в учебных курсах по управлению рисками, в том числе для студентов и аспирантов, проходящих обучение и подготовку по специальностям в области управления рисками и страхования.



эффективности затрат. Важными и рекомендуемыми для применения считаю примеры, приведенные в монографии, по разработке программы мероприятий по повышению защищенности критически важных объектов и анализу эффективности затрат, а также по разработке программы по оптимизации затрат на снижение риска (по данным ситуационного исследования в Самарской области). В частности, в примере по Самарской области продемонстрирована общая схема процедуры поэтапного многоуровневого экономического анализа риска для населения и окружающей среды при оптимизации затрат на обеспечение безопасности и снижение риска предприятиями области.

Отдельно следует выделить рассмотренные авторами проблемы управления риском на региональном уровне, в частности предлагаемые инновационные принципы непрерывно уменьшающихся рисков и экологического паритета. Авторами предложен формализм оптимизационной задачи управления безопасностью и риском для населения и окружающей среды с примером решения данной задачи как задачи нелинейного программирования, а также анализ получаемых решений в различных вариантах систем управления рисками.

При рассмотрении проблемы управления трансграничными рисками авторы приводят экономическое обоснование возможности применения принципа экологического паритета, что особенно актуально в нынешних условиях климатической повестки и предложения России по снижению углеродного следа до нуля к 2050 году.

Монографию можно рекомендовать не только для специалистов по управлению рисками и риск-менеджеров крупных промышленных и энергетических компаний, а также специалистов, занимающихся вопросами управления рисками в страховых компаниях, но и для лиц, принимающих решения по управлению рисками чрезвычайных ситуаций, управлению безопасностью в различных отраслях экономики, для менеджеров, принимающих решения по управлению рисками и страхованию.

В целом проделанная авторами работа заслуживает положительной оценки. Материал представлен в систематическом изложении и методически выдержан. Все это позволяет с достаточной долей уверенности утверждать и о возможности использования книги, например, в учебных курсах по управлению рисками, в том числе для студентов и аспирантов, проходящих обучение и подготовку по специальностям в области управления рисками и страхования.

Одновременно надеюсь увидеть дальнейшее серьезное развитие этого опыта в новых научных публикациях авторов, которые, несомненно, будут представлены для обсуждения на заседаниях Комиссии РАН по техногенной безопасности, конференциях, семинарах и совещаниях, в том числе Российского научного общества анализа риска. Они могут стать основой формирования соответствующего тома в многотомном издании «Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты» в соответствии с требованиями новой редакции (2021 г.) Стратегии национальной безопасности Российской Федерации.

*Член-корреспондент РАН,  
доктор технических наук, профессор,  
председатель Комиссии РАН по техногенной безопасности,  
Президент Российского научного общества анализа риска  
Н.А. Махутов*

*Риск и опасности в развитии цивилизации были, есть и будут.  
И нам придется приучать себя к мысли о необходимости  
жить под этим бременем. Но это означает лишь одно:  
человечеству необходимо научиться предельно  
снижать этот риск и опасность.*

*Академик РАН Н.Н. Моисеев*

## **Введение**

Человеческое сообщество в процессе своего развития стремится не только приумножить материальное благосостояние населения, но и обеспечить весь комплекс условий, создающих высокий уровень и высокое качество жизни. Составляющие этого комплекса включают соответствующий уровень здоровья, уровень духовных благ, уровень комфорта, безопасность и достаточную продолжительность жизни. Очевидно, что на разных стадиях социально-экономического развития приоритетные цели развития человеческого сообщества могут быть разными. Например, при очень низком развитии производительных сил, когда люди живут бедно, основной целью развития является только повышение материального благосостояния, т.е. обеспеченность пищей, одеждой, жильем. Может быть и другая ситуация, когда, например, регион проживания людей подвергается природным опасностям, в том числе периодическим наводнениям, или расположен в зоне воздействия каких-нибудь опасных техногенных объектов, например атомной станции или химического предприятия, или подвергается непрерывным вторжениям со стороны агрессивного соседа. Естественно, что в этом случае заботы будут связаны с обеспечением безопасности. При достаточно высоком уровне социально-экономического развития, когда уже не стоит проблема недоедания и потребления других жизненно необходимых продуктов, и когда нет серьезных опасений за безопасность, на первый план могут быть выдвинуты духовные и культурные ценности, развитие рекреационных зон и др.

Поэтому сформулировать единую универсальную цель построения стратегии социально-экономического развития общества достаточно сложно и практически недостижимо. Эта цель может быть определена как локальная, соответствующая конкретным потребностям и проблемам, имеющим место в регионе, стране, объединении государств на рассматриваемом отрезке времени. И определение такой цели – это в значительной степени прерогатива соответствующих властей, хотя

выбираться она может, и должна, с учетом специальных исследований, опроса общественного мнения, экспертных оценок специалистов. То есть, в конечном счете, выбор приоритетных направлений развития – это проблема принятия решений соответствующими управляющими органами.

Частным, но чрезвычайно значимым аспектом социально-экономического развития общества является аспект безопасного развития. Проблема безопасности часто становится центром внимания и беспокойства общества, особенно вследствие возникновения какой-либо чрезвычайной ситуации, повлекшей за собой гибель значительного числа людей либо достаточно крупный материальный или экологический ущерб. Поэтому в рамках определения стратегии и направлений социально-экономического развития вопрос о критериях безопасности приходится выделять в самостоятельную проблему, даже если острота этой проблемы в конкретном регионе и не столь велика.

Одно из определений безопасности характеризует безопасность как существование в условиях приемлемого риска, то есть сводит понятие безопасности к понятию приемлемого риска. Такой подход позволяет количественно оценить уровень безопасности и разрабатывать методы управления безопасностью, устанавливая тем или иным способом уровень приемлемости риска в данном регионе и вырабатывая меры по его обеспечению. Под приемлемым риском понимается такой уровень риска, который был бы оправдан с точки зрения экономических, социальных и экологических факторов. То есть приемлемый риск – это риск, с которым общество в целом готово мириться ради получения определенных благ в результате своей деятельности. Для того чтобы понять, с чем общество должно мириться, нужно прежде всего классифицировать различные опасности и связанные с ними риски. То есть понятия риска и безопасности оказываются тесно связанными, и критерии безопасности могут в этом контексте определяться как соответствующие приемлемые риски. В конечном счете, вся эта совокупность приемлемых рисков должна обеспечить приемлемость индивидуального риска для человека погибнуть, потерять здоровье (что приводит к сокращению продолжительности и качества жизни) или потерпеть материальный ущерб в результате различных воздействий непосредственно на человека и его имущество или опосредованно – через воздействие на окружающую среду.

Общепринятой, по крайней мере до начала 1970-х годов, во всех странах мира была политика обеспечения безопасности человека и

окружающей среды от техногенной опасности, ориентированная на достижение «абсолютной» безопасности. Такого рода представления о безопасности в практике политиков и законодателей становились во многих случаях основой для принятия решений, в которых стандарты и нормы безопасности устанавливались не на научной основе, а исходя из соображений выгоды той или иной группы людей и под влиянием обстоятельств. Тем самым, поскольку ресурсы общества всегда ограничены, создается режим наибольшего благоприятствования для развития какой-либо одной сферы деятельности за счет подавления других сфер социально-экономического развития, в результате чего общество в целом оказывается беднее, а общий уровень безопасности для его членов падает. Следствием этого является неоправданная потеря большого числа жизней среди населения, которые могли бы быть спасены в случае использования этих же ресурсов для повышения безопасности в других видах деятельности.

Между тем, практический опыт и научные исследования привели к концу 1970-х годов к пониманию *невозможности создания «абсолютно» безопасных технологий* и вследствие этого несоответствия концепции «абсолютной безопасности» реальной действительности, в которой всегда остается элемент случайности, могущий привести к нежелательным последствиям. Поэтому в большинстве развитых стран мира в начале 1980-х годов начался процесс, направленный на разработку новой политики в области обеспечения безопасности человека и окружающей его среды – политики, основанной на концепции **приемлемого риска**, базирующейся на следующих *основополагающих принципах*:

- формирование качественно новой цели безопасности, ориентированной на улучшение состояния здоровья каждого человека, общества в целом и улучшение качества окружающей среды;
- разработка методов количественной оценки факторов опасности, основанных на методологии анализа риска;
- разработка методов количественной оценки безопасности, основанных на показателях состояния здоровья человека, качества жизни и качества окружающей среды;
- разработка методов определения приемлемого баланса между риском и выгодами от той или иной деятельности, основанных на оценке социального предпочтения и экономических возможностей человека и общества, экологических ограничениях среды их обитания;
- переориентация системы контроля за состоянием безопасности: от контроля, сконцентрированного главным образом на факторах

опасности, присущего политике абсолютной безопасности, – к контролю главным образом за воздействием этих факторов на человека и окружающую его среду, сохраняя при этом, конечно, и контроль за факторами опасности.

Применение на государственном уровне методологии анализа и управления риском может служить тем научным фундаментом, на котором строится практическая деятельность по повышению промышленной безопасности, экологической безопасности территорий и населения, проживающего в районах, насыщенных промышленными объектами, главным образом химической индустрии, газо- и нефтеперерабатывающих заводов.

Нормативно-экономическая модель управления риском, основанная на *концепции приемлемого риска* и использующая нормативные пределы риска аварийного и систематического воздействия на население и окружающую среду, впервые была принята и успешно осуществляется в Нидерландах уже на протяжении многих десятилетий. Началом ее применения в практической деятельности на государственном уровне можно считать 1988 год, когда впервые была принята государственная политика управления риском воздействия на население и окружающую среду и правительством Нидерландов был опубликован Меморандум «Курс национальной политики по защите окружающей среды» (To Choose, 1988; Kamer, 1988–1989), содержащий стратегию экологической политики, направленной на достижение безопасного устойчивого развития. Этой стратегии в целом придерживаются в Нидерландах вплоть до настоящего времени, её отдельные составляющие непрерывно совершенствуются в процессе накопления новых знаний и данных.

Голландский подход в последнее время получил широкое распространение в зарубежной практической деятельности по обеспечению безопасности и управлению риском. Основой используемого в зарубежной практике нормативного подхода является введение понятия «недопустимого» (или «чрезмерного») уровня риска. Определение области «недопустимого» (или «чрезмерного») риска изначально было основано на формулировке понятия о максимально или предельно допустимом уровне риска для индивидуума. Предельно допустимый уровень риска должен быть достаточно низким, чтобы это не вызывало какого-либо беспокойства индивидуума. Соответственно, установление конкретного численного значения для предельно допустимого уровня риска – это,

в первую очередь, социальная проблема, решение которой входит в компетенцию социальных наук и политики. Естественно, что ее решение основывается на стремлении установить конкретное численное значение для величины предельно допустимого уровня риска на таком низком уровне, какой технически достижим. Однако при этом учитывается, что такое стремление, как показывают практика и расчеты, связано с очень большими экономическими затратами на снижение риска, которые в конечном итоге, как правило, ведут к нерентабельности самой хозяйственной деятельности. В силу этого при установлении конкретного численного значения для предельно допустимого уровня риска, отдавая приоритет социальным аспектам проблемы, учитывают и уровень экономического развития, достигнутого в социально-экономической системе. Принятое конкретное значение для предельно допустимого уровня риска, как обязательное условие, должно соответствовать социальным требованиям и в то же время обеспечивать жизнеспособность дальнейшего развития экономики рассматриваемой социально-экономической системы. Более высокий уровень экономического развития позволяет установить более низкие значения для предельно допустимого уровня риска.

При этом следует подчеркнуть, что при введении предельно допустимого уровня риска целью является не ограничение воздействия на индивидуума отдельного источника опасности, а установление предела для индивидуального риска от воздействия всех источников опасности, обусловленных хозяйственной деятельностью общества. Предельно допустимый уровень риска для индивидуума должен быть независим даже от тех или иных возможных экономических и социальных преимуществ того или иного вида хозяйственной деятельности для общества в целом. Соответственно, уровень индивидуального риска, превышающий предельно допустимый уровень, должен рассматриваться как чрезмерный.

Таким образом, выделяются три области риска в соответствии с т.н. «принципом светофора»:

- **область чрезмерного риска (красная область):** любая деятельность, характеризующаяся для какого-либо индивидуума уровнем риска из этой области, недопустима, если даже она выгодна для общества в целом;
- **область пренебрежимого риска (зеленая область):** любая деятельность с уровнем риска из этой области постоянно не контроли-

руется регулирующим органом, осуществляется периодический мониторинг;

- **область приемлемого риска (желтая область):** любая деятельность с уровнем риска из этой области является объектом контроля для регулирующего органа. Уровень риска, приемлемый для той или иной деятельности, определяется исходя из экономических и социальных аспектов в соответствии с принципами управления риском.

Другими словами, любая практическая деятельность, подвергающая жизнь того или иного индивидуума чрезмерному риску, является недопустимой. Ее внедрение в практику возможно только при условии принятия технических или организационных мер, позволяющих снизить уровень рассматриваемого риска до величины, предельно допустимой. Любая деятельность с таким низким уровнем риска, который попадает в область пренебрежимого риска, является безусловно приемлемой и не требующей каких-либо дополнительных усилий для снижения обусловленного ею риска. Соответственно, считается, что практическая деятельность с таким уровнем риска может не контролироваться соответствующими органами, надзирающими за уровнем безопасности.

В настоящей работе далее будет представлен обзорный анализ международного и отечественного опыта оценки и управления рисками, общие и частные определения и показатели риска, а также показатели риска, применяемые в практической деятельности по управлению риском, в том числе на государственном уровне. На основе обобщения практического опыта исследований и проделанных оценок риска в различных отраслях промышленности, энергетики и транспорта будут представлены рекомендации по технологиям идентификации и анализа рисков, методическим подходам по проведению экспресс-оценки рисков, использованию технологии барьерных диаграмм и другие методологические вопросы управления рисками.

При проведении экономической оптимизации риска к одной из центральных проблем можно с уверенностью отнести задачу определения цены риска – экономической оценки риска для здоровья и жизни человека, причем не только риска, связанного с аварийным воздействием на население техногенных источников опасности, но и риска, обусловленного систематическим воздействием на здоровье загрязненной окружающей среды. Следует отметить, что экспертные оценки вклада экологического фактора на заболеваемость и смертность населения сильно



варьируются: от малых долей процента до 50–60 % (Быков, Ревич, 1999). Крайние суждения легко объяснимы, поскольку работ по установлению статистически достоверных количественных взаимосвязей между загрязнением окружающей среды и состоянием здоровья населения не столь много, но даже имеющиеся представляют большой диапазон неопределенности. В частности, по данным, указанным в работе (Aunan, 1996), начиная с середины 1960-х гг. в странах Восточной и Центральной Европы по сравнению со странами Западной Европы, наблюдается ухудшение состояния здоровья и снижение средней продолжительности жизни. Основными причинами этого являются, возможно, такие основные факторы, как рацион питания, злоупотребление табаком и алкоголем, но в то же время, установлено, что загрязнение воздуха также играет важную роль, что подтверждается результатами других исследований (Feachem, 1994; World Bank, 1993; Быков, Ревич, 1999; Ревич, Быков, 1998).

Цена риска является основой концепции социально-экономического ущерба от потерь здоровья и жизни у населения, подвергающегося воздействию в результате техногенных аварий или вследствие систематического загрязнения окружающей среды. Как будет показано в работе, главными методами для оценки цены риска следует признать методы оценки готовности платить, обоснованно вытекающие из общей экономической теории. Будет также приведен краткий обзор количественных оценок цены риска для жизни среднестатистического человека, сделанных отечественными и зарубежными авторами, с использованием социально-экономического анализа предпочтений потребителей и исследований рынка труда, предложен количественный диапазон значений цены риска для здоровья и жизни, который может быть рекомендован для использования в России при проведении экономических оценок, оценки эффективности и оптимизации затрат на снижение риска.

В целом можно констатировать, что накопленный зарубежный и отечественный опыт по решению задачи обеспечения защиты здоровья и жизни человека в процессе хозяйственной деятельности свидетельствует, что методология анализа и управления риском, которая с 80-х годов XX столетия является теоретической основой формирования государственной политики, прежде всего в области промышленной и экологической безопасности, во многих развитых странах мира, представляется наиболее надежным аналитическим инструментом, позволяющим научно

обоснованно определить степень риска для здоровья и жизни человека и на данной базе провести ранжирование источников и факторов опасности по степени их значимости и, тем самым, очертить приоритеты управления риском, направления экономически эффективной деятельности по оптимизации уровня риска и возможностей его минимизации (Быков, Кудрявцев «Экономические...», 1997; Быков, Мурзин, 1997; Новиков, Порфирьев, Быков «Методология...», 1999; Оценка, 2003; Региональные, 2004).

В то же время одним из важных, но и наиболее противоречивых вопросов во многих исследованиях по анализу, управлению риском, оценке ущерба является экономическая оценка риска для здоровья и жизни человека. Этот вопрос является актуальным, так как нормативно-экономический показатель, который задает экономическую оценку риска для здоровья и жизни человека и который в дальнейшем для краткости будем называть ценой риска, служит экономическим регулятором уровня безопасности (Быков, «Цена риска...», 2014). Кроме того, во многих случаях стоимость риска для здоровья и жизни является относительно большой величиной в сравнении со стоимостью других видов риска (других последствий). Например, проведенные еще в 90-х годах прошлого столетия исследования последствий, связанных с работой угольных ТЭС в европейских странах (European Commission, 1995) и в России (Афанасьев, 1998; 1999) показывают, что более 90 % из них, которые удается оценить в экономических показателях, относятся к риску для здоровья человека.

Поэтому, при проведении экономической оптимизации риска к одной из центральных проблем можно с уверенностью отнести задачу определения цены риска – экономической оценки риска для здоровья и жизни человека, при этом не только риска, связанного как с аварийным воздействием на население техногенных источников опасности, но и риска, обусловленного систематическим воздействием на здоровье загрязненной окружающей среды.

Обозначенные проблемы занимают важное место в данной работе. В то же время будет уделено внимание задачам и особенностям управления рисками, в частности возникающим при управлении проектными рисками или при создании системы управления рисками на предприятии. Для полноты изложения будет дана также характеристика методов и моделей, применяемых при идентификации опасностей и рисков, анализе предаварийных ситуаций, проведении количественной оценки и анализа риска.

Однако прежде чем приступить к рассмотрению ключевых проблем, в том числе при построении нормативно-экономических моделей управления риском и безопасностью, и других обозначенных выше задач, кратко коснемся общих вопросов, связанных с историческими аспектами становления науки о риске и безопасности, проведем анализ понятийного аппарата и концепций риска и безопасности, применяемых в научных дисциплинах, а также рассмотрим подходы, применяемые при классификации рисков.

*То, что сегодня происходит в лабораториях мира, на представительных форумах и в сфере политики, должно привести к новому этапу научно-технической революции, который чаще всего называют технологическим. На этом этапе на первый план выдвигаются не просто задачи создания новой или тиражирования старой техники, не вопросы «что и сколько», а вопросы «как, зачем, с каким материальным и социальным риском».*

*Академик РАН В.А. Легасов*

## **Глава 1. ОБ ИСТОРИИ, ПОНЯТИЯХ, КОНЦЕПЦИЯХ И КЛАССИФИКАЦИИ РИСКОВ**

### **1.1. Краткий исторический экскурс**

Риск и опасности в развитии цивилизации были, есть и будут. С рисками человечество сталкивается на протяжении всей своей истории, прогрессивное развитие которой в определенном смысле можно сопоставить с борьбой человечества с опасностями (стихийными бедствиями и природными катастрофами, болезнями, неурожаями и т.д.), а значит – рисками. Если заглянуть в историю, то можно увидеть, что человечество постоянно искало способ подготовиться к будущим возможным неприятностям, которые могли исходить от воинственного соседа, неурожая или разгула стихии. Создавались резервы зерна, строились дамбы, а когда появились деньги – накапливался резерв на «черный день».

#### **Риск и страхование: немного истории**

Ранние стадии развития методов управления рисками связаны главным образом со страхованием как одним из главных экономических механизмов управления риском. Страхование – это система финансовых перераспределительных отношений, направленных на создание денежного (страхового) резерва за счет взносов его участников, из средств которого возмещается ущерб, причиненный физическим и юридическим лицам в результате аварий, стихийных бедствий, несчастных случаев и других страховых событий.

Исследования по анализу и управлению риском в приложении к страхованию ведутся достаточно давно, по крайней мере с конца XVII века, если за точку отсчета выбрать первые составленные Э. Галлеем

актуарные таблицы продолжительности жизни. Практическое же зарождение страхования жизни прослеживается в Римской империи, а страхование морских грузов — даже в Вавилоне за IV–III тыс. лет до н.э., но современные формы этот вид предпринимательской деятельности стал приобретать в XIV веке во времена активного развития морской торговли. Возникшее во Франции в XVII веке страхование от огня постепенно стало распространяться по всей Европе. Историческим моментом многие считают появление в Англии в конце XVII века синдиката «Ллойд», который позднее превратился в крупнейшую в мире страховую и перестраховочную корпорацию.

Разные формы объединений для «борьбы» с возможными потерями существовали в Киевской Руси, однако первое страховое учреждение возникло в XVIII веке. 23 декабря 1786 года Манифестом Екатерины II при Государственном Заемном Банке была образована страховая экспедиция. Манифест предусматривал страхование различных зданий и сооружений при осуществлении кредитных операций. В начале XIX века в России появились первые акционерные страховые компании, общества по страхованию жизни. Со второй половины XIX века акционерные компании, ориентированные прежде всего на крупных предпринимателей и владельцев недвижимости, были во многих городах России. Активно развивались общества взаимного страхования, образованные представителями малого и среднего бизнеса, а в провинции образовывались земские страховые общества. С развитием промышленности в конце XIX – начале XX века стали появляться элементы страхования технических рисков, был образован Страховой союз фабрикантов, по существу представлявший собой общество взаимного страхования.

После Октябрьской революции страховые компании были национализированы, самостоятельность сохранило только страхование кооперативной собственности. Был утвержден Декрет СНК РСФСР от 06.07.1922 «О государственном страховании». С 1 октября 1929 года было введено обязательное страхование в промышленности, которое распространялось почти на все имущество государственных учреждений и предприятий, состоявших на хозрасчете или местном бюджете, страхованием занимался специальный отдел, созданный в Промстройбанке. В 1926 году было введено добровольное страхование пассажиров (в 1931 году оно стало обязательным). В дальнейшем для проведения страховых операций была создана государственная компания Госстрах. С этого момента страхование

в его классическом виде перестало существовать и превратилось в еще один фискальный институт государства. Достаточно сказать, что до 95 % прибыли Госстраха перечислялось в государственный бюджет. Возрождение страхового дела в СССР, а затем в России началось с принятием Закона о кооперации в конце 1980-х годов, стали появляться самостоятельные страховые компании, но реальный страховой рынок стал развиваться только после принятия специального Закона Российской Федерации «О страховании». С этого момента стало стремительно расти число компаний, значительно увеличился перечень страховых услуг.

К настоящему моменту отечественная законодательная база страхования существенно расширилась, и страхование начинает играть все более заметную роль в экономике России. С принятием нового Федерального закона Российской Федерации от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте», который вступил в силу 1 января 2012 г., на государственном уровне был сделан определенный шаг вперед по развитию экономических механизмов управления риском, к которым относится, в частности, метод передачи риска – страхование (Быков «Закон...», 2011).

Обязательное страхование гражданской ответственности владельцев опасных объектов, по мнению страховщиков, позволит не только реально защитить имущественные интересы граждан и юридических лиц за счет гарантий компенсационных выплат за причиненный ущерб, но и экономически стимулировать меры по повышению уровня безопасности опасных объектов, в том числе за счет стремления владельца объекта улучшить условия страхования и принимаемых им мер, в конечном итоге влияющих на уменьшение страховых премий. К факторам такого стимулирования следует отнести наличие дополнительного понижающего коэффициента к страховой премии, определяемого на основании оценки уровня безопасности опасных объектов. Закон распространяется не только на опасные производственные объекты и гидротехнические сооружения, но также на многочисленные объекты, не подлежащие обязательному декларированию, такие как газораспределительные сети, в том числе межпоселковые и ряд других. Общее число опасных объектов, подпадающих под юрисдикцию закона, по разным оценкам составляет 350–370 тысяч. Десять лет велись жаркие споры о том, каким законом быть и быть ли вообще. И вот он был принят, причем последней каплей,

перевесившей чашу весов в пользу его принятия, послужила авария на Саяно-Шушенской ГЭС.

Страхование в развитых странах является одним из важнейших финансовых институтов. Кроме выполнения своей прямой задачи – возмещения ущерба, страховые компании наряду с банками являются источниками инвестиций для крупных национальных и международных проектов. Риск, как основа страхового дела, стал в современном обществе полноправным товаром, который можно купить, продать или обменять. Страхование стало неотъемлемой частью любого бизнеса и различных сторон повседневной жизни.

Накопив богатый опыт в страховании классических рисков (надежная статистика, число возможных объектов страхования велико, последствия некатастрофичны), мировая страховая индустрия подошла к проблеме тяжелых и катастрофических рисков, которые прежде всего связаны с катастрофическими природными явлениями и тяжелыми авариями на сложных технических системах. Именно здесь проявляется роль страхования как одного из экономических способов управления риском. При достаточно высоком уровне экономического развития страхование начинает играть роль системы раннего оповещения, поскольку выполняет функции отбора рисков, приемлемых для страхования и перестрахования. Риск может быть взят на страхование, если проявления его носят случайный характер, ущерб оцениваем и сопоставим с резервами страховой компании или их объединений. Страхуемость рисков в определенной степени есть визуализация приемлемости риска, выраженная в экономической форме.

### **Управление рисками: немного истории**

Управление рисками как специфический вид деятельности появляется лишь в конце XIX века. Именно тогда, с возникновением и развитием новых средств передвижения, со строительством крупнейших промышленных предприятий, возникла необходимость управления рисками. Первый план управления рисками был составлен в США в 1890-х годах для компании, занимавшейся строительством железной дороги. Однако до второй мировой войны управление рисками не нашло широкого применения.

Теоретические исследования риска активизируются в первой половине нашего века, в первую очередь, конечно, в страховании, а также

в таких областях экономической теории, которые охватывают проблемы инвестирования капитала, финансовых потоков, валютных операций и игры на рынке ценных бумаг, определения устойчивости компаний, стратегии развития бизнеса и др.

Во второй половине XX столетия методы анализа риска начинают постепенно проникать в другие прикладные области науки. Развитие новых технологий в промышленности и энергетике привело к созданию и широкому практическому применению разнообразных сложных технических систем, таящих в себе потенциальную опасность аварий крупного масштаба. Поэтому актуальность управления рисками как самостоятельного вида деятельности начинает значительно возрастать с середины XX века, когда резко обозначились как технические, так и экономические риски, связанные с широким развитием транспорта, строительства и освоением крупнейших индустриальных производств, появлением новой дорогостоящей техники, внедрением прогрессивных технологий, созданием сложных технических систем в промышленности и энергетике. Начались исследования по анализу техногенного риска сначала применительно к ядерно-техническим установкам, позднее к объектам химической промышленности и ракетно-космической технике. После ряда крупных аварий, приведших к загрязнению окружающей среды и многочисленным человеческим жертвам, интенсивно стало развиваться направление исследования риска для здоровья и окружающей среды. В актуарной науке начали разрабатываться новые подходы к анализу и управлению риском, прежде всего в перестраховании, где происходит постепенное соединение классических актуарных подходов с методами анализа и управления финансовым риском. Развитие теории динамических систем в последние десятилетия открывает перспективу для разработки абсолютно новых направлений в исследованиях по анализу риска.

В середине 70-х годов прошлого века риск-менеджмент уже закрепляется как профессиональный вид деятельности, но вплоть до конца века риск-менеджмент в основном ассоциировался с управлением определенными видами рисков, прежде всего финансовыми и страховыми, реже – производственными (Чернова, Кудрявцев, 2003). О необходимости управления рисками активно заговорили после ряда скандалов в банковской и финансовой сфере, которые определили огромные потери, понесенные в первую очередь финансовыми институтами, и к концу XX века уже можно наблюдать превалирование точки зрения об универсальном



характере соответствующей методологии, что обусловило ускорение в развитии риск-менеджмента, распространение методологии управления рисками на новые сферы деятельности, дало начало созданию стандартов риск-менеджмента.

## Наука о безопасности и риске в России

Исследования по анализу риска, управлению риском *в нашей стране* долгое время не развивались или развивались локально, усилиями отдельных ученых или небольших групп, и происходило это вопреки официальной идеологии советского периода. Даже *на сам термин «риск» накладывалось вето*, за исключением известных в медицине групп риска. Исследования по анализу риска, управлению риском и безопасностью так же, как в свое время генетика и кибернетика, оказались в то время на обочине серьезной науки.

Организационное начало становлению науки о риске в нашей стране было положено в конце 60-х – 70-х годах прошлого столетия, когда в стране доминирующей, все подавляющей была официальная идеология *«абсолютной безопасности»*, венцом реализации которой стала Чернобыльская катастрофа. Считается, что начало этому реформированию философии безопасности положил трагически ушедший из жизни во вторую годовщину Чернобыльской аварии академик Валерий Алексеевич Легасов, активно участвовавший в этом движении и как ученый, и как организатор науки и образования. За несколько лет до Чернобыльской катастрофы, основываясь на анализе аварии на американской АЭС «Три-Майл-Айленд» в 1979 году, В.А. Легасов и его единомышленники выступили с предложением о разработке новой **методологии безопасности ядерной энергетики**, основанной на концепции «приемлемого» риска и исключая ведомственные интересы. В статье, опубликованной ими в 1980 г. в журнале «Природа» (Легасов, Бабаев, Кузьмин, 1980), говорилось: *«При определенных обстоятельствах, несмотря на наличие мер безопасности, на АЭС возможно возникновение условий для аварии с повреждением активной зоны и выбросами в атмосферу определенного количества радиоактивных веществ»*. Это утверждение вызвало неприятие не только со стороны административно-бюрократического аппарата, но и многих ученых и конструкторов, специалистов в области ядерной энергетики.

Еще в 70-е годы прошлого столетия В.А. Легасов, одним из первых в нашей стране, поставил задачу обеспечения безопасности населения и окружающей его среды на уровень важнейшей научной проблемы, сформулировал направления и программу научных исследований в этой области, начал подготовку научных кадров для работы в этой сфере человеческой деятельности. В частности, именно по его инициативе в начале 1980-х годов была создана лаборатория мер безопасности в Институте атомной энергии им. И.В. Курчатова. Тогда это была первая в стране специализированная научная лаборатория, в которой центральное место отводилось решению теоретических проблем безопасности и риска. Конечно, была радиационная специфика в проблематике лаборатории, но многие из решаемых в то время задач, как показало время, могут быть легко адаптированы к анализу и управлению другими рисками.

Как писал проф. М.С. Сафонов (Сафонов, 2006): «Валерий Алексеевич определял коллективу только общее направление исследования. Выдвигаемые им задачи обязательно должны были быть впечатляющими, государственного масштаба; т.е. планку он сразу поднимал очень высоко, не всегда особенно беспокоясь, каким же именно образом эта планка будет преодолеваться. Поручения намеренно и в жесткой форме ставились «на вырост» ... у Валерия Алексеевича были продуманные принципы управления тем довольно значительным количеством научных групп и подразделений, с которыми он напрямую имел дело. Несмотря на его трудно измеримую научно-техническую эрудицию, приобретенную благодаря организационной деятельности в таком сложнейшем институте как ИАЭ им. И.В.Курчатова и многолетней работе в ВАКе, он почти никогда не высказывал своих личных соображений или даже замечаний по поводу конкретных способов решения той или иной задачи. Свою роль он определял в качестве катализатора научного действия. Он очень легко откликался (был чуток – по его собственному выражению) практически на любую новую идею или предложение; старался быстрее дать им ход, проверить в деле. Причем сила его реакции была обычно пропорциональна той активности, напору, с которым предложение выдвигалось, несмотря на то, что это могло быть даже прозрачно сомнительное предложение. Вероятно, он считал правильным давать принять дозревшую форму всему, что как-то заявляет о себе». Пожалуй, это единственно верный способ дать возможность развиваться новому направлению в науке, в частности – науке о безопасности и риске.

Немаловажная роль принадлежит В.А. Легасову и в становлении системы высшего образования по анализу и управлению риском, а также подготовки и переподготовки специалистов по безопасности. На возглавляемой им кафедре химической технологии химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова были введены новые специальные курсы по техногенной и экологической безопасности.

К настоящему времени многие ученые, начинавшие свою научную деятельность в области безопасности и риска вместе с В.А. Легасовым (акад. РАН Л.П. Феокистов, проф., д-р физ.-мат. наук И.И. Кузьмин, проф., д-р техн. наук А.Н. Проценко, проф., д-р хим. наук М.С. Сафонов) или параллельно с ним (д-р геол.-мин. наук А.Л. Рагозин, проф., д-р геогр. наук С.М. Мягков), к сожалению, также ушли из жизни. И многое из того, что ими было сделано, начинает предаваться забвению или вкладывается в уста новомодных ученых как собственное достижение. По этой причине в журнале «Проблемы анализа риска» была в свое время открыта рубрика «Чтобы помнили», в которой представляются либо обобщенные материалы о наиболее значимых достижениях ученых, творивших науку о безопасности и риске в первые годы ее становления, либо еще не опубликованные или малоизвестные работы. Академику В.А. Легасову была посвящена специальная подборка материалов в 2005 году (Том 2, № 2) и 2006 году (Том 3, № 1), подготовленная по материалам вдовы академика – Маргариты Михайловны Легасовой. Журнальная переработка предоставленного в распоряжение редакции архива позволила опубликовать в Томе 2, № 2 достаточно объемный материал, где наравне с научными статьями, посвященными проблемам безопасности и риска, заметками, размышлениями и прогнозами академика В.А. Легасова («Проблемы безопасного развития техносферы», «Мысли вслух из сегодня – в завтра», «В первом веке новой эры», «Наука не терпит одиночества»), впервые опубликованы несколько эссе его коллег (чл.-кор. РАН Л.Н. Сумарокова, акад. РАН Л.П. Феокистова и проф. М.С. Сафонова) вместе с сокращенным вариантом воспоминаний М.М. Легасовой «Крутые перевалы», вошедших в сборник (Легасов, 1996). В том же номере журнала воспроизведены две главы из до сих пор достаточно часто цитируемой работы (Легасов, Демин, Шевелев, 1984). Названия опубликованных статей соответствовали авторским названиям глав, а именно «Безопасность как экономический фактор. Цена риска» и «Дисконтирование и компромисс между поколениями».

После Чернобыльской аварии произошел кризис в системе взглядов на проблемы безопасности и риска. Стало очевидно, что требуется не косметический, а капитальный ремонт философии безопасности, а может быть даже построение новой науки о безопасности – на основе концепции приемлемого риска. Но даже после Чернобыльской аварии, которая произошла на фоне практически всеобщей убежденности в полной безопасности ядерной энергетики в СССР, методологические подходы, находящие свое отражение в нормативной базе безопасности атомных электростанций, менялись крайне медленно. Многие годы потребовались для осознания одного из основных положений, на которых настаивал В.А. Легасов (более подробно см. в: Быков, «О проблемах...», 2011): требования, выработанные при реализации политики приемлемого риска (например, нормативы состояния здоровья человека и качества окружающей среды), определяют те требования, которым должны соответствовать технические системы безопасности. При этом коренным образом должна измениться вся законодательная и исполнительная система управления безопасностью: концепция «реагировать и выправлять» нежелательные изменения в окружающей человека среде должна быть заменена на концепцию «предвидеть и предупреждать» такие изменения.

С позиций сегодняшнего дня в условиях постоянно растущего интереса к проблемам безопасности и риска наукой о безопасности уже рассматривается не просто смена парадигмы управления, но и предлагаются подходы, направленные на создание системы *комплексной безопасности человека* (Быков, «Приоритет...», 2011). Как пишет Ю.Л. Воробьев: «Как обеспечить нужный порядок в подходах к управлению безопасностью? Двадцать лет назад одновременно с созданием МЧС России мы предложили простой и, как показала практика, результативный подход к решению этой проблемы. Мы поставили в центр нашего внимания – человека. Комплексная безопасность человека и есть тот приоритет, от которого должна строиться вся архитектура безопасности. Только в этом случае не возникает ситуации, когда обеспечение какой-либо иной безопасности, например государственной, промышленной, информационной, военной и так далее, будет строиться во вред или вопреки интересам комплексной безопасности человека. **Приоритет безопасности человека должен быть абсолютным.** Только в этом случае можно построить эффективную систему обеспечения безопасности XXI века» (Воробьев, 2011).

Таким образом, несмотря на катастрофичность последствий чернобыльской аварии, шлейф которых ощущается и по сей день, она заставила по-новому взглянуть на проблемы обеспечения безопасности и не только в ядерной энергетике (Быков, «Негативные...», 2010). Можно сказать, что чернобыльская катастрофа дала мощный толчок развитию науки о безопасности и риске. Нечто подобное мы наблюдаем сейчас после ряда аварий последних лет (на Саяно-Шушенской ГЭС, в Мексиканском заливе, на АЭС Фукусима-1).

Несомненно, события в Японии на АЭС Фукусима-1 еще более ускорят поступательные движения в сторону создания системы комплексной безопасности человека. И хотя масштабы последствий аварии на Саяно-Шушенской ГЭС по сравнению с чернобыльской катастрофой несопоставимы, трагедия на Саяно-Шушенской ГЭС вызвала очень большой резонанс, что связано во многом с ощущением того, что Россия вошла в период крупных аварий и техногенных катастроф – это мнение высказывается специалистами различного профиля.

Как отмечалось в статье «Постиндустриальные риски России» Ю.Л. Воробьева с соавторами: «Никто уже скоро два десятка лет не занимается по-серьезному обновлением или просто поддержанием в приемлемом состоянии всей инфраструктуры бывшего народного хозяйства. И она, конечно, начала рушиться. Показатели аварийности в промышленности Российской Федерации примерно в сто раз превышают аналогичные показатели стран Европейского Союза» (Воробьев, Акимов, Соколов, 2009). В.В. Путин на заседании Президиума Правительства РФ 20 августа 2009 г. подчеркнул, что: «Недавние трагические события на Саяно-Шушенской ГЭС со всей очевидностью показали, как много нам еще нужно сделать для повышения надежности технических сооружений вообще и гидротехнических, в частности. Нужно провести серьезную ревизию всех стратегических и жизненно важных объектов инфраструктуры, отработать алгоритм их регулярной модернизации и контроля за техническим состоянием. В целом обеспечить качественное повышение технологической дисциплины в промышленности и других отраслях экономики». Отметим, что авария на Саяно-Шушенской ГЭС послужила той последней каплей, перевесившей чашу весов в пользу принятия нового Федерального закона Российской Федерации от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном

объекте», в котором страховые возмещения в случае причинения вреда жизни или здоровью потерпевшего достигают несколько миллионов рублей, что значительно выше существующей практики.

Этот процесс активизации развития науки о безопасности и риске после Чернобыльской катастрофы в конце XX – начале XXI века перешел в область практической реализации – новые законодательные и нормативно-методические документы в области безопасности, прежде всего радиационной, промышленной и экологической, уже реализуют идеи анализа и управления риском, и этот новый нормативно-правовой механизм постоянно совершенствуется. Активно воспринимают и внедряют методологию анализа и управления риском во многих министерствах и ведомствах. Прежде всего, следует отметить активность МЧС России, Росатома, Минздрава России, Росздравнадзора по развитию исследований риска и практическому внедрению их результатов. Методология анализа и управления рисками, как *эффективный инструмент поддержки принятия решений в условиях неоднозначности и неопределенности*, постепенно находит понимание в региональных, районных и городских администрациях и закрепляется местными законодательными и нормативно-методическими документами.

## **О подготовке профессиональных кадров**

Таким образом, в последние несколько лет в нашей стране научное направление, включающее исследование проблем безопасности во всех сферах жизнедеятельности, проблем оценки, анализа, прогнозирования и управления риском, активно и стремительно развивается. Происходит становление научных школ по анализу и управлению рисками с учетом специфики и особенностей риска: природного, техногенного, экономического, социального, экологического и др. Возникают специализированные кафедры в высших учебных заведениях, на которых профессиональную подготовку получают будущие специалисты по анализу и управлению риском, исследованию проблем безопасности, создаются профессиональные объединения специалистов по риску – Российское научное общество анализа риска, Русское общество управления рисками и др., издаются специализированные журналы по риску – «Проблемы анализа риска», «Управление риском» и др., выпуск научной, учебной, научно-популярной литературы по проблематике анализа и управления

риском испытывает в некотором смысле «бум» как в нашей стране, так и за рубежом.

Благодаря значительному прогрессу, достигнутому в последние десятилетия в области исследований риска, это новое междисциплинарное научное направление, практически выделилось в самостоятельную дисциплину, что есть не просто дань моде, а жизненная необходимость, predetermined современными реалиями и тенденциями развития мирового сообщества. В ходе развития междисциплинарных исследований риска в мире и в нашей стране сформировалось научное сообщество *специалистов по риску*, чему в немалой степени способствовало создание международной системы профессиональных обществ по анализу риска, риск-менеджеров, актуарных обществ и ряда других, которые организуют конференции, симпозиумы и семинары, издают специализированные журналы, учебную и научную литературу по проблемам риска, способствуют становлению системы образования, подготовки в высшей школе, переподготовки и/или повышения квалификации специалистов-исследователей в области анализа и управления риском. Профессионалы в области анализа риска, риск-менеджеры, как показывает мировой опыт, становятся все более востребованными во многих отраслях, работа в которых приносит им стабильный и высокий доход. Перспективность развития системы образования по таким специальностям и/или специализациям связана с постоянно возрастающей потребностью банков, страховых и инвестиционных компаний, промышленных, энергетических и транспортных объектов, коммерческих организаций и даже политических партий и движений в профессиональных специалистах по анализу риска и риск-менеджерах.

Несмотря на то, что риск-менеджмент появился в отечественной практике не так давно, он уже заслужил уважение со стороны многих крупных российских компаний. Крупные российские предприятия все чаще идут по пути внедрения систем управления рисками, но статус риск-менеджмента и риск-менеджера как специалиста в России еще недостаточно высок. Хотя еще в 2015 году Министерство труда и социальной защиты РФ своим приказом № 591н от 7 сентября 2015 г. утвердило профессиональный стандарт «Специалист по управлению рисками», разработанный экспертами РусРиска, и внесло профессию специалист по управлению рисками в классификационный справочник должностей и специальностей. В 2018 году была утверждена обновленная версия профстандарта (приказ Минтруда и соцзащиты РФ № 564н от 30 августа

2018 г.). С тех пор 7 сентября неформально отмечается как «День риск-менеджера».

Возможно, при подготовке профессиональных риск-менеджеров в нашей стране следует активнее использовать систему повышения квалификации, и в этом отношении полезным будет зарубежный опыт, где точно так же, как в традиционных профессиях, например бухгалтерском деле, реализуются программы профессионального обучения в дополнение к университетскому диплому. Аналогичные программы для практикующих риск-менеджеров уже реализуются в той или иной степени и постепенно завоевывают признание в ряде стран, в первую очередь в Австралии, Канаде, Южной Африке, Великобритании и США. Разработанные там официальные программы подготовки риск-менеджеров не заменяют собой существующие квалификации, они, скорее, являются тем «зонтиком», под которым может собраться все множество практикующих риск-менеджеров, чтобы получить признание общества в качестве профессионалов, у которых есть своя общая база знаний и строгий кодекс поведения (Быков, «Эффективное...», 2011; Найт, 2006).

### **Эффективное управление компанией и риск-менеджмент**

Последствия аварий последних лет свидетельствуют также об актуальности и необходимости внедрения или развития технологий риск-менеджмента в управлении компаниями, в том числе крупными компаниями промышленного и энергетического сектора.

Говоря о системе риск-менеджмента крупной компании, необходимо прежде всего определиться с вопросом о целесообразности самого управления рисками в компании, положительный ответ на который связан с осознанием того, что современный бизнес – динамичный и постоянно развивающийся процесс, где выиграть может лишь тот, кто умеет эффективно контролировать и управлять рисками в условиях конкурентной деловой среды. С другой стороны, растущая глобальная конкуренция, увеличение инвестиций в мировом масштабе, рост количества и объемов слияний ставят перед руководством любой компании вопросы об улучшении информированности с точки зрения рискованной позиции, а также производственной, финансовой и административно-хозяйственной деятельности компании.

Одним из важных конкурентных преимуществ любого предприятия на рынке является быстрая реакция на все изменения, касаются ли они



действия конкурентов или законотворчества государственных органов. Изменяются и усложняются факторы риска, открываются их новые, доселе неизвестные стороны и характеристики. Риски становятся многофакторными, междисциплинарными, обладают рядом сложных внутренних зависимостей. Новые компьютерные технологии и Интернет, сложные финансовые инструменты (главным образом, финансовые производные, иначе называемые деривативами), изменения и сдвиги в региональных климатических картах также ведут все большее количество компаний к осознанию целесообразности управления рисками в рамках всей компании и созданию специализированных служб риск-менеджмента в своих организационных структурах.

Нельзя сбрасывать со счетов и глобализацию как дополнительную причину потребности в построении системы риск-менеджмента в компании. Отметим, что немаловажную роль на становление риск-менеджмента оказывают изменения организационных структур в результате сокращений, реинжиниринга и слияний. Глобализация порождает новые угрозы для компании, приносит риск и неопределенность в процесс ее развития. Устойчивый экономический рост и постоянное бизнес-развитие становятся необходимой предпосылкой успешного функционирования крупных, в том числе транснациональных, компаний.

Кроме того, за последние годы выросли требования и к системе корпоративного управления в целом. Поэтому для многих предприятий, главным образом – крупных компаний, потребность в системе риск-менеджмента стала достаточно очевидна. Прописывать будущие возможные сценарии и определять границы опасности – вот те основные функции, которые возлагаются на квалифицированные службы риск-менеджмента со стороны руководства и топ-менеджмента компании в современной ситуации.

Построение формализованных систем управления рисками в России получило активное развитие в конце XX – начале XXI века в банковском секторе, что было обусловлено необходимостью исполнения банками требований регулятора, необходимостью внедрения международных стандартов, разработанных Базельским комитетом по банковскому надзору, в российском банковском секторе.

При этом для корпоративного сектора промышленных отраслей такого регулирования и воздействия со стороны государства, как в банковском секторе, в тот период не было, развитие системы управления

рисками в российских нефинансовых компаниях не было обязательным и носило скорее инициативный характер. Несмотря на это, ряд компаний, в том числе крупных, все-таки приступил к разработке и развитию у себя систем управления рисками.

Кризис 2008–2009 годов, а затем политические и экономические события 2014 года выявили острую необходимость внедрения на предприятиях механизмов управления рисками и ускорили процессы построения систем управления рисками на предприятиях нефинансового сектора. Как следствие, усиливается государственное регулирование деятельности банков и компаний с государственным участием, повышаются требования к корпоративному управлению в целом, в том числе к системам управления рисками.

10 апреля 2014 года Банк России информирует акционерные общества, государственные корпорации и компании об одобрении Советом директоров Банка России Кодекса корпоративного управления, одобренного Правительством Российской Федерации 13.02.2014, и рекомендует его к применению акционерными обществами, ценные бумаги которых допущены к организованным торгам. При этом Кодексом рекомендуется при создании системы управления рисками применять общепринятые концепции, стандарты и практики работы в области управления рисками и внутреннего контроля.

В 2014–2015 годах были осуществлены шаги на государственном уровне по построению систем управления рисками на предприятиях на основании поручений Президента Российской Федерации от 09.12.2014 по итогам совещания по вопросу повышения эффективности деятельности государственных компаний и Директивы Правительства Российской Федерации от 24.06.2015 представителям интересов Российской Федерации в акционерных обществах. В целях оказания содействия государственным корпорациям и компаниям, а также открытым акционерным обществам с участием Российской Федерации Росимуществом в 2015 году были разработаны методические документы, содержащие указания по подготовке базовых нормативных документов по развитию системы управления рисками. Добавились формальные основания для создания систем управления рисками в компаниях и образования отдельного структурного подразделения по управлению рисками.

Таким образом, процесс построения систем управления рисками в государственных компаниях и акционерных обществах с государственным

участием перешел в активную фазу развития (Быков, «О построении...», 2019).

Управление рисками компании сегодня – неотъемлемая часть эффективного корпоративного управления. Это процесс постоянного поиска путей снижения риска, который лучше всего встраивается в существующие методы работы или бизнес-процессы. Эффективное управление рисками компании предполагает наличие культуры, процедур и структур, нацеленных на реализацию потенциальных возможностей при обеспечении контроля над негативными факторами (Найт, 2006).

Все чаще во всем мире понятие управления рисками употребляется для обозначения новой философии управления, основанной на здравом смысле и позволяющей обеспечить базу для принятия обоснованных решений в рамках предприятия, что понимают руководители наиболее преуспевающих сегодня отраслей и организаций. В будущем специалисты по управлению рисками должны будут предоставлять руководителям компаний и государственных структур информацию, необходимую для принятия ими обоснованных решений в целях обеспечения существования и устойчивого развития организации. Как раз когда управление риском достигло этого нового уровня зрелости, в сфере бизнеса назрела потребность в повышении ответственности корпоративного управления. Эффективное корпоративное управление невозможно без тщательного управления рисками и обеспечения действенного контроля. Необходимые механизмы контроля выявляются в процессе управления рисками, а внутренний аудит обеспечивает гарантии их применения и эффективности.

Перед корпоративным управлением организации стоит задача четко определить риски, которыми необходимо управлять для достижения поставленных целей, и назначить работников, ответственных за эффективное управление этими рисками. И здесь формирование и внедрение культуры управления риском, характерной для данной конкретной организации, приобретает решающее значение. Культура управления риском сформирована в том случае, если каждый сотрудник любого уровня полностью отвечает за свою работу. Сюда входит принятие обоснованных решений и совершение или несвершение каких-либо действий на основе надлежащего анализа предсказуемых рисков, их влияния на стратегические или тактические цели корпорации.

Риск-менеджеры часто превращаются в своих злейших врагов, когда речь идет об отстаивании изменений в культуре управления рисками,

необходимых организации, желающей эффективно управлять своими рисками. Об этом свидетельствует цитата из Феликса Кломана, давнего пропагандиста риск-менеджмента. Сделанное им замечание в статье «The Revolt of the Risk Manager» («Бунт риск-менеджера»), опубликованной в «Bests Review» в октябре 1971 г., не утратило за более полувека своей актуальности: *«До тех пор, пока риск-менеджер полностью не освободится от реальной и психологической зависимости от страхования и индустрии страхования, он не сможет выполнять свою работу по управлению рисками»*. Сегодня перед риск-менеджером стоит задача не просто освободиться от мантры «риск-менеджмент – это страхование, если у нас все застраховано, значит, мы решили задачу управления рисками», но, что еще важнее, добиться признания своей функции как методолога, консультанта и помощника лиц, принимающих решения и управляющих рисками на всех уровнях предприятия, а владельцы рисков должны ими управлять и нести ответственность за эффективность этого управления.

## **О повышении роли риск-менеджмента при стратегическом планировании**

Вопросы определения оптимальных стратегий развития относятся не только к стратегическому планированию на федеральном или региональном уровнях (макроуровни), но ставятся и на микроуровне – на уровне предприятий и организаций, и здесь наблюдается тенденция повышения роли управления рисками и риск-менеджеров при стратегическом планировании.

Эта тенденция нашла свое отражение, в частности, во введенной в действие в 2017 году актуализированной редакции стандарта Комитета спонсорских организаций Комиссии Трэдвэй – модели COSO ERM (2017) «Управление рисками организации: интеграция со стратегией и эффективностью деятельности». Предыдущая версия документа «Управление рисками организаций. Интегрированная модель» – модель COSO ERM (2004) использовалась в качестве концептуальной основы для внедрения систем управления рисками во многих компаниях как финансового, так и нефинансового секторов экономики.

При практической реализации сформированной традиционной модели управления рисками приоритет отдавался процессу управления

рисками, осуществляемому в большей степени автономно от процессов планирования и принятия управленческих решений. Тем не менее за это время произошли изменения законодательства и требований регуляторов, в том числе по повышению эффективности деятельности, а также изменения, связанные с условиями ведения бизнеса, ростом волатильности рыночных факторов, усложнением факторов риска, появлением новых рисков, ростом глобальной конкуренции. Поэтому в обновленной модели 2017 года сделан акцент на интеграции управления рисками с процессами стратегического планирования и управления эффективностью деятельности компании. Большое значение придается корпоративному управлению и культуре управления рисками и возрастающей роли современных технологий в процессе управления рисками.

Новая структура включает 5 компонентов:

- 1) управление и культура;
- 2) стратегия и постановка целей;
- 3) эффективность деятельности;
- 4) мониторинг и внедрение изменений;
- 5) информация, коммуникации и отчетность

и 20 принципов, в том числе относящихся к процессам стратегического планирования и управления эффективностью деятельности.

Второй компонент структуры концептуального документа (COSO ERM, 2017) – «Стратегия и постановка целей» – содержит следующие принципы.

- Оценка условий ведения деятельности. Организация рассматривает условия (внешние/внутренние) ведения бизнеса в процессе разработки стратегии для реализации своей миссии, видения и ключевых ценностей.

- Определение допустимого уровня риска. Подходы к определению допустимого и предельного допустимого уровня риска определяются организациями исходя из специфики их деятельности.

- Оценка стратегических альтернатив. Организация должна проводить анализ альтернативных стратегий и оценивать связанные с рисками шансы и угрозы каждой из альтернатив. При выборе стратегии должны быть учтены уровень риска и установленный предельно допустимый уровень риска.

- Определение бизнес-целей. Цели определяются на различных уровнях, но должны быть привязаны к стратегии организации. Степень

эффективности достижения целей определяется границами допустимого уровня риска.

Таким образом, согласно документу:

- риск – это вероятность возникновения событий, которые могут оказать влияние на достижение стратегических и бизнес-целей;
- управление рисками – это культура, компетенции и практики, интегрированные с процессом определения стратегии и управления эффективностью, на которые организация полагается в создании, сохранении и реализации стоимости.

Результаты девятого исследования 2018 года профессии риск-менеджера в Европе, проведенного Федерацией европейских ассоциаций риск-менеджеров (FERMA) совместно с PwC (FERMA, Исследование 2018), свидетельствуют о том, что роль риск-менеджера стала носить все больше стратегический характер. Корпоративные риск-менеджеры все чаще выступают в качестве риск-консультантов при рассмотрении планируемых стратегических направлений деятельности, выполняют анализ стратегических рисков, связанных с появлением новых технологий. В исследовании приняли участие 734 риск-менеджера из 29 стран.

В 2018 году доля риск-менеджеров, отвечающих за согласование и интеграцию управления рисками в бизнес-стратегии, составила 75% и увеличилась на 13% по сравнению с 2016 годом. 76% риск-менеджеров оценивают риски, которые могут повлиять на достижение стратегических целей организации, 47% оценивают риски реализации различных сценариев при выборе организацией оптимальной стратегии, 77% осуществляют внедрение риск-ориентированной культуры, 37% выявляют и оценивают риски перед внедрением новых технологий в деятельности компаний. Таким образом риск-менеджеры в настоящее время берут на себя больше ответственности стратегического уровня по мере развития корпоративного управления рисками.

Это статистические данные по Европе в целом. В России по результатам того же исследования 73% респондентов определили одним из основных видов деятельности в рамках управления рисками – согласование и интеграцию риск-менеджмента в бизнес-стратегию, 59% оценивают риски, которые могут повлиять на актуальность и жизнеспособность стратегии и достижение стратегических целей. Вместе с тем 58% риск-менеджеров отвечают и за управление рисками и за страхование, а 8% – отвечают только за страхование (при этом 72% респондентов работают

в крупных компаниях, 20% – в сфере энергетики), что говорит скорее о применении устаревших моделей управления рисками в российских организациях. Многим российским организациям еще предстоит пройти определенный период «взросления» корпоративных систем управления рисками, актуализации применяемых моделей корпоративного управления рисками, поскольку проблем, связанных с эффективным управлением рисками и внедрением современных систем управления рисками на предприятиях, остается достаточно много (Быков, «О повышении роли...», 2019).

### **О системе риск-менеджмента в рамках всего предприятия: мировой опыт**

В современных условиях деятельность крупных корпораций, многопрофильных и транснациональных компаний связана с наличием в процессе производственной деятельности широкого спектра рисков, носящих финансовый, технологический, технический, юридический, социальный, экологический, этический, политический и другой характер. Международная практика управления крупными компаниями демонстрирует у многих из них наличие **системы управления рисками в рамках всего предприятия**. И хотя на сегодняшний день область риск-менеджмента остается все еще сравнительно молодым и новым направлением, при создании и развитии корпоративной системы управления рисками на предприятии необходимо учитывать, с одной стороны, уже имеющиеся *достижения в развитии системы стандартизации в области риск-менеджмента*, с другой – *основные уроки и главные выводы из пусть непродолжительного, но уже накопленного практического опыта риск-менеджмента ведущих компаний* (Быков, «О построении...», 2012; 2019).

- Мировая практика демонстрирует в последнее десятилетие *активное развитие процессов стандартизации в области управления рисками* как на национальном, так и на международном уровне. Подтверждением тому – национальные стандарты Австралии и Новой Зеландии, Японии, Великобритании, Канады, ЮАР и многих других стран, а также стандарт Федерации европейских ассоциаций риск-менеджеров (FERMA), стандарт, разработанный Комитетом спонсорских организаций комиссии Тредвея (COSO, США), группа международных стандартов по

управлению рисками ISO 31000, многочисленные требования регуляторов к построению и совершенствованию процесса управления рисками.

*Стандарты* управления рисками определяют основные элементы, функциональные этапы и процессы управления рисками, формируют направления достижения целей и решения задач системой управления рисками, которая должна способствовать повышению эффективности в достижении целей и задач компании и является *подсистемой корпоративного управления компании*, тесно взаимосвязанной с другими подсистемами.

Каждое направление деятельности или применения системы управления рисками характеризуется *своими индивидуальными особенностями*. Однако *ключевые принципы стандартов являются универсальными для начала построения системы и внедрения процесса управления рисками в компании*. Начальные установки охватывают целевые принципы организации, окружение, в котором находится организация, процессы, роль ключевых лиц и различные критерии к оценке рисков – все, что поможет выявить и оценить природу и сложность рисков.

- Многие зарубежные компании демонстрируют внедрение *риск-менеджмента в рамках всего предприятия*, отражая изменения парадигмы, на которую опирается современный бизнес, управляя факторами неопределенности, препятствующими достижению стратегических, оперативных и финансовых целей их компаний.

В то время как старая парадигма характеризовалась обособленным подходом к риск-менеджменту (когда каждый риск рассматривался отдельно), новый подход является единым, комплексным, интегрирующим все риски организации, в рамках которого разрабатываются стратегии реагирования на риск. Сейчас уже достаточно очевидно, что *риск-менеджмент является стержневой частью стратегического управления крупной компании* и представляет процесс, следуя которому, компания *системно анализирует риски каждого вида деятельности с целью снижения или избежания потерь*.

- Построение и развитие любой модели управления рисками на предприятии происходит *поэтапно* (Рогачев, 2008): от осознания необходимости и понимания возможностей управления рисками, формулирования парадигмы до построения непрерывного процесса риск-менеджмента компании с определенным распределением ответственности между подразделениями и сотрудниками. Техническая и методологическая



поддержка при этом способствует облегчению и наиболее эффективному функционированию системы риск-менеджмента в компании.

При этом со временем и приобретением практического опыта происходят плавные изменения в системе управления рисками предприятия от процедур, процессов и методологии к единой концепции. Представления о роли риск-менеджмента тоже претерпевают изменения от постановки операционных и тактических целей к выработке стратегии и становлению общих корпоративных ценностей. Действия по управлению рисками при этом уже не будут носить случайный, выборочный и периодический характер, а представляют собой слаженный и непрерывный процесс. От единичных проектов по управлению отдельными видами рисков компания переходит к комплексному и всеохватывающему агрегированию результатов.

Отражение растущих внешних и внутренних требований в полнофункциональной системе управления рисками выражается:

- в поддержке всего жизненного цикла управления рисками (планирование управления рисками, идентификация, анализ, реагирование, мониторинг и контроль);
- поддержке анализа всех составляющих риска (стоимостной, временной, ресурсной);
- поддержке и использовании различных и достаточно сложных методов расчета и моделирования, широких графических возможностей и автоматического генерирования отчетов, документирования, поддержке базы данных по рискам и др.

Таким образом, *управление рисками* в компании в своем развитии *проходит определенные стадии эволюции*, способствуя обоснованным и последовательным шагам по принятию решений и оперативному реагированию по всем выявленным рискам, с которыми сталкивается компания.

- Мировой опыт показывает, что сегодня актуальными являются централизация и координация управления рисками на уровне всего предприятия. Наиболее значительных результатов достигали компании, которые создавали самостоятельные подразделения риск-менеджмента, подчиняющиеся совету директоров. Те же компании, которые создавали систему риск-менеджмента, организационно встраивая ее либо в подразделения внутреннего аудита либо в подразделения финансового менеджмента, как правило, не достигали заявленных целей. В таких орга-

низациях налицо отсутствие комплексного риск-менеджмента, интегрированного в общую систему управления компанией. Именно профессиональные риск-менеджеры, а не подразделение внутреннего аудита или финансового контроля, способны должным образом внедрить процедуры управления рисками и сделать их частью единой системы управления предприятием. Когда процесс управления рисками рассредоточен по различным подразделениям, это приводит к тому, что меры по предотвращению негативных последствий принимают только отдельные подразделения, а новые риски выявляются недопустимо медленно (Быков, «О построении...», 2012; 2019).

Практика последних лет показала, что за неправильный риск-менеджмент компания может очень дорого поплатиться. Ряд неудач в результате ошибочного управления рисками ведет не только к значительным финансовым убыткам, но и к уменьшению стоимости акций, портит репутацию компании, влечет за собой увольнение представителей высшего руководства и разорение компании<sup>1</sup>.

**Зарубежная практика финансирования убытков**, являющихся следствием реализации рисков с негативными последствиями, *претерпела за последние десятилетия значительные изменения*, в ряду которых следует отметить *три основных момента* (Быков, «Статистический...», 2014):

- увеличение доли убытков, финансируемых крупными корпорациями за счет собственных средств (*оставленных крупными компаниями на собственном удержании*);
- увеличение использования методов управления рисками, альтернативных традиционному страхованию. Эффективная по минимуму затрат программа управления и финансирования рисков в крупных компаниях чаще всего включает использование смешанных методов (*комбинирование снижения, удержания и передачи риска*);

---

<sup>1</sup> Приведем выдержку из интервью журналу «Проблемы анализа риска» Кевина Найта (Том 8, 2011, № 1): «В одном из австралийских банков, где была превосходная программа управления рисками, действовало негласное правило: не сообщать плохие новости генеральному директору или Совету директоров. Это их огорчало. И к чему это привело? Плохо пошли дела на иностранной фондовой бирже, и вот мы получили новый совет директоров, нового генерального и всю команду руководителей высшего звена. А курс акций за это время упал».

- применение комплексного подхода к управлению и финансированию рисков, предполагающего *управление всеми имеющимися рисками* (операционными, финансовыми, рыночными и др.).

По результатам анализа международного опыта ведущих компаний можно заключить, что **не существует единого рецепта построения системы риск-менеджмента в рамках всего предприятия**, тем не менее во многих рассмотренных практических ситуациях (Риск-менеджмент, 2008) представлено большинство *главных элементов системы риск-менеджмента* в рамках всего предприятия:

- каждая компания определила свой, с учетом ее специфики, широкий набор рисков, которыми она собирается управлять;

- в ряде случаев компании проанализировали и количественно измерили риски исходя из важности оказываемого ими влияния. Причем некоторые компании для анализа риска, в основном финансового, использовали достаточно сложные методы оценки;

- компании анализировали взаимосвязь между рисками и доходами, денежными потоками и прибылью (включая, например, использование показателя «чистая прибыль на одну акцию» с учетом риска);

- некоторые компании, изучив портфель рисков, обнаружили неэффективное размещение капитала, противоречия в степени оцененных рисков, которые были или недооценены, или переоценены, выявили потенциальные возможности для экономии (средств);

- некоторые компании использовали комбинацию стратегий реагирования на риск: принятие, передачу и уменьшение риска;

- высшее руководство выступало гарантом внедрения риск-менеджмента в рамках всего предприятия, хотя каждая компания разработала свою инфраструктуру управления рисками в рамках всего предприятия, как правило, в форме комитетов по риску или групп по управлению рисками с участием главного финансиста компании при совете директоров;

- каждая компания по-своему внедряла систему управления рисками на низовых уровнях своей организации, при этом некоторые пытались увязать управление рисками со стимулами к работе, использовали корпоративные внутренние компьютерные сети или непосредственное общение между производственными менеджерами и руководством подразделения риск-менеджмента в компании.

Несмотря на то, что проблем, связанных с эффективным управлением рисками и внедрением систем риск-менеджмента на предприятиях

много, без обоснованного учета и оценки риска при принятии управленческих решений сегодня уже не обойтись. Вся тяжесть ответственности за принятое решение ложится на руководителей бизнес-подразделений и топ-менеджмент компании. Им часто приходится работать в новых условиях и в неизвестной ситуации, характеризующейся высокими рисками, противоречиями, постоянными и неожиданными изменениями. Поэтому очень важно «вооружить» лиц, принимающих или готовящих решения, инструментарием и техникой оценки рисков, максимально приближенной к реалиям практической деятельности. Понимание последствий реализации риска поможет провести более полный анализ затрат и возможных результатов, минимизировать неприятные неожиданности, максимально использовать имеющиеся возможности и облегчить решение проблем, стоящих перед компанией. Уже сейчас можно сказать с уверенностью, что со временем риск-менеджмент на предприятиях станет таким же типовым направлением деятельности, как, скажем, бухгалтерский учет.

В целом можно заключить, *когда успешно работающая компания стремится хорошо управлять отдельными рисками, будущий успех будет принадлежать тем из них, которые поднимают управление рисками на следующий уровень, т.е. тем, кто внедряет метод управления рисками всего предприятия, охватывающий всю компанию.* Имея полную и системную информацию о ключевых бизнес-рисках своей компании, риск-менеджеры смогут разрабатывать планы и программы управления рисками с применением координированных, комплексных и достаточно сложных методов. **Эффективное управление рисками всей компании – это обязательный элемент управления в XXI столетии.**

Далее рассмотрим вопросы, связанные с термином и понятием «*риск*», поскольку, как будет видно из последующих разделов, вплоть до настоящего времени не прекращаются дискуссии вокруг этого термина и не сформировалось единого концептуального подхода. Продолжают существовать различные точки зрения на употребление самого термина «*риск*», можно даже утверждать: сколько людей, столько и мнений о том, что такое риск. У каждого человека к сознательному периоду жизни складывается свое бытовое, часто во многом интуитивное, представление о риске.

## 1.2. Концепции риска и взаимоотношение понятий

Понятие «риск» в настоящее время широко употребляется как в быту, так и в естественнонаучных, общественных и гуманитарных дисциплинах. Содержание этого термина охватывает столь различные области реальной жизни человека и общества, что трудно выделить те из них, в которых понятие риска не использовалось бы. Это риск крупных природных катаклизмов – землетрясений и наводнений, жары и холода, увеличения озоновой дыры, падения астероидов; это риск природных явлений меньших масштабов – набега саранчи на поля, попадания молнии в жилище или человека, возникновения лесных пожаров, распространения COVID-19, вирусных инфекций и возникновения эпидемий. Понятие риска используется для описания действий людей и организаций – риски банкротства и разорения, проигрыша на выборах, риск заболеть, потерять работу, наконец, риск купить некачественную бытовую технику или получить плохую отметку из-за невыученного урока, риск получить оскорбительный ответ на вполне невинную просьбу (Солнцева, 2000).

Происхождение термина «риск» не совсем ясно. Некоторые предполагают его арабское происхождение. В Европе оно встречается уже в средневековых источниках, поначалу относительно редко и в разных предметных областях, главным образом в мореплавании и морской торговле. Новолатинское 'risicum' употребляется уже в конце XV века, однако в литературе, и уже заметно чаще, появляется гораздо позже с развитием книгопечатания: в толковых словарях примеры в области риска относятся к середине XVI века в Германии и второй половине XVII века в Англии (см.: Luhmann, 1991).

Этимология слова «риск» достаточно подробно изучена в работе П. Бернштейна «Против богов. Замечательная история риска», в которой отмечается, что самое раннее использование этого слова уже несло в себе неоднозначность, размытость, субъективность (Bernstein, 1996). Необходимо отметить, что проблема определения понятия «риск» возникает постоянно (см., например: Быков, Мурзин, 1997), причем попытки дать универсальное определение наталкиваются на целый ряд методологических проблем (Диев, 2004; Зеленкина, 2004). Различные определения отражают либо частные свойства риска, либо группу характерных свойств данного понятия. По-видимому, как отмечает (Луман, 1994), проблема в том, что «при помощи этого слова (риск) в одно понятие сводится, то есть

обозначается как единство, множество различий». По существу, так оно и есть, в различных работах, в зависимости от предметной области, риск рассматривается как мера, процесс, действие, ситуация, аспект или нечто иное – более подробно это будет рассмотрено при представлении различных концепций риска.

В целом, анализ корней и глубинного смысла самого понятия «риск», которое использовалось и продолжает использоваться людьми на протяжении многих столетий, является весьма актуальным. Представляется, что наиболее перспективными являются междисциплинарные подходы, системные исследования риска. Прежде всего, и в особенности, – для России, где, с одной стороны, проблемы безопасности в разных сферах жизнедеятельности стоят весьма остро, с другой стороны, именно в России высок потенциал в ряде важных отраслей естествознания и обществоведения, который имеет существенное значение для изучения риска и который многие годы оставался не востребуемым. Поэтому новый век и тысячелетие должны знаменовать и качественный перелом на этом направлении отечественных научных исследований, которые призваны внести весомый вклад в развитие междисциплинарной концепции и теории риска.

Отметим, что, несмотря на широкое употребление термина «риск» в обыденной жизни и его длительное использование в науке, попытки дать его универсальное определение наталкиваются на трудности. С одной стороны, это неудивительно, так как всякая дефиниция сама по себе ограничена и условна. С другой стороны, однако, невозможно проводить изучение какого-либо явления или процесса, не определив предмета исследования. Далее сделана попытка систематизировать, насколько возможно, основные существующие определения и концепции риска, проанализировать взаимосвязь этого понятия с родственными категориями (Быков, Порфирьев, 2006).

## **Концепции риска в научных дисциплинах**

**Концепции риска** – *система взглядов, то или иное понимание явлений и процессов, связанных с риском*, – в первом значении термина концепция [лат. *conceptio*] – 1) система взглядов, то или иное понимание процессов, явлений; 2) единый, определяющий замысел, ведущая мысль какого-л. произведения, научного труда и т.д. (Словарь иностранных слов, 1985).

Сначала представим краткий обзор того, как понятие риска вводится в рамках отдельных научных дисциплин, и взаимосвязь риска с другими понятиями. В последующем рассмотрим, как определяется концепция риска в рамках общенаучной методологии анализа и управления риском.

Области научных приложений исследований риска очень многообразны, поэтому часто одному и тому же понятию различными научными дисциплинами (даже близкими) придается различная смысловая нагрузка, что приводит к большому разнообразию в научных концепциях риска. В научной литературе можно встретить, например, такие определения риска:

- ситуация с неопределенностью;
- неопределенность, связанная с принятием решений, реализация которых происходит только с течением времени (Экономическая энциклопедия, 1999);
- потенциальная опасность;
- действие при наличии альтернатив;
- взаимодействие с потенциальными опасностями (зараженными людьми и т.п.);
- условия или набор условий, которых следует избегать и др.;
- возможность возникновения неблагоприятных ситуаций в ходе реализации планов и исполнения бюджетов предприятия (Тэпман, 2002).

*Математические формализации понятия риск* также неоднозначны и еще более расширяют спектр концепций риска. На место понятия риска здесь претендуют:

- вероятность разорения;
- вероятность события или отказа;
- дисперсия (или ее часть) и/или математическое ожидание: материальных потерь, сокращения продолжительности жизни, смерти и др.;
- величина самих потерь или ущерба природным средам, здоровью, материальным ценностям и др.;
- обратная функция средней продолжительности жизни и др. (краткий обзор различных определений риска представлен, например, в: Быков, Мурзин, 1997).

Такое разнообразие связано как с концептуальными неопределенностями, так и во многом с той научной дисциплиной, в рамках которой это понятие вводится, и целями, которые при этом преследуются.

**Концепция риска в радиационной безопасности** (см., например, Публикации МКРЗ №№ 41, 42, 1987; Публикация № 27 МКРЗ, 1981) определяет риск через вероятность того, что индивидuum умрет от установленного эффекта или эффект будет выявлен в течение некоторых временных интервалов после получения дозы. В последнем случае используется также понятие интенсивности риска.

**В экономической теории** под риском понимают потенциальную возможность возникновения события в условиях неопределенности внешней и внутренней среды функционирования, которая поддается количественной и качественной оценке.

Широко применяется **концепция риска в математической статистике, теории принятия решений и математической экономике**, где риск используется и как качественное понятие, отождествляемое с ненадежностью, неуверенностью (Schaefer, 1978), и как величина, имеющая количественное измерение. В последнем случае вводится понятие «лотереи» как набора различных последствий  $\{X_i\}$  (выигрышей и проигрышей), наступающих с определенными вероятностями  $\{P_i\}$ . Если существует несколько видов лотерей, тогда задача сводится к выбору между лотереями и риск зависит от ожидаемого значения выигрыша лотереи. Но, с другой стороны, выбор зависит и от того, какие отклонения от ожиданий могут произойти, поэтому некоторые определения дисперсии прямо претендуют на место риска (Markowitz, 1959). В теории принятия решений (Льюис, Райфа, 1962) используется также функция полезности  $u(x)$ . Предполагается, что лицо, принимающее решение, должно выбрать «лотерею» с максимально ожидаемой полезностью. В математической экономике определяют функцию риска как математическое ожидание потерь (Фон Нейман, Моргенштерн, 1970), а также как вероятность финансовых потерь (Redlich, 1957).

**Концепция риска в психологии** конкретизируется как психологическое понятие, прежде всего в контексте индивидуальной деятельности, описание структуры и регуляции которой дано, в частности, в монографии (Волков, Микадзе, Солнцева, 1987). Риск в деятельности – это характеристика действия, содержание которой состоит в предвидении негативного результата действия, т.е. результата, не соответствующего цели.

Наличие сознания и рефлексии как механизма регуляции деятельности коренным образом меняет поведение человека в ситуациях опасности или возможного неблагоприятного исхода. Поведение животных



регулируется эмоциями, связывающими потребности и предметы внешней реальности; характер поведения животных, в конечном счете, определяется уровнем потребности. Поведение человека в ситуации опасности определяется другим механизмом регуляции – сознанием и рефлексией, а вариативность принимаемых решений в них – личностными качествами – самооценкой и системой ценностей. Для людей с высокой самооценкой характерно преуменьшать и недооценивать вероятность отрицательных последствий, преувеличивать свои возможности достижения цели. Для такой личности «порог» опасности, при котором он может отказаться от действия, сдвинут в сторону большей вероятности неблагоприятного исхода. Для личности с низкой самооценкой этот порог сдвинут в сторону меньшей вероятности. Характер возможных последствий, в том числе ущерба, оценивается по-разному людьми с различными системами ценностей. Это в свою очередь также определяет, будет субъект действовать в ситуации опасности или откажется от действия.

Вероятность и величина последствий или ущерба как объективно-статистические количественные характеристики ситуации сами по себе не определяют того, будет ли действовать субъект или он откажется от действия. Характер его действий зависит от того, как он сам «видит», осознает ситуацию, примеривает к себе, своим возможностям, и риск в этом случае выступает как вероятностная прогностическая характеристика действия личности, регулируемого рефлексивным механизмом.

Таким образом, в **психологической концепции риска**: риск – это характеристика действия, а не само действие; риск – это характеристика действия в ситуации опасности, а не самой ситуации; риск – это личностная (субъективная) оценка, а не объективная; риск – это оценка вероятности угрозы, ущерба, неблагоприятного исхода, а не вероятности достижения цели. Это означает, что риск как психологическое понятие отражает лишь сознательную человеческую деятельность и является характеристикой сознательно действующего субъекта.

В современном *междисциплинарном понимании* термин риск можно трактовать как вероятность ущерба (негативных последствий) и его размер, тогда как сама проблема риска понималась как нахождение способа избежать ошибок при решениях, которые могут повлечь за собой этот ущерб. Такая интерпретация понятия «риск», которую социологи характеризуют как статистический подход или рационалистическую традицию и которая трактует риск как возможность (вероятность) наступления

неблагоприятного события и/или количественной меры такого события (последствий, ущерба), является господствующей в науке, в том числе и российской. Такого подхода придерживается большинство отечественных специалистов по *анализу природного и техногенного риска*, представляющих точные и естественные науки (см., например: Быков, Мурзин, 1997; Кузьмин, Махутов, Хетагуров, 1997; Мягков, 1995; Порфирьев, 1991; Рагозин, 1995). При этом сам риск в ряде случаев исчисляется путем перемножения частоты (вероятности) упомянутого события на ущерб.

*В целом же можно утверждать, что существующее многообразие научных концепций риска вряд ли позволяет ввести унифицированное понятие риска, которое могло бы быть принято любым научным сообществом и приемлемо для любой научной области исследований.*

## О философии риска

Наращение кризисных, катастрофических и дестабилизирующих наше существование факторов ведет к более интенсивному использованию понятия «риск» в различных областях научного знания. Риск пронизывает практически все аспекты человеческой деятельности. Происходит категоризация понятия риск, риск становится не просто общенаучным понятием, но и приобретает свойства философской категории, что отражает глубинное содержание объективных процессов современного общества (социальных, политических, экономических). Понятие риска применяется практически во всех видах деятельности человека, что вынуждает нас по-новому оценивать место и роль этого понятия в системе естественных и гуманитарных наук. Все чаще сценарии будущих состояний социума обозначают словосочетанием «общество риска». Очевидно, что в общественных структурах происходят радикальные и существенные изменения. Эти изменения настоятельно требуют своего мировоззренческого, аксиологического и идеологического осмысления. Иными словами, необходимо достичь более высокого уровня теоретической универсализации понятия «риск», создать «философию риска». Без этого невозможны скоординированная стратегия противостояния стохастическим деструктивным факторам будущего и принятие ответственных и эффективных решений.

Ранее выполненные исследования по философии риска имели отношение скорее к философии менеджмента (финансового, технологического и др., см., например (Найт, Притти, 2004)). Как представляется,

проблему риска можно рассматривать в широком социологическом и цивилизационном контексте и попытаться осмыслить социальную эволюцию как непрерывный ряд усилий человечества преодолеть хаос, структурировать и упорядочить социальное бытие, подойти к возможности создания конструктивных и обоснованных моделей будущего. Философское осмысление риска должно быть сопряжено с использованием таких традиционных категорий, как устойчивое и изменчивое, возможное, необходимое и случайное.

Отдельные составляющие риска (случайность, неопределенность и др.) находили свое отражение в философских исследованиях античных времен и средневековья, однако углубленное изучение связи реального и возможного как важной оставляющей философской концепции риска началось только в XX веке и нашло отражение в работах Б. Рассела и М. Хайдеггера. Некоторые работы, связанные с философскими аспектами риска, основывались на постулате о рациональном поведении человека и сводили всю сложность проблемы к управлению риском (Управление риском, 1999). В области гуманитарных знаний исследования в значительной степени были сосредоточены на социальных аспектах риска, в частности это нашло отражение в работах (Альгин, 1989; Beck, 1988; Beck, 1992; Luhmann, 1991; Slovic, Fischhoff, Lichtenstein, 1980) и других.

Из всего многообразия проблем, связанных с философским осмыслением риска, представляется целесообразным отметить такой аспект как *взаимосвязь риска и возможности* как философской категории и как одной из модальностей бытия. Такому взгляду на проблему риска в значительной степени посвящены исследования (Эпштейн, 2001) по философии возможного, которые в определенной степени стимулировали разработку проблематики философии риска.

### Риск по Далю и Ожегову

Даль В.И. приводит определения слова *рисковать* и его образований с большим количеством примеров употребления (причем некоторые слова и фразы сейчас уже вышли из оборота или употребляются крайне редко): **«рисковать, рискнуть:** фрн. [risquer], пускаться наудачу, на неверное дело, наудалую, отважиться, идти на авось, делать что-либо без верного расчета, подвергаться случайности, действовать смело, предпринимчиво, надеясь на счастье, ставить на кон (от игры) ...» (Даль, 1994).

Кратко и ближе к современному обыденному употреблению и пониманию риск определяется у С.И. Ожегова: «Риск: 1. Возможная опасность. *Идти на риск. Без риска.* 2. Действие наудачу в надежде на счастливый исход. *На свой риск* или *на свой страх и риск действовать* (принимая на себя могущие произойти неприятности)» (Ожегов, 1964).

В этом определении, как будет видно из дальнейшего изложения, заложены *основные элементы*, которые входят в современные научные трактовки риска. Это: *опасность, неопределенность и/или случайность*. Если нет опасности, то нет и риска. Для того чтобы существовал риск, необходима *опасность* или, по крайней мере, нежелательность одного из возможных результатов или развития ситуации. Но результату присуща и *неопределенность*, связанная со случайностью процессов, влиянием многочисленных случайных факторов, которые приводят к *случайности* реализации возможных исходов. Неопределенность может быть связана с недостатком нашего знания, имеющейся информации или предполагающая альтернативность, множественные исходы, в том числе – благоприятные и неблагоприятные. При исследовании финансовых инструментов имеют дело со «спекулятивными неопределенностями», в которых имеются как негативные (проигрыши), так и позитивные (выигрыши) исходы. При исследовании аварий и чрезвычайных ситуаций имеют дело с «чистыми неопределенностями», для которых характерны только негативные последствия (исходы). Но в обоих случаях употребляется термин риск.

### **Главные характеристики, присущие риску**

Общие черты и признаки описываемых с помощью риска разнообразных ситуаций отражаются в общенаучном понятии риска, которое в научных концепциях, предлагаемых к использованию на междисциплинарном уровне и в методологии анализа и управления риском, трактуется как «характеристика ситуации или действия, когда возможны многие исходы, существует неопределенность в отношении конкретного исхода, и, по крайней мере, одна из возможностей является нежелательной» (Covello, Merkhofer, 1993).

В этой концепции синтезированы основные *характеристики, присущие риску*: опасность или более мягко – нежелательность, неопределенность и/или случайность, альтернативность или неоднозначность с одной стороны, состояние (ситуация) или действие – с другой (главные составляющие предметной области риска – ситуация и действие).

Подчеркнем еще раз главные черты, присущие риску.

Понятие риска всегда связано с возможностью выбора того или иного варианта развития событий. Иными словами, риск неразрывно связан с понятием *альтернативности*.

Риск характеризуется наличием *неопределенности*. Можно согласиться, что риск является разновидностью неопределенности, когда можно определить вероятность события и она может быть рассчитана.

Необходимо отметить, что ситуация неопределенности объективно присуща действительности независимо от воли лица, подверженного риску. Это определяется вероятностным характером многих процессов (как природных, так и техногенных) и многовариантностью их развития.

### **Неопределенность и риск: взаимоотношение понятий**

Рассмотрим несколько более подробно взаимоотношение понятий «неопределенность» и «риск» (Быков, «Неопределенность...», 2015).

Понятие риска неразрывно связано с понятием неопределенности, которое в ряде случаев необоснованно рассматривается в качестве синонима этого понятия, что неприемлемо, в частности, для экономической и управленческой наук.

Под *неопределенностью* необходимо понимать *неполноту или недостаточную ясность информации о какой-либо деятельности или ее результатах*. Неопределенность объективно присутствует в финансово-хозяйственной деятельности любого экономического субъекта.

*Во-первых*, неопределенность может характеризоваться *незнанием* ситуации. То есть отсутствием полной и исчерпывающей информации о состоянии внешней и внутренней среды функционирования экономического субъекта и факторов, которые могут оказать негативное влияние на конечный результат его деятельности для принятия оптимального решения.

*Во-вторых*, неопределенность может выражаться фактором *случайности*, то есть наступлением определенных результатов деятельности экономического субъекта, по не зависящим от него причинам, принятых им решений, которые вообще невозможно было спрогнозировать и предугадать.

*В-третьих*, неопределенность может быть выражена в форме *противодействия*, то есть отсутствие своевременной исчерпывающей

информации о субъектах противодействующих деятельности экономических субъектов.

Таким образом, **риск тесно связан с неопределенностью**, так как оба термина связаны с описанием ситуации, когда определенность исхода какого-либо события отсутствует. Некоторые авторы указывают, что различия между риском и неопределенностью сводятся к объему доступной информации об исследуемой ситуации. Один из основоположников экономической теории риска, американский экономист Ф. Найт, впервые введший в 1921 г. различие между понятиями «*неопределенность*» и «*риск*», специально подчеркивал принципиальную измеримость риска и толковал его как «измеримую неопределенность». При этом степень такой неопределенности или вероятность наступления некоторого неблагоприятного события могут быть количественно установлены, в отличие от собственно неопределенности (или «неизмеримой неопределенности»), которая подразумевает невозможность измерения, в частности в отношении будущих событий (см: Knight, 1921). В этом смысле термин «риск» необходимо использовать, когда известно распределение случайной величины, с помощью которой моделируют рисковую ситуацию. То есть, если возможно количественно и качественно определить степень вероятности того или иного события, то говорить следует о риске, если нет – о неопределенности.

### **Субъективные и объективные концепции риска**

Риск существует независимо от поведения индивида, это понятие характеризует объективно существующие закономерности. Следовательно, можно говорить об *объективной* природе возникновения риска. *Субъективная* природа риска выражается в индивидуальной оценке неопределенности, то есть реакции человека на происходящие события. Субъективная оценка неблагоприятного события зачастую может не совпадать с вероятностью его осуществления, являясь индивидуальной характеристикой потенциальной возможности наступления негативных последствий.

Поэтому важный аспект рационалистической традиции толкования риска связан с проблемой соотношения *объективной* и *субъективной* сторон риска (см. Альгин, 1989). В рамках указанной традиции предпочтение отдается *субъективной концепции риска*, которая рассматривает

последний как результат определенных решений индивида или коллектива и их отношение к этому решению.

Наиболее яркое выражение данный подход нашел в работах известного германского ученого У. Бека, впервые давшего характеристику современного общества как «общества риска», которая стала крылатым выражением (см. подробнее: Beck, 1988; 1992). У. Бек проводит принципиальное различие между тем, что он определяет как «потрясения», относя к ним стихийные бедствия, эпидемии, голод, и «риском», который предполагает индустриальные решения и оценки их полезности. При этом от доиндустриальных природных бедствий риск отличается тем, что его истоки лежат в решениях, принимаемых коллективно (организациями и политическими группами), а не индивидуально (Beck, 1992). Среди советских и российских специалистов сходного подхода придеживаются юристы – специалисты по правовому риску (см: Братусь, 1976; Ойгензихт, 1987).

Вместе с тем, современные социология и психология считают недостаточной трактовку категории «риск» исключительно с рационалистических позиций, когда поведение человека полагается всегда прогнозируемым, исход всех событий и поступков предсказуемым, а сама проблема риска сводится к нахождению способа более или менее точной калькуляции вероятности самого неблагоприятного события и связанного с ним ущерба. Такой методологический подход к понятию «риск» раскрывает его формальную сторону (форму), недостаточно разъясняя его суть (содержание). Для последнего не менее важны *культурная* и *психологическая*, в том числе и *социо-психологическая* (имея ввиду коллективное отношение к риску), стороны этой категории. Они определяют особенности отношения человека или людей к самому риску, а также к его дефиниции и смысловой интерпретации.

Действительно, то, что современная цивилизация характеризует сегодня, например, как природный риск, для древних культур, а в отдельных случаях и для некоторых исчезающих или реликтовых культур, сохранившихся доньше среди аборигенов наименее исследованных уголков мира, является заранее предопределенным свыше; или, в научных терминах, событиями детерминированными, а не стохастическими (подробнее об этом см. монографию: Douglas, Wildavsky, 1982). При таком подходе понятие «риск» трактуется как категория поведенческая, как отношение конкретного человека или группы людей к ожидаемым событиям

с учетом их возможной опасности (Альгин, 1989; Ойгензихт, 1987; Giddens, 1991; Luhmann, 1991; Slovic, Fischhoff, Lichtenstein, 1980).

Последнее обстоятельство стимулировало разработку методологических подходов к определению понятия «риск» с помощью категорий противоположного содержания (или, с лингвистической точки зрения, его антонимов), среди которых ключевое место принадлежит понятию «опасность». Такого подхода придерживается большинство сторонников так называемой объективной концепции риска в (советском) российском праве, которые тесно увязывают эти два понятия – риск и опасность (см., например, Гринберг, 1963; Мезрин, 1974; Шиминова, 1979).

### **Опасность, уязвимость, риск: взаимоотношение понятий**

При этом можно выделить два принципиальных и достаточно равноправных подхода такого рода, когда опасность является базовым, а риск – производным понятием и наоборот. При обоих подходах базовое понятие раскрывает сущностную сторону риска, тогда как его формальная интерпретация содержится либо внутри производного понятия (первый из указанных подходов), либо внутри базового понятия (второй подход).

В последнем случае риск определяется как потенциальная возможность нанесения вреда (ущерба) данному объекту или субъекту, обусловленная существованием определенного источника такого вреда или ущерба, т.е. опасности. Опасность, таким образом, понимается как источник риска (см.: Hohenemser, Kates, Slovic, 1983; Kaplan and Garrick, 1981).

При обратном подходе для характеристики ситуации базовым понятием служит опасность как способность причинения какого-либо вреда (ущерба), в том числе угрозы жизни и здоровью человека, его материальным и духовным ценностям. Тогда риск – это количественная характеристика возможной опасности (т.е. возникновения ситуаций или событий, угрожающих целостности, жизнеспособности, стабильности функционирования объектов) и последствий ее реализации. Риск рассматривается как потенциальная возможность нанесения вреда (ущерба) данному объекту (субъекту), обусловленная существованием определенного источника такого вреда или ущерба, т.е. источника опасности.

Источники опасности – многообразны. Во-первых, это может быть случайное стечение обстоятельств, случайность, которую трудно предусмотреть, рассчитать, прогнозировать с требуемой точностью. Это –



природные, техногенные, социальные факторы и их совокупности, проявляющиеся в реальной среде и мало зависящие от действий, воли и желания человека. Многие направления исследования риска как раз и касаются этого класса ситуаций и связаны с анализом частоты или вероятности их наступления и возможных последствий или потерь.

Второй класс источников опасности – действия человека, которые могут иметь нежелательные последствия для него самого, для других людей или объектов природной или искусственной сред, и здесь риск – это *характеристика действий субъекта*. Такая интерпретация выделяет собственно психологическое содержание концепции риска (Солнцева, 1999). В этой концепции требует уточнения содержание понятия опасности (см., например: Котик, 1981) по отношению к понятию риска. Представление об опасности может быть уточнено в двух направлениях. Первое – опасность как угроза неблагоприятных воздействий внешней среды. Физические условия существования человека как биологического существа характеризуются жестко фиксированными параметрами. В широких пределах варьирования физических условий только узкая зона параметров обеспечивает возможность поддержания жизни. Человек как представитель биологического вида может оказаться в условиях, не соответствующих этим параметрам. Более того, можно говорить о перманентном противостоянии жизни и изменяющейся физической среды. С другой стороны, опасность может быть рассмотрена не только как угроза жизни, но и как вероятность не получить желаемый результат. Такое расширение понятия опасности в континууме «желаемое – действительное» поддерживается обыденным смыслом понятия риска (риск проиграть, риск не достичь цели и т.д.). Таким образом, риск понимается как оценка достижимости желаемого результата (цели) в действиях субъекта.

Отмечая производность обеих категорий («риск» и «опасность») от понятия «ущерб» («вред»), известный германский специалист по анализу риска Н. Луман в своей классической работе «Социология риска» предлагает провести различие между этими категориями в соответствии с генезисом будущего ущерба. Если последний обусловлен некоторым действием (решением), повлекшим ущерб, то речь, по его мнению, должна идти о риске; в том же случае, когда причины ущерба находятся вовне (т.е. вменяются не человеку, а окружающему миру), правомерно говорить об опасности (см.: Luhmann, 1991). Другими словами, согласно приведенному выше мнению правильно использовать, например, термин

«природная опасность», а не «природный риск», тогда как термин «риск» может применяться лишь к событиям антропогенного, в том числе техногенного, характера.

При всей внешней логичности с такой постановкой вопроса трудно согласиться по ряду причин. Во-первых, способность причинять ущерб, т.е. опасность, является генетически инвариантным свойством, будучи характерным и для природных, и для антропогенных процессов и явлений. Во-вторых, все возрастающее число явлений и процессов носит смешанный или синэргический, природно-антропогенный характер, что означает комбинированную природу опасностей и рисков и определенную условность их деления по генетическим признакам. В-третьих, сам Н. Луман, рассматривая формальные аспекты проблемы риска, не отрицает целесообразности его интерпретации как количественной меры опасности. Более того, он подчеркивает, что «современное общество рассматривает опасности со стороны риска и воспринимает их всерьез только как риски» (Luhmann, 1991), по сути дела, солидаризируясь с оценкой своего коллеги У. Бека (см. подробнее: Beck, 1988).

В то же время, приведенное выше толкование риска известным германским специалистом по этой проблеме оказывается полезным для разъяснения концептуального смысла понятия «риск» и его дериватов. В частности, в отношении термина «природный риск» оно подразумевает не только потенциально наиболее вероятные для конкретной территории (России) опасные природные явления и процессы, т.е. существенную (значимую) степень подверженности (экспозиции) им населения и объектов экономики, но и не менее значимую степень уязвимости последних к воздействию внешних для них источников опасности (факторов риска). В связи с этим логически возникает потребность и целесообразность соотнесения понятий «риск», «опасность» и «уязвимость».

Представляется, что категория «риск» является производной не только от понятия «опасность» (что неоднократно подчеркивалось многими исследователями), но и понятия «уязвимость». Оно характеризует утрату объектом (субъектом) устойчивости (защищенности) к оказываемому на него неблагоприятному воздействию.

Риск для конкретного объекта (субъекта) возникает только при наличии опасности. Если нет опасности, то нет и риска. Для того чтобы существовал риск, необходима *опасность* или, по крайней мере, нежелательность одного из возможных результатов или развития ситуации. Она

предполагает, во-первых, существование источника опасности, либо внешнего, либо внутреннего по отношению к данному объекту, либо их комбинации; во-вторых, его воздействие на данный объект или подверженность последнего указанному воздействию; в-третьих, недостаточную защищенность или уязвимость этого объекта к такому воздействию. Аналогичным образом риск определенного действия (рискованность решения) появляется только в том случае, если имеется опасность нанесения вреда (ущерба) для субъекта или объекта реализации решения. При этом само решение не предусматривает или предусматривает недостаточную защиту от этой опасности. Таким образом, наличие опасности и уязвимости оказывается необходимым условием возникновения риска.

### **Риск, чрезвычайная ситуация, бедствие, катастрофа: взаимоотношение понятий**

Приведенная выше трактовка категории «риск» позволяет также проследить ее взаимосвязь с другими понятиями, имеющими исключительно важное значение для проблемы оценки, анализа и управления риском, а именно: «чрезвычайная ситуация», «бедствие» и «катастрофа». Все явления или обстоятельства, раскрываемые этими понятиями, представляют собой реализацию (материализацию) риска в ситуациях, когда сила разрушительного воздействия сил первичной или видоизмененной (в результате антропогенного влияния) природы на людей и объекты экономики превышает имеющиеся ресурсы их защиты, а сами объекты указанного воздействия становятся, таким образом, особенно уязвимыми.

В свою очередь, уязвимость объекта может возникать по объективным причинам, связанным, прежде всего, с исключительной силой воздействия, например, редкого природного феномена или аномалии, защиту от которого современная наука и техника с учетом реальных экономических возможностей пока обеспечить не в состоянии. Уязвимость может быть обусловлена и субъективными причинами, к каковым относятся отсутствие и просчеты в подготовке к опасностям со стороны лиц, принимающих решения.

При реализации риска вначале возникает чрезвычайная ситуация или обстановка на определенной территории (акватории), которая повлекла или может повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные

материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей (Федеральный закон № 68-ФЗ, 1994: ст. 1). Именно потому она требует незамедлительной реакции специальных сил экстренного реагирования (спасателей, пожарных, медиков, милиции и т.д.) для скорейшей ликвидации и нормализации ситуации.

Если же это не удастся, то на данной территории или в данном социуме перечисленные выше негативные последствия опасного природного, социального, техногенного или синэргического воздействия могут превратиться в бедствие. При этом эти последствия принимают затяжной и глубокий характер, в том числе и необратимый для части населения и окружающей среды, что означает существенное ухудшение здоровья населения и условий его существования, нарушение и разрушение естественных экосистем (Федеральный закон № 7-ФЗ, 2002).

При дальнейшем ухудшении обстановки указанные изменения приобретают полностью необратимый характер, что означает тотальную утрату социальными и экологическими системами их системных свойств, их распад и либо их исчезновение, либо замену качественно иными системами, т.е. катастрофу. Как бедствие, так и катастрофа могут возникнуть сразу же, минуя фазу собственно чрезвычайной ситуации, в том случае, если природный риск оказывается исключительно велик. Иными словами – в ситуации, когда уязвимость объектов опасного воздействия особенно велика и многократно уступает его разрушительной силе.

### **Риск, надежность и безопасность: взаимоотношение понятий**

Проведенный выше анализ соотношения понятия «риск» с другими родственными категориями, характеризующими меру опасности для социальных, экономических и экологических систем (прежде всего, самой категорией «опасность»), а также изучение типологии рисков и синэргических эффектов их проявления (реализации) в указанных системах позволяют перейти к исследованию соотношения понятия «риск» с ключевыми категориями, характеризующими степень защищенности (устойчивости) этих систем. Последнее обстоятельство имеет принципиальное значение для проблемы управления риском, для которого обеспечение максимально возможной при заданных условиях степени защищенности (устойчивости) социальных, экономических и экологических систем от опасных воздействий является целевой функцией.

Основной категорией, характеризующей эту цель, является безопасность, с которой также тесно связано понятие «надежность». Исторически последнее раньше, чем категория «безопасность», связано с понятием риска: пара антонимов «риск – надежность» как взаимодополняющая конструкция, обеспечивающая учет всех возможных решений, с точки зрения их рискованности (начиная с мореплавания и морской торговли), и универсализирующая понятие риска, стала практически использоваться еще с XVII века. Тем самым исследования риска и надежности развиваются, обогащая друг друга, уже более 300 лет (см.: Luhmann, 1991).

Однако термин «надежность», трактуемый как свойство объекта сохранять прочность, устойчивость (главным образом, в технической, экономической и управленческой литературе) или доверительный уровень взаимоотношений (в политической литературе), в последние десятилетия все реже используется для характеристики действий управленческих решений, цель которых – снижение риска, уступая место более широкому понятию «безопасность».

Это понятие имеет, пожалуй, менее сложную и продолжительную историю использования и интерпретации, чем категория «риск». Обиходное и энциклопедическое толкование безопасности в течение многих десятилетий практически не претерпело значительных изменений. Это, со всей очевидностью, демонстрирует сопоставление классического толкового словаря великорусского языка В.И. Даля, выпущенного в Санкт-Петербурге и Москве в 1880 г., с не менее классическим словарем современного русского языка С.И. Ожегова, впервые изданного в 1949 г. и неоднократно переизданного в последующие десятилетия, в том числе и в конце 1990-х годов, которые трактуют безопасность: (а) как состояние отсутствия опасности, угрозы или вреда (ущерба); и (б) как синоним сохранности (защищенности), надежности (см.: Даль, 1994, т. 1; Ожегов, 1964).

Сходная трактовка дается и в знаменитом толковом словаре английского языка Уэбстера, где понятие «безопасность» передается двумя терминами «safety» и «security», последний из которых используется для подчеркивания надежности, защищенности, неких гарантий защищенности данного объекта от каких-либо посягательств (нападений, шпионажа, вмешательств и т.п.), в том числе и в форме страховки (один из переводов слова «security»), т.е. очень близок к интерпретации (б) упомянутого выше русского толкования (см. Guralnik, 1972).

Именно эта интерпретация термина «безопасность» положена в основу его научной, а также, что особенно важно, нормативной (правовой) трактовки, которая, в отличие от категории «риск», существует и законодательно закреплена в Законе Российской Федерации «О безопасности», принятом в 1992 г. Согласно ему безопасность определяется как состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства. При этом их жизненно важные интересы определяются как совокупность потребностей, удовлетворение которых надежно обеспечивает их существование и возможности прогрессивного развития (Закон, 1992: ст.1).

Такое толкование безопасности существенно отличает его от обычного использования этого термина в русском языке, которое всегда вольно или невольно подразумевало и предполагает полное отсутствие любой опасности (т.е. в котором превалировала и доминирует вышеупомянутая интерпретация (а)). Тем самым нормативное толкование безопасности признает реально и постоянно существующие источники, условия и факторы риска для жизни, здоровья, нормальной трудовой деятельности и отдыха как отдельных граждан, так и их групп и общества в целом, их материальных ценностей, а также для стабильности государства, которые определены законом как основные объекты безопасности.

Кроме того, оно подразумевает наличие некоторой достигнутой или желаемой степени защищенности указанных объектов от внешних и внутренних угроз, гарантирующей не их абсолютную (100%-ную) неуязвимость, а лишь ее определенный уровень, который может быть обеспечен за счет реально существующих ресурсов. Это, в свою очередь, означает приемлемость определенного уровня риска, который личность, социальные группы и общество в целом, как правило в лице государства, устанавливают для себя сами исходя из приоритета обеспечения именно первоочередных, жизненно важных интересов (а не всех их в одинаковой мере, что практически недостижимо с учетом постоянно существующих ограничений на ресурсы и время).

## Классификация безопасности по источникам опасности и по объектам безопасности

Более подробно подходы к классификации рисков будут рассмотрены в специальном разделе. Здесь же отметим, что анализ соотношения категорий «безопасность» и «риск» позволяет подойти к вопросу их классификации, отталкиваясь, прежде всего, от *источников опасности* (т.е. от чего/кого обеспечивается защита и приемлемый уровень риска). В самом общем виде выделяются три их вида: природные, антропогенные (включая социогенные и техногенные) опасности и их сочетание.

Другой критерий классификации упомянутых категорий – типы *объектов риска* и, соответственно, защищенности от опасного воздействия (безопасности). В частности, объектами природного риска являются как сами природные системы (экосистемы), подвергающиеся дестабилизирующему или разрушительному воздействию собственных внутренних сил и/или их комбинации с антропогенными факторами, так и оказавшиеся в зоне их влияния социальные системы (общество в целом, его социальные группы и личности). Сообразно этому на страновом уровне правомерно выделять три основные вида (формы) безопасности: личную (индивидуальную), коллективную и национальную (общефедеральную) безопасность.

Предложенная классификация по критерию объектов защиты (безопасности) от природного риска отличается от той, которая может быть разработана на базе вышеупомянутой трактовки ст. 1 Закона «О безопасности», где социальные группы как самостоятельный объект природного риска и одновременно уровень коллективной безопасности отсутствуют.

Это представляется не совсем корректным, так как нарушает известный диалектический закон существования и взаимодействия единичного, особенного и общего. В соответствии с ним общее состояние российского общества как социальной системы и ее подверженность природному риску во многом производны от состояния (устойчивости или, напротив, уязвимости) входящих в нее подсистем – конкретных социальных групп и отдельных граждан (личностей) и взаимодействий между ними, регулируемых государством. И, наоборот, безопасность последних в существенной мере определяется состоянием всего российского общества (нации), а также состоянием систем более высокого уровня, в которые оно входит, а именно евроазиатского и мирового сообщества, т.е. региональной

и международной (глобальной) безопасности. В частности, эти взаимоотношенность и взаимовлияние определяют конкретную меру приемлемости риска, включая природный риск, на местном, региональном, национальном и глобальном уровнях.

### **1.3. Междисциплинарная наука о риске на пути к гармонизации понятий**

Из изложенного в предыдущих разделах должно быть очевидно, что термин «риск» широко употребляется как в естественнонаучных, общественных и гуманитарных дисциплинах, так и в быту. Содержание этого термина охватывает столь различные области реальной жизни человека и общества, что трудно выделить те из них, в которых понятие риска не использовалось бы. Области научных приложений исследований риска также очень многообразны, и часто одному и тому же понятию различными научными дисциплинами (даже близкими) придается различная смысловая нагрузка, что приводит к большому разнообразию в научных концепциях риска (Быков, Порфирьев, 2006). В целом же можно утверждать, что существующее многообразие научных концепций риска вряд ли позволяет ввести унифицированное понятие риска, которое могло бы быть принято *любым научным сообществом* и приемлемо для любой научной области исследований.

#### **Общее понятие риска: междисциплинарный подход**

В то же время в последние десятилетия постепенно происходит становление междисциплинарной науки о риске как самостоятельной отрасли научных исследований, научной дисциплины (Быков, «Междисциплинарная...», 2011). Общие черты и признаки описываемых с помощью риска разнообразных ситуаций или действий должны быть отражены в общем понятии риска. Это понятие на междисциплинарном уровне и в методологии анализа и управления риском предлагается трактовать, в частности, как *«характеристику ситуации или действия, когда возможны многие исходы, существует неопределенность в отношении конкретного исхода, и, по крайней мере, одна из возможностей является нежелательной»* (Covello, Merkhofer, 1993).



Другое вербальное определение риска, претендующее на универсальность, дано в новой группе международных стандартов в области риск-менеджмента ISO 31000, на основе которого принят национальный стандарт ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство», в котором дан перевод определения, следующим образом: *«риск – это следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей»*. В примечаниях к данному определению в ISO 31000 указывается, что *«Риск часто характеризуют путем описания возможного события и его последствий или их сочетания. Риск часто представляют в виде последствий возможного события (включая изменения обстоятельств) и соответствующей вероятности»*. При этом английский термин *likelihood*, как указывается в самом стандарте, следует понимать как возможность наступления события, математически выражаемую вероятностью или частотой наступления события за определенный период времени.

Таким образом, общее понятие риска при математической формализации должно включать в себя два четко различимых компонента:

1. Степень (меру) возможности  $F$  реализации событий (среди которых обязательно должны быть нежелательные или опасные) за определенный промежуток времени;

2. Размеры последствий  $C$  реализации событий (т.н. «тяжесть» для нежелательных событий) и риск – есть функция этих двух переменных:

$$\text{Риск} = f(F, C)$$

Таковыми компонентами в общем понятии риска при математической формализации, как правило, выступают (рисунок 1.1):

- *частота* ( $F$ ) нежелательного события (чрезвычайной ситуации, аварии и др.). Частота выражается числом событий в единицу времени;
- *последствия* ( $C$ ), которые являются мерой серьезности (тяжести) нежелательного события (чрезвычайной ситуации, аварии и др.).

Последствия могут быть выражены различными способами, в зависимости от вида анализа. Типовым выражением последствий чрезвычайной ситуации, аварии можно считать гибель человека или конкретного числа людей, количество пострадавших, травмированных, размер материального ущерба.

Реализация финансовых рисков предполагает как позитивные, так и негативные исходы. Когда имеют дело с техногенными, природными,

экологическими рисками, рисками чрезвычайных ситуаций, рассматривают только нежелательные или опасные последствия, наносящие вред объектам или субъектам безопасности.

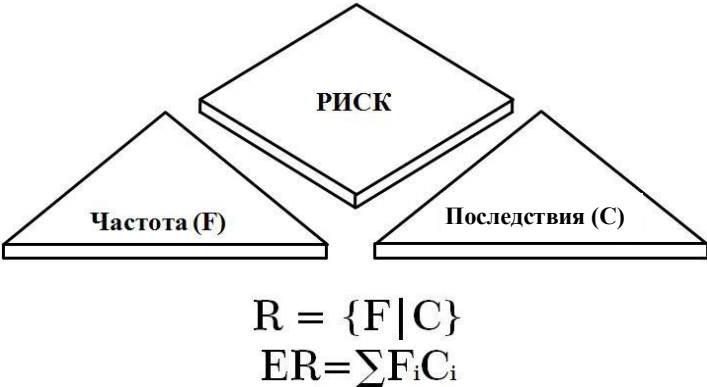


Рисунок 1.1. Формализация общего понятия «риск»

В частном случае, когда последствие конкретно и измеряется по типу «Да/Нет», «Происходит/Не происходит» (например, жизнь/смерть), тогда риск становится функцией одной переменной, а именно — частоты (*F*) нежелательного события:

$$Risk = f(F).$$

В специальной литературе по анализу риска можно встретить попытки ввести третью компоненту в общее понятие риска. Например, определение риска, приведенное в статье (Kaplan, 1997), основано на введении набора упорядоченных троек элементов (триплетов), где первый элемент тройки описывает сценарий, второй – вероятность (частоту), третий – последствия (рисунок 1.2).

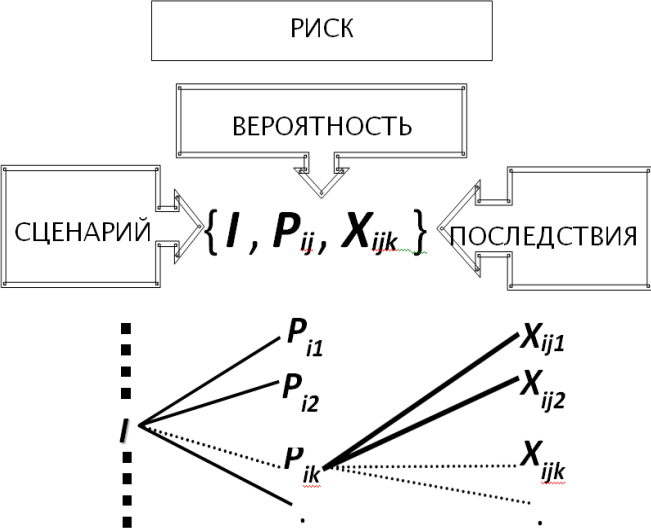


Рисунок 1.2. Один из подходов к формализации общего понятия «риск»

Возможно, этот подход имел бы перспективы, однако большинством специалистов признается формализация риска с использованием именно двух вышеуказанных компонентов: частоты (F) и последствий (C).

## Определение риска в федеральных законах и стандартах

Вот как определяется «риск» в отечественных нормативных документах и стандартах:

- в Федеральном законе от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании»:

*«Риск – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда»<sup>2</sup>;*

- в Федеральном законе от 22.06.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»:

*«Пожарный риск – мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей»;*

- в ГОСТ Р 51898-2002 «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты»:

*«Риск – сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести этого ущерба»;*

*«Риск – сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести этого ущерба»;*

- в ГОСТ Р 51901.1-2002 «Управление надежностью. Анализ риска технологических систем» и в ГОСТ Р 51897-2021 «Менеджмент риска. Термины и определения»:

*«Риск – сочетание вероятности события и его последствий (Примечание – Термин «риск» обычно используется тогда, когда существует хотя бы возможность негативных последствий)».*

---

<sup>2</sup> Отметим, что в этом же Федеральном законе от 27.12.2002 № 184-ФЗ дано определение безопасности как состояния отсутствия недопустимого риска, а именно: «Безопасность продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации – состояние, при котором *отсутствует недопустимый риск*, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений».

Приведем еще один пример определения риска чрезвычайной ситуации из ГОСТ Р 55059-2012 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Термины и определения»:

*«Риск чрезвычайной ситуации: мера опасности чрезвычайной ситуации, сочетающая вероятность возникновения чрезвычайной ситуации и ее последствия».*

Оставляя за рамками обсуждение характера последствий и в каких случаях возможна замена последствий (в общем случае могущих быть позитивными, но среди которых должны быть негативные или нежелательные) на ущерб (когда рассматриваются только негативные последствия), кратко коснемся корректности использования вероятности в приведенных определениях риска из отечественных документов.

Первое, что почему-то остается «за кадром» в данных определениях, это временной интервал, на котором определяется риск.

Второе, такие термины как событие, авария, чрезвычайная ситуация употребляются в единственном числе. Таким образом, подразумевается ситуация, когда за определенный промежуток времени может произойти одно событие (авария, чрезвычайная ситуация). А если произойдет больше, например два или пять, или сто? И каждое из событий будет характеризоваться своим масштабом последствий? Каким образом в этом случае количественно измерять риск?

Наконец, насколько корректно встречаемое во многих работах выражение *«риск=вероятность\*последствия»*? В этом смысле *более корректно использовать не вероятность, а количественный показатель, имеющий размерность обратную времени, например частоту или интенсивность* (которые, в отличие от вероятности, могут быть больше единицы)<sup>3</sup>.

Теперь для сравнения приведем определение экологического риска из Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», с дополнениями и изменениями:

*«Экологический риск – вероятность наступления события, имеющего неблагоприятное последствие для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера».*

---

<sup>3</sup> Строго говоря, математическая формализация риска в разрезе поставленных вопросов требует применения подходов, используемых в актуарной математике.

Чрезвычайные ситуации природного или техногенного характера, как правило, если не сказать – с неизбежностью, вызывают неблагоприятные последствия (различного масштаба) для природной среды. Следуя определению, экологический риск, в данном случае – это вероятность наступления чрезвычайной ситуации природного или техногенного характера с неблагоприятными последствиями для природной среды. А как быть с самими последствиями? Хозяйственная деятельность, даже осуществляемая в безаварийном режиме, оказывает негативное систематическое воздействие на окружающую среду. Вероятность такого события равна единице. Тогда экологический риск – это условная вероятность возникновения неблагоприятных последствий для природной среды от воздействия хозяйственной деятельности. Аварийное воздействие практически однозначно дает единичное значение этой условной вероятности, а значит и экологического риска. Вывод легко можно распространить и на систематическое загрязнение, особенно связанное с хозяйственной деятельностью в крупных промышленных центрах.

Этому определению экологического риска свойственны и все неточности употребления термина вероятность, о которых говорилось выше, но все-таки главный концептуальный недостаток данного в законе определения экологического риска – это отсутствие в определении размера (тяжести) самих последствий (сравните с определениями, приведенными выше). Многочисленные концептуальные недостатки определения в итоге, на наш взгляд, не позволяют адекватно и последовательно построить систему вторичных показателей риска и, как следствие, – разработать методический аппарат, гармонично вписывающийся в общеметодологические принципы и подходы, применяемые при анализе и управлении риском.

Возвращаясь к международному стандарту ISO 31000, хочется отметить, что благодаря многочисленным примечаниям к определениям используемые в нем формулировки и термины достаточно универсальны, несмотря на то, что сам стандарт в первую очередь предназначен для компаний, предприятий и организаций, которые стремятся повысить эффективность корпоративного управления посредством внедрения системы риск-менеджмента и/или встраивания ее в интегрированную систему менеджмента. Тем не менее, группа терминов, относящаяся к риску в целом, безотносительно к терминологии риск-менеджмента, вполне может быть использована для гармонизации общих понятий, столь противоречиво

в настоящее время трактуемых в различных отечественных документах. Поскольку риск-менеджмент все шире внедряется в компаниях и организациях, постольку группа стандартов ISO 31000 будет активно использоваться при создании систем риск-менеджмента, при этом неизбежно получит распространение и использование терминологический словарь данного стандарта или разрабатываемых на его основе отечественных национальных стандартов. Все это должно *способствовать гармонизации понятий, используемых в междисциплинарной науке о риске*, приданию им научной строгости и минимизации неоднозначностей толкований, что, в конечном итоге, как показывает опыт становления различных отраслей науки, *дает мощный импульс научным исследованиям, повышению их уровня и результативности*.

### Иерархия показателей риска

Общий показатель риска дополняется набором «вторичных» или производных от него специфических показателей риска (рисунок 1.3), которые можно классифицировать по определенным критериям и которые вводятся, в частности, для измерения риска систематического или аварийного воздействия, с учетом специфики воздействий (радиационных, химических, электромагнитных и др.), характера последствий (смертные случаи, ущерб для здоровья, повреждение имущества и др.) или для определенных объектов, подлежащих обеспечению безопасности (индивидуум, группы людей, растительный и животный мир, здания и сооружения и др.) (Быков, Порфирьев, 2006).



Рисунок 1.3. Иллюстрация иерархии показателей риска

РИСК: примеры вторичных (частных) показателей:

- индивидуальный (*воздействие на отдельных людей*);

- профессиональный (воздействие на работающих);
- социальный (воздействие на сообщество людей);
- экономический (нарушение хозяйственной деятельности, штрафы и т.д.);
- экологический (воздействие на землю, воздух, воду, флору и фауну).

Нормированию, в частности, подлежат именно вторичные показатели.

В качестве **примера** можно привести два вторичных наиболее употребительных *нормативных показателя риска*, используемых при анализе риска аварий с воздействием на окружающую среду и население, а именно:

- **индивидуальный риск**, который определяется частотой поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности аварий, т.е. представляет собой частоту, с которой индивидууму может быть нанесен определенный ущерб здоровью. Обычно показатель индивидуального риска используется не только для нормативных целей, но и для сравнительной оценки риска для населения, живущего вблизи и на определенном отдалении от предприятия – источника опасности;

- **социальный риск** представляет собой соотношение между частотой возникновения негативных последствий для здоровья населения более определенной величины и размером самих последствий, например общей численностью погибших или пострадавших людей. Другими словами, это зависимость частоты возникновения событий  $F$ , в которых погибло или пострадало на определенном уровне не менее  $N$  человек от этого числа  $N$ . Это т.н.  $F$ - $N$ -диаграммы или  $F$ - $N$ -кривые, известные также как кривые Фармера. Социальный риск характеризует масштаб опасностей, связанных с аварией.

В ряде стран (а также долгие годы – в системе МЧС России) социальный риск оценивают по частоте поражения не менее 10 человек (в этом случае социальный риск является не зависимостью, а конкретным числом).

Заметим, что в качестве вторичных показателей риска для установления критериев приемлемости и нормирования, сравнения различных видов деятельности применяются не только показатели индивидуального и социального риска, но и такие показатели, как (Lees, 1981):

- **PLL** (Potential Loss of Life) – ожидаемое количество погибших за год от всех опасностей, связанных с эксплуатацией опасного производственного объекта;

- **FAR** (Fatal Accident Rate) – статистическая оценка числа погибших (при проведении определенных операций – это может быть и производственная деятельность) на 100 миллионов рабочих часов (в случаях непроизводственной деятельности – на 100 миллионов часов соответствующей деятельности).

Другой количественной интегральной мерой опасности объекта, активно применяемой **при проведении экономических оценок и оптимизации уровня безопасности**, является такой вторичный показатель, как *коллективный риск*, определяемый ожидаемым количеством погибших или пострадавших в результате аварий на объекте за определенный период времени.

### **Показатели риска здоровью от систематического воздействия негативных факторов окружающей среды**

Риск для здоровья человека, обусловленного **систематическим воздействием** негативных факторов окружающей среды, определяется вероятностью развития угрозы жизни или здоровью человека либо угрозы жизни или здоровью будущих поколений. В процессе количественных расчетов риска для здоровья используют различные модели и методы описания процессов движения загрязняющего вещества в окружающей среде, формирования нагрузки на организм и прогнозирования реакции организма: от поступления загрязняющего вещества в окружающую среду, распространения, миграции, трансформации, аккумуляции, воздействия на организм и возникновения различных нежелательных последствий. При этом используются все накопленные данные токсикологических исследований и статистического анализа, позволяющие с определенной мерой достоверности прогнозировать степень риска для здоровья населения от уровня загрязнения различных компонент окружающей среды, что позволяет установить вклад каждого загрязняющего вещества в уровень смертности и заболеваемости (Быков, Ревич, 1999; Быков, Соленова, Земляная и др., 1999).

Систематическое воздействие загрязненной окружающей среды на здоровье населения, в конце концов, отражается в росте показателей заболеваемости и смертности. Загрязняющие окружающую среду вещества



по характеру эффектов для здоровья можно подразделить на канцерогенные и неканцерогенные загрязняющие вещества.

Канцерогенные вещества вызывают увеличение частоты злокачественных новообразований. Причем характерной особенностью этих веществ является отсутствие порога их действия (беспороговость), т.е. любое количество загрязняющего вещества в окружающей среде предопределяет отличный от нуля риск смерти от соответствующих новообразований. Ряд канцерогенных веществ влияет и на наследственность, индуцируя генетические эффекты – увеличение частоты ряда генетически обусловленных заболеваний. Канцерогенные и генетические эффекты тесно взаимосвязаны и сопоставимы по величине. Вместе они образуют класс т.н. «стохастических эффектов».

Неканцерогенные вещества вызывают широкий спектр нарушений в состоянии здоровья человека, которые можно рассматривать как разные формы проявлений токсических эффектов, регистрируемых на молекулярном, клеточном, тканевом, организменном или популяционном уровнях. Последние эффекты наблюдаются в виде повышенной заболеваемости и/или смертности; для загрязняющих воздушную среду веществ – это в первую очередь повышение частоты хронических заболеваний органов дыхания и связанной с этими болезнями смертностью, а также повышение смертности в результате различных сердечно-сосудистых болезней. Эти последствия для здоровья от воздействия загрязняющих веществ подпадают под класс т.н. «нестохастических эффектов», к которым относят также эффекты больших доз радиоактивного облучения (лучевая болезнь разной степени тяжести, катаракта, определенные формы легочных заболеваний и др.), часть эффектов физических факторов воздействия и др. Общей характерной особенностью нестохастических эффектов является наличие порога действия вещества. Однако при проведении оценок риска смерти от действия неканцерогенных загрязняющих веществ часто используются консервативные предположения о беспороговом характере их действия с использованием линейных зависимостей «доза-ответ» или «концентрация-ответ».

*При оценке и анализе риска для здоровья человека, обусловленного систематическим воздействием на окружающую среду и здоровье населения, вводятся такие вторичные показатели риска (Критерии, 2003), как:*

- **индивидуальный риск**, определяемый вероятностью развития неблагоприятного эффекта у индивидуума, например риск развития рака

у одного индивидуума из 1000 лиц, подвергшихся канцерогенному воздействию. При оценке индивидуального риска, как правило, оценивается число дополнительных по отношению к фону случаев нарушений состояния здоровья, т.к. большинство заболеваний, связанных с воздействием среды обитания, встречаются в популяции и при отсутствии анализируемого воздействия (например, рак);

- **популяционный риск** – агрегированная мера ожидаемой частоты вредных эффектов среди всех подвергшихся воздействию людей, например число дополнительных случаев заболевания раком в год в экспонируемой популяции.

Подчеркнем, что *популяционный риск* выступает основным натуральным показателем при оценке общего социально-экономического ущерба, связанного с систематическим воздействием на здоровье населения загрязненной окружающей среды. В этом отношении его аналогом при аварийном воздействии на население служит указанный выше показатель **коллективного риска**.

**Канцерогенный пожизненный риск** – вероятность развития новообразований на протяжении всей жизни человека, обусловленная воздействием потенциального канцерогена, например, может определяться ожидаемым числом случаев смерти от определенных типов новообразований на 1 млн человек, проживающих в условиях риска.

Используются также производные показатели риска, например **натуральный ущерб (вред) для здоровья**, определяемый числом лет сокращения ожидаемой продолжительности жизни из-за преждевременной смерти или болезни, обусловленной воздействием загрязненной окружающей среды.

## **Количественные показатели риска, используемые в системе Ростехнадзора**

В качестве **примера** достаточно корректного введения и построения системы показателей риска (общих и частных) в табл. 1.1 приведем некоторые определения из приказа Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах». В данном примере общим показателем является риск аварии, который дополняется системой вторичных показателей риска.

Таблица 1.1. Выборочные определения показателей риска и ущерба, используемые в системе Ростехнадзора

<i>Анализ риска аварии</i>	взаимосвязанная совокупность научно-технических методов исследования опасностей возникновения, развития и последствий возможных аварий для обеспечения промышленной безопасности ОПО
<i>Допустимый риск аварии</i>	установленные либо полученные согласно формализованной установленной процедуре значения риска аварии на ОПО, превышение которых характеризует угрозу возникновения аварии
<i>Качественная оценка риска аварии</i>	Описание качественных характеристик и признаков возможности возникновения и соответствующей тяжести последствий реализации аварии для жизни и здоровья человека, имущества и окружающей среды
<i>Количественная оценка риска аварии</i>	определение значений числовых характеристик случайной величины ущерба (человеку, имуществу и окружающей среде) от аварии на ОПО
<i>Оценка риска аварии</i>	определение качественных и (или) количественных характеристик опасности аварии
<i>Показатели риска</i>	количественные показатели опасности
<i>Риск аварии</i>	Мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на ОПО и соответствующую ей тяжесть последствий
<i>Технический риск</i>	вероятность отказа технических устройств с последствиями определенного уровня (класса) за определенный период функционирования ОПО
<i>Индивидуальный риск</i>	частота поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности аварий
<i>Потенциальный территориальный риск</i>	частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке на площадке ОПО и прилегающей территории
<i>Коллективный риск</i>	ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени
<i>Социальный риск (или риск поражения группы людей)</i>	зависимость частоты возникновения сценариев аварий $F$ , в которых пострадало на определенном уровне не менее $N$ человек, от этого числа $N$ . Характеризует социальную тяжесть последствий (катастрофичность) реализации совокупности сценариев аварии и представляется в виде соответствующей $F/N$ -кривой

## Окончание таблицы 1.1

<i>Материальный риск (или риск материальных потерь)</i>	зависимость частоты возникновения сценариев аварий $F$ , в которых причинен ущерб на определенном уровне потерь не менее $G$ , от количества этих потерь $G$ . Характеризует экономическую тяжесть последствий реализации опасностей аварий и представляется в виде соответствующей $F/G$ -кривой (Экспертиза, 2016)
---	--

Ниже даны краткие характеристики основных количественных показателей риска (таблица 1.3), используемых в системе Ростехнадзора.

При анализе опасностей, связанных с отказами технических устройств, выделяют *технический риск*, показатели которого определяются соответствующими методами теории надежности.

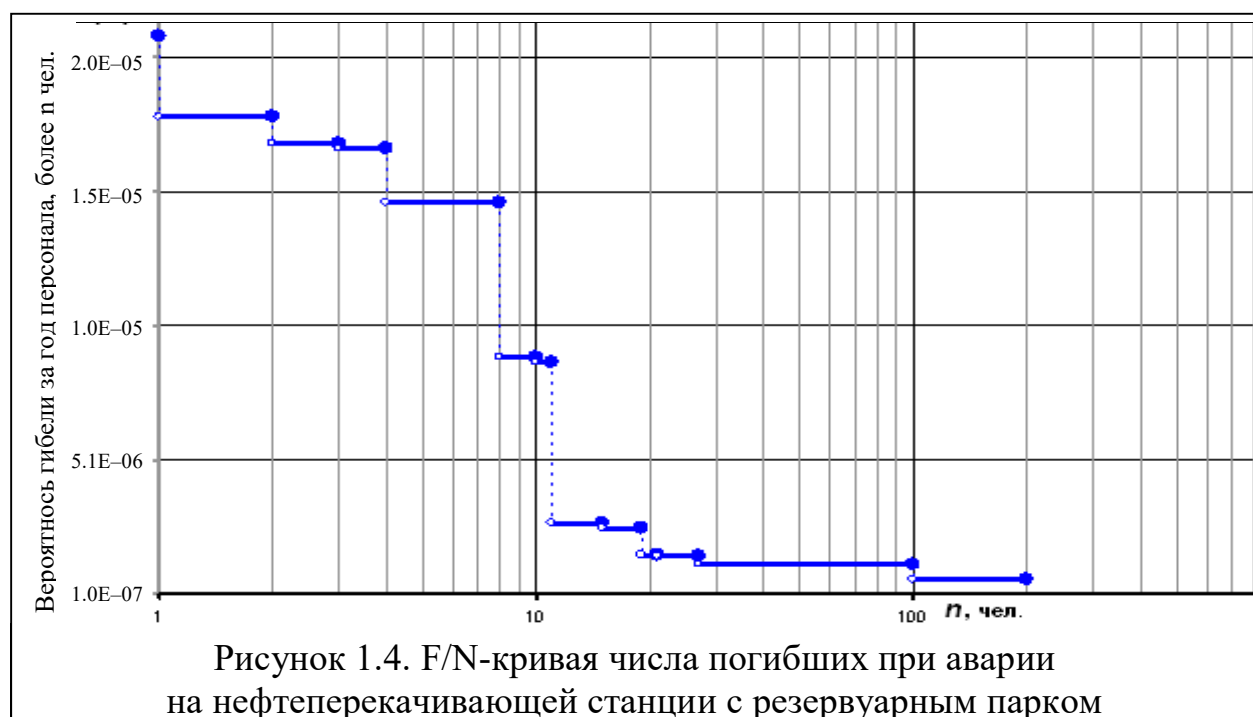
Одной из наиболее часто употребляющихся характеристик опасности объекта является *индивидуальный риск*. В общем случае количественно (численно) индивидуальный риск выражается отношением числа пострадавших людей к общему числу, рискующих за определенный период времени.

Комплексным показателем риска, характеризующим пространственное распределение опасности по объекту и близлежащей территории, является *потенциальный территориальный риск* – частота реализации поражающих факторов в рассматриваемой точке территории. Потенциальный территориальный или потенциальный риск не зависит от факта нахождения объекта воздействия (например, человека) в данном месте пространства. Предполагается, что условная вероятность нахождения объекта воздействия равна 1 (т.е. человек находится в данной точке пространства в течение всего рассматриваемого промежутка времени). Потенциальный риск не зависит от того, находится ли опасный объект в многолюдном или пустынном месте, и может меняться в широком интервале. Потенциальный риск, в соответствии с названием, выражает собой потенциал максимально возможной опасности для конкретных объектов воздействия (реципиентов, находящихся в данной точке пространства). Как правило, потенциальный риск оказывается промежуточной мерой опасности, используемой для оценки социального и индивидуального риска при авариях.

Индивидуальный риск во многом определяется квалификацией и готовностью индивидуума к действиям в опасной ситуации, его

защищенностью. Индивидуальный риск, как правило, следует определять не для каждого человека, а для групп людей, характеризующихся примерно одинаковым временем пребывания в различных опасных зонах и использующих одинаковые средства защиты. Рекомендуется оценивать индивидуальный риск отдельно для персонала объекта и для населения прилегающей территории, или при необходимости для более узких групп, например для рабочих различных специальностей.

Распределение потенциального риска и распределение населения в исследуемом районе позволяет получить количественную оценку *социального риска для населения*. Социальный риск характеризует масштаб и частоту аварий и определяется функцией распределения потерь (ущерба), у которой есть установившееся название – *F/N-кривая*. Для этого нужно определить число пораженных при каждом сценарии от каждого источника опасности и затем определить зависимость частоты событий (*F*), в которых пострадало на том или ином уровне число людей, больше определенного (*N*). На рис. 1.4 представлен пример F/N-кривой числа погибших при аварии на нефтеперекачивающей станции (Гражданкин и др., 2007).



В общем случае в зависимости от задач анализа под *N* можно понимать и общее число пострадавших, и число смертельно травмированных или другой показатель тяжести последствий. Соответственно, критерий приемлемости риска будет определяться уже не числом, а кривой,

построенной для различных сценариев аварии с учетом их вероятности. В настоящее время общераспространенным подходом для определения приемлемости риска является использование двух кривых, когда, например, в логарифмических координатах определены  $F/N$ -кривые приемлемого и неприемлемого риска. Область между этими кривыми определяет промежуточную степень риска, вопрос о снижении которой следует решать, исходя из специфики производства и региональных условий.

Другой количественной интегральной мерой опасности объекта является *коллективный риск*, определяющий ожидаемое количество пострадавших в результате аварий на объекте за определенный период времени. Для целей экономического регулирования промышленной безопасности и страхования важным является такой показатель риска, как *ожидаемый ущерб* в стоимостных или натуральных показателях (математическое ожидание ущерба или сумма произведений вероятностей причинения ущерба за определенный период на соответствующие размеры этих ущербов). Общая схема анализа опасностей и оценки риска аварий на ОПО приведена на рисунке 1.5.

### **Количественные показатели риска, используемые в системе МЧС России**

В качестве другого примера достаточно корректного введения и построения системы показателей риска (общих и частных) в табл. 1.2 приведем некоторые определения из методического документа МЧС России «Методики оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций», подготовленного и утвержденного для использования в системе независимой оценки риска (Методики, 2008; Акимов, Быков, Востоков и др., «Методики...», 2007). Этот документ представляет собой систему взаимосвязанных методических материалов (как оригинальных, так и апробированных методик и/или методических рекомендаций), определяющих процедуру оценки рисков чрезвычайных ситуаций, связанных с воздействием поражающих факторов, обусловленных пожарами, взрывами и выбросами токсических веществ, используемые при оценке риска технологий и инструментов и устанавливает нормативы приемлемых уровней риска чрезвычайных ситуаций. В данном случае общими показателями служат риск и риск чрезвычайной ситуации, которые дополняются системой вторичных показателей риска. Для полноты приводим также определения вторичных

нормативных показателей риска и ущерба, вошедшие в данный документ.

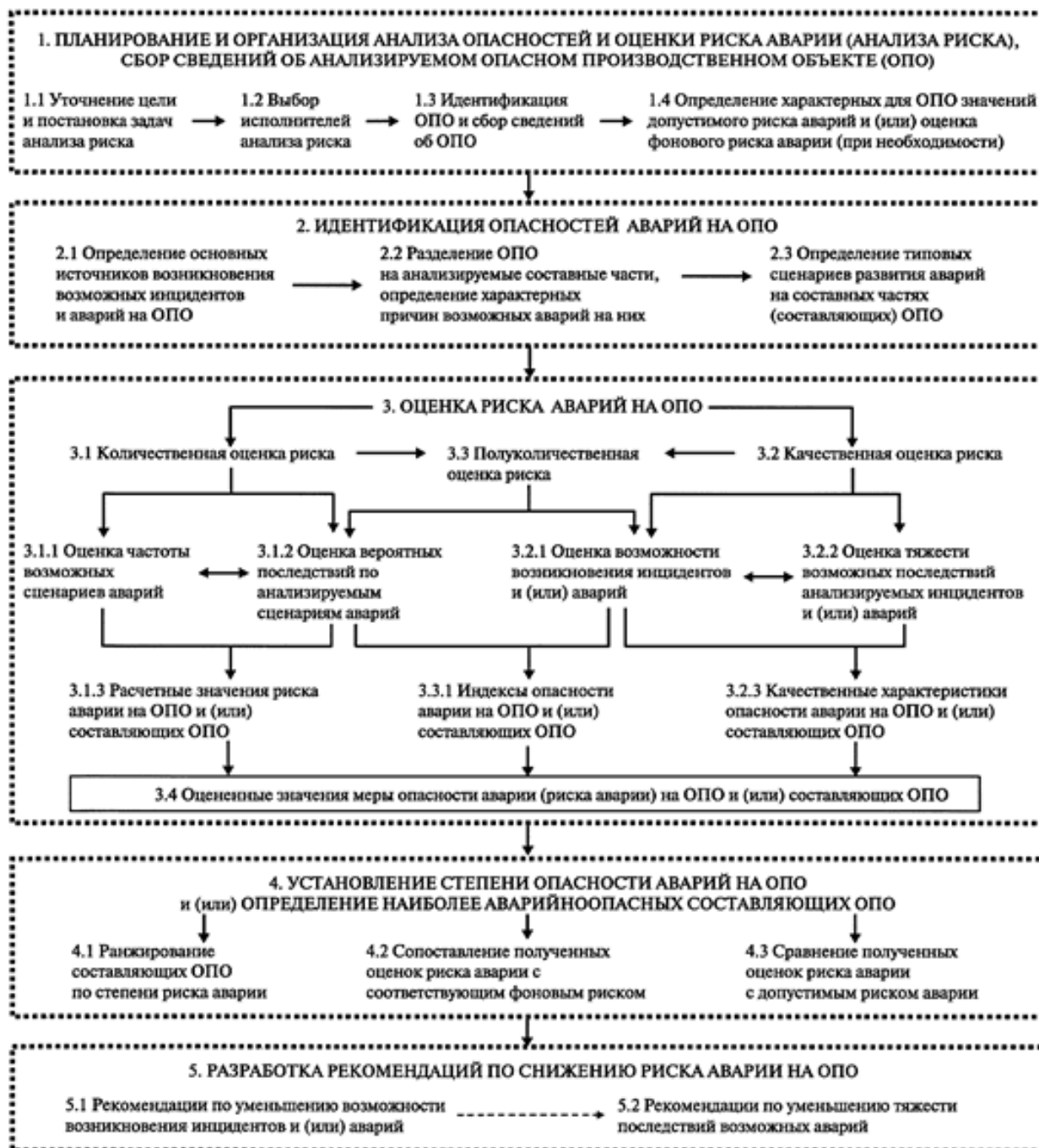


Рисунок 1.5. Общая схема анализа опасностей и оценки риска аварий на ОПО

Таблица 1.2. Определения показателей риска, нормативных показателей риска и ущерба (Методики, 2008; Акимов, Быков, Востоков и др., «Методики...», 2007)

<i>Риск</i>	количественная характеристика меры возможной опасности и размера последствий ее реализации
<i>Риск чрезвычайной ситуации</i>	потенциальная возможность возникновения чрезвычайной ситуации с негативными последствиями, представляющими угрозу жизни, здоровью и имуществу населения, объектам экономики и окружающей среде
<i>Риск индивидуальный</i>	частота поражения отдельного человека в результате воздействия всей совокупности исследуемых факторов опасности в рассматриваемой точке пространства
<i>Риск социальный (F/N-диаграммы или кривые социального риска)</i>	зависимость между частотой реализации определенных факторов опасностей и размером последствий для здоровья людей (числом погибших или пострадавших)
<i>Риск экономический F/G-диаграммы или кривые экономического риска</i>	зависимость между частотой реализации определенных факторов опасностей и размером материального ущерба
<i>Риск коллективный</i>	ожидаемое количество погибших или пострадавших в результате возможных реализаций факторов опасности за определенный период времени
<i>Риск материальный</i>	ожидаемые материальные потери в результате возможных реализаций факторов опасности за определенный период времени
<i>Риск предельно допустимый</i>	нормативный уровень риска, определяющий верхнюю границу допустимого риска
<i>Риск неприемлемый (недопустимый)</i>	риск, уровень которого превышает величину предельно допустимого уровня риска
<i>Риск допустимый</i>	риск, уровень которого ниже величины предельно допустимого уровня риска. Допустимый риск подразделяется на три категории: повышенный, условно приемлемый и приемлемый риск
<i>Риск повышенный</i>	риск, уровень которого близок к предельно допустимому, требуются меры по его снижению и контролю
<i>Риск условно приемлемый</i>	риск, уровень которого разумно оправдан с социальной, экономической и экологической точек зрения, но рекомендуются меры по его дальнейшему снижению и контролю



## Окончание таблицы 1.2

<i>Риск приемлемый</i>	риск, уровень которого безусловно оправдан с социальной, экономической и экологической точек зрения или пренебрежимо мал
<i>Опасность</i>	способность причинения какого-либо вреда (ущерба), в том числе угроза жизни и здоровью человека, его материальным и духовным ценностям, окружающей среде
<i>Пострадавшие</i>	количество людей, погибших или получивших в результате чрезвычайной ситуации ущерб здоровью (Постановление, 2007)
<i>Ущерб</i>	потери некоторого субъекта или группы субъектов части или всех своих ценностей
<i>Ущерб материальный</i>	потери материальных ценностей, собственности или финансовых средств
<i>Ущерб социальный</i>	потери, связанные с жизнью, здоровьем и духовными ценностями индивидуума, социальных групп и общества в целом
<i>Ущерб социально-экономический</i>	стоимостное выражение потерь, связанных с жизнью, здоровьем и духовными ценностями индивидуума, социальных групп и общества в целом
<i>Ущерб эколого-экономический</i>	сумма затрат на ликвидацию последствий чрезвычайной ситуации, восстановление объектов и сооружений, расположенных на загрязненной территории, а также реабилитацию загрязненной территории или оплату за нанесение вреда окружающей среде от загрязнения земель, водных объектов и атмосферы

Дадим небольшой комментарий относительно основных количественных показателей риска, используемых в методическом документе МЧС России (Методики, 2008).

**Риск индивидуальный**, в отличие от аналогичного показателя, используемого в системе Ростехнадзора, привязывается к определенной точке пространства.

По аналогии с показателем *риск социальный* вводится показатель, который назван *риск экономический*, определяемый зависимостью между частотой реализации определенных факторов опасностей и размером материального ущерба. Другими словами, *F/N*-диаграммы или кривые социального риска дополняются т.н. *F/G*-диаграммами или кривыми экономического риска. Такой же дуализм характерен для показателей *риск коллективный* и *риск материальный*, которые определяются

ожидаемыми значениями последствий в результате возможных реализаций факторов опасности за определенный период времени и различаются видом последствий: ожидаемое количество погибших или пострадавших определяет риск коллективный, ожидаемые материальные потери – риск материальный.

Введена целая группа показателей, применяемых в нормативных целях. При этом установлена верхняя граница допустимых значений риска, которая названа **риск предельно допустимый**. Значения риска, превышающие предельно допустимый риск, относятся к риску неприемлемому или недопустимому. Значения риска, меньшие чем предельно допустимый риск, задают область допустимого риска, которая подразделяется на три категории: **повышенный, условно приемлемый и приемлемый риск**. **Риск повышенный** – риск, уровень которого близок к предельно допустимому, **условно приемлемый** – риск, уровень которого разумно оправдан с социальной, экономической и экологической точек зрения, и наконец, **приемлемый** – риск, уровень которого, безусловно, оправдан с социальной, экономической и экологической точек зрения или пренебрежимо мал.

Отметим также, что в документе МЧС России (Методики, 2008) вводятся также родственные риску показатели, такие как опасность, ущерб, в том числе материальный, социальный, социально-экономический, эколого-экономический. Для дальнейшего изложения важно подчеркнуть взаимосвязь двух показателей ущерба: социального и социально-экономического. **Ущерб социальный** определяет в натуральном исчислении потери, связанные с жизнью, здоровьем и духовными ценностями индивидуума, социальных групп и общества в целом, т.е. определяется, в частности, числом погибших или пострадавших. **Ущерб социально-экономический** переводит эти натуральные оценки в денежное выражение, т.е. это стоимостное выражение потерь, связанных с жизнью, здоровьем и др.

Наконец, отметим, что в Федеральном законе «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (принят Государственной Думой 4 июля 2008 года, одобрен Советом Федерации 11 июля 2008 года), с дополнениями и изменениями в редакции Федеральных законов от 10.07.2012 используются следующие вторичные показатели пожарного риска:

**индивидуальный пожарный риск** – пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара;

**социальный пожарный риск** – степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара;

**допустимый пожарный риск** – пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий;

которые в смысловом отношении близки к рассмотренным выше определениям вторичных показателей риска, но учитывают специфику фактора опасности, а именно – пожара. Комментарий относительно показателя социального пожарного риска будет дан далее при рассмотрении вопросов нормирования социального риска.

## 1.4. Классификация рисков

**Классификация рисков** – подразделение рисков на категории/классы/виды с применением определенных критериев. Выбор критериев, в том числе, зависит от целей и особенностей процедуры анализа и управления риском. Число возможных критериев классификации рисков может быть очень большим, поэтому сами критерии классификации необходимо группировать. Основная цель классификации – выделение конкретных рисков, а каждый из конкретных рисков, измеряемый частотой возникновения и размером неблагоприятных последствий (ущерба), описывается его стандартными характеристиками: опасность, связанная с риском, подверженность риску, уязвимость (чувствительность к риску), а также другими дополнительными параметрами (характеристиками), такими как взаимодействие с другими рисками, степень однородности риска, степень прогнозируемости и др. (Чернова, Кудрявцев, 2003; Порфирьев, 1988, 1991; Быков, Мурзин, 1997; Быков, Порфирьев, 2006).

В зависимости от степени общности критериев и/или характеристик риска классификации риска можно подразделить на:

- I. Общую классификацию риска и
- II. Специфические классификации риска.

### Общая классификация риска

Критериями для классификации здесь выступают наиболее общие, присущие всем видам риска, характеристики.

**В рамках общей классификации критериями могут служить:**

- источники, факторы (среда возникновения) или причины (природа) опасности/ущерба;

- объект(ы) уязвимости к опасности;
- масштабы/уровни опасности/последствий;
- зависимость от временного фактора;
- типичность или регулярность реализации риска;
- характеристика последствий реализации риска;
- характеристика взаимодействия с другими рисками;
- характеристика величины/размера риска;
- возможность свободы выбора;
- характеристика степени измеримости и прогнозируемости риска.

### **1. По источникам, факторам или причинам (природе) опасности/ущерба.**

По этому критерию можно выделить следующие риски:

- *природные* (геологические, метеорологические и т.д.), связанные со стихийными бедствиями и природными катастрофами (наводнениями, землетрясениями, штормами, климатическими катаклизмами и др.);

- *антропогенные*, связанные с деятельностью человека.

По данному критерию можно выделить следующие риски:

- *социогенные*;
- *социальные* (межличностные, внутригрупповые, межгрупповые).

Под социальными рисками здесь подразумеваются риски возникновения таких отрицательных социальных явлений, как преступность, нарушение безопасности объектов, неблагоприятные социальные внешние эффекты и др.;

- *экономические, связанные с экономической активностью*, т.е. собственно с ведением бизнеса и результатами экономических процессов.

Среди них можно выделить:

- *коммерческие*, которые зависят от решений менеджеров (производственные, транспортные, торговые, финансовые и т.д.);

- *рыночные*, которые не зависят от решений менеджеров (риски, связанные с экономическими изменениями или с усилением конкуренции, валютные, инфляционные и т.д.).

- *политические или экономико-политические*, обусловленные экономической политикой, в частности:

- риски, связанные с налогообложением;
- риски государственного регулирования (например, изменение антимонопольного регулирования);

- правовые риски (лицензии и патенты, невыполнение контрактов, судебные процессы, форс-мажор и т.д.).

- *техногенные* (промышленные, энергетические, транспортные и т.д.), связанные с последствиями функционирования технических систем и/или их нарушениями (пожары, изменение технологии, ухудшение качества и производительности производства, специфические риски технологии, ошибки в проектно-сметной документации).

- *комбинированные* (природно-антропогенные, антропогенно-природные, природно-техногенные и т.д.), в частности к ним можно отнести эпидемические, экологические (измененная окружающая среда) риски и т.д.

По критерию, какими внешними или внутренними обстоятельствами обусловлен риск, можно выделить следующие риски:

- *внутренние*, т.е. такие, которые, например, связаны с организацией работы исследуемой компании или деятельностью изучаемого лица. Иными словами, это такие риски, на которые может повлиять менеджмент. Примерами могут служить поломка оборудования, отсутствие на складе магазина необходимых товаров и т.п.;

- *внешние*, т.е. те, которые определяются внешними обстоятельствами. В качестве примеров можно назвать появление у конкурентов более эффективной технологии, ухудшение экологической обстановки и т.д.

Должны приниматься во внимание риски обоих видов, однако если внутренними можно управлять, то внешние в большинстве случаев поддаются только учету и мониторингу.

#### **Пример.** Классификация источников риска смерти

При сравнительном анализе различных источников опасности для человека следует принимать во внимание конечную вероятность смерти человека, обусловленную генетическими и соматическими заболеваниями человека, а также естественным старением организма. Внутренняя среда организма человека по этим причинам является источником риска смерти, и это, конечно, необходимо учитывать при анализе масштабов риска для населения страны. Важно также учитывать, что естественная среда обитания претерпевает различного рода возмущения, воздействие которых на человека может приводить как к незначительным повреждениям, так и к массовой гибели людей (землетрясения, наводнения, ураганы и т.п.).

Развитие человечества привело к возникновению особых условий существования, совокупность которых можно назвать искусственной средой обитания. Искусственная среда обитания обеспечила практическую независимость человека от неблагоприятных воздействий многих явлений, создала предпосылки для развития цивилизации. Однако с искусственной средой обитания связано появление новых источников опасности для человека и соответственное увеличение индивидуального риска. Основными причинами смерти вследствие воздействия искусственной среды обитания можно считать несчастные случаи в быту, на транспорте, заболеваемость от загрязнения окружающей среды промышленными и транспортными выбросами и т.п. Разнообразные источники неблагоприятных воздействий связаны также с профессиональной деятельностью человека. Основными причинами смерти при воздействии этих источников опасности могут быть профессиональные заболевания, несчастные случаи, аварии и катастрофы. Помимо профессиональной деятельности, человеку свойственны также различные непрофессиональные занятия, с которыми связаны дополнительные источники опасности, приводящие к заболеваниям и несчастным случаям. Типичным примером непрофессиональной деятельности современного человека может служить любительский спорт. Наконец, нельзя не упомянуть также и социальную среду как потенциальный источник риска смерти для человека. Воздействия этой среды могут привести к появлению таких чисто социальных причин, как преступления, военные действия, наркомания, самоубийства, алкоголизм и т.п.

Для облегчения количественных оценок масштаба риска неблагоприятных последствий в земных условиях Е.Е. Ковалевым в свое время была предложена классификация источников риска смерти, приведенная в таблице 1.3 (Ковалев, 1973; Ковалев, 1976; Ковалев, 1981; Ковалев, 1992). Эта классификация может служить примером, пусть в какой-то степени условным, для сравнительных оценок риска неблагоприятных последствий в различных сферах деятельности современного человека в промышленно-развитых странах. Следует отметить, что только в первом приближении указанные источники воздействуют на человека независимо один от другого. В реальной жизни эти источники часто образуют сложные сочетания.

Таблица 1.3. Классификация источников риска смерти

Источники риска смерти	Основные причины смерти
1. Внутренняя среда организма	Генетические и соматические заболевания
2. Естественная среда обитания	Несчастные случаи при землетрясениях, ураганах, наводнениях и т.д.
3. Искусственная среда обитания	Несчастные случаи в быту, на транспорте, заболеваемость от загрязнений внешней среды и т.д.
4. Профессиональная деятельность	Профессиональные заболевания, несчастные случаи на производстве
5. Непрофессиональная деятельность	Заболеваемость и несчастные случаи в любительском спорте и др. видах непрофессиональной деятельности
6. Социальная среда	Самоубийства и самоповреждения, убийства и повреждения с преступными целями, убийства и ранения, связанные с военными действиями, и т.п.

## **2. По объектам уязвимости к опасности:**

• *социально-политические*, где объектом уязвимости служат общественные отношения. По этому критерию можно выделить риски:

- *индивидуальные;*
- *коллективные;*
- *общесоциальные;*
- *внутриполитические;*
- *внешнеполитические;*
- *общеполитические;*

• *экологические*, где объектом уязвимости является состояние окружающей среды. По этому критерию можно выделить риски:

- *индивидуальные;*
- *видовые (родовые и т.д.);*
- *экосистемные;*
- *экономические.*

По объекту уязвимости можно выделить экономические риски, связанные:

• *с собственностью (имуществом)*. Подобные риски встречаются достаточно часто и легко выражаются в денежной форме. Конечно, особенности конкретных рисков зависят от вида имущества: недвижимое,

движимое, нематериальные активы. Понятно, что риски, характерные для зданий, отличны от рисков, которым подвержены автомобиль или авторские права;

- *доходами*. Это достаточно специфические риски, так как они возникают только в контексте создания доходов (бизнес) или их распределения (например, вопросы наследства);

- *персоналом*. Данные риски часто имеют внеэкономическую природу, так что их сложно оценить в денежной форме. Нередко такая оценка ограничивается лишь величиной отрицательных финансовых последствий;

- *ответственностью*. Соответствующие риски определяются ответственностью, возникающей в связи с непредвиденным событием в отношении лиц, которые на момент оценки риска еще не известны. Примерами могут служить профессиональная ответственность или риски, связанные с окружающей средой.

В ряде случаев одно исходное событие может повлиять на различное число объектов уязвимости, подверженных риску.

По критерию характера влияния на различные объекты уязвимости можно выделить:

- *общий риск* – риск, влияющий на различные объекты, иногда вызывающий отрицательные последствия разной природы. Примером является природный катаклизм, вызывающий гибель людей, разрушение имущества, нарушение нормального функционирования бизнеса и т.д.;

- *частный риск* – риск, затрагивающий отдельный объект или лицо.

Как правило, по общим рискам легче собрать необходимую информацию, чем по частным рискам, так как негативному воздействию подвергаются многие объекты. Это же относится и к частным массовым рискам.

Для общего риска характерна кумуляция рисков. Под кумуляцией рисков понимается ситуация, когда одно событие может вызвать ущерб на разных объектах, но ответственность за покрытие этого ущерба полностью или частично лежит на одной организации или лице, так что совокупный ущерб накапливается. Примером может служить страхование недвижимости в области, подверженной опасности наводнения. После наводнения страховая компания может получить большое число исков о возмещении потерь, связанных с повреждением застрахованной собственности.



В зависимости от того, на кого распространяются отрицательные последствия неблагоприятного события, кто может пострадать от реализации риска, можно выделить следующие риски:

- *односторонние;*
- *двусторонние;*
- *многосторонние.*

Примером *одностороннего* риска может служить риск смертности, *двустороннего* – риск возникновения страхового случая по договору с безусловной франшизой, *многостороннего* – риск инфляции.

### **3. По масштабам/уровням опасности/последствий**

По критерию географического охвата риски можно подразделить:

- *на локальные;*
- *региональные;*
- *общенациональные;*
- *глобальные.*

По критерию *степени опасности/последствий* риски можно подразделить на:

- *незначительные (пренебрежимые, несущественные);*
- *существенные;*
- *значительные (критические).*

По критерию масштаба или уровня реализации в социально-экономической системе возможна следующая классификация:

- *риски, возникающие на уровне экономической системы страны;*
- *риски, возникающие на уровне административно-хозяйственных и региональных образований;*
  - *риски, возникающие на уровне отдельного хозяйствующего объекта (компании);*
  - *риски, возникающие на уровне структурных подразделений;*
  - *риски, возникающие на уровне отдельного рабочего места.*

На некоторые из этих рисков можно влиять, другие – только учитывать при принятии решений.

Уровень ответственности за риск необязательно совпадает с уровнем, на котором он возник. В частности, для экономических рисков, связанных с бизнесом, можно выделить следующие уровни ответственности:

- *проектные риски и/или риски подразделения, т.е. связанные с конкретным проектом или конкретным подразделением компании;*

- *риски организации (предприятия)*, т.е. риски, характерные для компании в целом;

- *отраслевые риски*, т.е. риски, обусловленные спецификой всех компаний отрасли (конъюнктура рынка выпускаемой продукции и т.п.);

- *общеэкономические риски*, т.е. риски, влияющие на экономику страны (инфляция, кризис перепроизводства или финансовых рынков и т.д.);

- *глобальные риски* – риски мировой экономики в целом.

Для каждого из указанных уровней будут иметь место свои особенности при анализе и управлении риском.

#### **4. По зависимости от временного фактора**

Критериями для классификации здесь могут выступать:

- *степень учета временного фактора*, т.е. в течение какого периода времени действует риск.

Риск может действовать ограниченное время (например, риск возникновения осложнений после хирургической операции имеет место лишь в течение определенного срока после проведения соответствующей операции).

По *временному фактору действия риска* можно выделить следующие риски:

- *бессрочные*, которые не имеют временных ограничений;

- *срочные*,

среди которых, в свою очередь, можно выделить:

- *долгосрочные*;

- *среднесрочные*;

- *краткосрочные*.

Данная классификация очень важна, т.к. при управлении риском должна, очевидно, проводиться различная политика в отношении бессрочных, долгосрочных, среднесрочных и краткосрочных рисков.

- *зависимость риска от времени*.

По этому критерию можно выделить:

- *статические риски*, т.е. риски, которые не зависят от времени или у которых такую зависимость выявить не удалось;

- *динамические риски*, т.е. риски, изменяющиеся во времени (например, рост риска аварий при увеличении износа оборудования). Вид и степень зависимости могут различаться для разных рисков.

По продолжительности проявления (и ликвидации) отрицательных последствий, как правило, можно выделить риски:

- с *краткосрочным*:
- среднесрочным или
- долгосрочным

проявлением отрицательных последствий.

Большинство рисков относится к группе с краткосрочным проявлением отрицательных последствий: обычно ущерб определяется сразу или в течение короткого промежутка времени (например, в течение нескольких месяцев). Таковы, в частности, риски пожаров или биржевых спекуляций. Однако в ряде случаев это невозможно. Скажем, по рискам, связанным с ответственностью, выявление ущерба может произойти через достаточно большой период времени (продолжительностью даже до нескольких десятилетий). Классическим примером такого риска является ситуация с использованием асбеста в строительстве. Несколько десятилетий назад он широко применялся в строительстве, так как негорюч и является хорошим теплоизолятором. Однако впоследствии выяснилось, что асбестовая пыль – канцерогенное вещество, она вызывает асбестоз (фиброзное уплотнение ткани легких из-за асбестовой пыли).

### **5. По типичности или регулярности реализации риска**

Критерием классификации служит то обстоятельство, насколько типичен и регулярен рассматриваемый риск для данного объекта и/или ситуации.

По этому критерию можно выделить:

- *регулярный риск*, внутренне присущий данному объекту и/или ситуации, а также основанный на природных или социальных закономерностях. Соответствующие события также являются случайными, но подверженность риску достаточно велика. К таким рискам можно отнести, в частности, риски автомобильных аварий или градобитие посевов;

- *нерегулярный риск*, вызываемый исключительно редкими событиями и форс-мажорными обстоятельствами, риск, реализующийся с очень низкой вероятностью. Примером является разрушение собственности в результате падения метеорита.

При анализе и управлении риском в первую очередь следует учитывать регулярные риски, а нерегулярные – лишь в той мере, в какой они представляются важными согласно другим критериям классификации.

### **6. По характеристике последствий реализации риска**

Последствия реализации риска являются важной характеристикой опасности, которой подвергается исследуемый объект или процесс.

В зависимости от состава исходов возможных реализаций риска различают:

- *чистый риск*, при котором все исходы, кроме сохранения текущей ситуации, связаны с негативными последствиями. Примером такого риска может служить пожар или ограбление;

- *спекулятивный риск*, т.е. риск, исходы которого связаны как с отрицательными («проигрыш»), так и с положительными («выигрыш») последствиями. В качестве примера можно привести риски игры на бирже.

Данная классификация важна для выявления особенностей методов управления указанным риском. Так, от чистых рисков часто защищаются с помощью страхования, а от спекулятивных – путем хеджирования.

#### **7. По характеристике взаимодействия с другими рисками**

На практике риски встречаются не отдельно, а в совокупности. В ряде случаев взаимосвязь рисков является ключевым аспектом, так как риски могут усиливать или ослаблять друг друга, индуцировать или потенцировать другие риски.

Критерием классификации здесь может выступать степень распространенности данного риска. Можно выделить:

- *массовые риски*, характерные для большого числа однотипных объектов (например, риски автомобильных катастроф). Даже если риск будет небольшим, с ним можно сталкиваться довольно часто. По таким рискам достаточно легко найти информацию;

- *уникальные риски*, встречающиеся только у отдельных объектов (например, ядерные риски). Как правило, это значительные риски, иначе на них не стоило бы тратить ресурсы и время. В силу уникальности подобных рисков иногда бывает довольно сложно найти информацию по ним.

Процедуры и методы анализа и управления указанными типами рисков будут принципиально различаться.

По критерию возможности индуцирования последовательной цепочки рисков можно выделить:

- *первичные риски*, т.е. риски, непосредственно связанные с неблагоприятным исходным событием;

- *вторичные риски*, обусловленные последствиями первичных рисков, связанных с неблагоприятным исходным событием;

- *третичные риски* и т.д.

Примером такого исходного события может служить землетрясение: разрушения собственности (в частности, плотины) будут соответствовать первичному риску, а последствия наводнения, вызванного разрушением этой плотины, – вторичному.

Другим примером может служить влияние природной и социальной среды на экономические риски. Подобное влияние может не наблюдаться (например, вряд ли есть зависимость между глобальным изменением климата и колебаниями курса акций компании Microsoft). Если природная и социальная среда влияет на риск, то взаимосвязь может быть либо прямой, либо косвенной. В случае с глобальным изменением климата примером прямой взаимосвязи будет служить рост совокупных потерь от ураганов, смерчей и штормов, а косвенной – долгосрочное влияние на курс акций нефтегазовых компаний. При этом воздействие природной и социальной среды на риск может усиливать или ослаблять его.

Критерием классификации экономических рисков может служить степень их диверсифицируемости. Риски в этом случае подразделяют:

- *на диверсифицируемые* и
- *недиверсифицируемые*.

Диверсификация рисков, т.е. их перераспределение по объемам, времени и пространству, считается наиболее эффективным путем уменьшения риска по портфелю, так что риск-менеджеры часто стремятся к достижению как можно большей степени диверсификации рисков. Если совокупная уязвимость по портфелю рисков в целом меньше, чем уязвимость по соответствующим рискам в отдельности, то риск считается диверсифицируемым, в противном случае – недиверсифицируемым.

### **8. По характеристике уровня (величины, размера) риска**

Уровень риска чрезвычайно важен для понимания того, как следует относиться к соответствующему риску. Понятие уровня риска предполагает согласованный анализ двух характеристик – частоты (вероятности) возникновения и размера ущерба/последствий.

Критериями классификации здесь выступают:

#### *А. Частота реализации риска (возникновения ущерба)*

Частота реализации риска является важной характеристикой уровня риска. Она может измеряться количественно или качественно. По частоте выделяются следующие классы рисков:

- *редкие риски*, для которых характерна малая частота реализации риска, т.е. малая вероятность наступления ущерба;

- *риски средней частоты*, для которых характерна средняя частота реализации риска, т.е. средняя вероятность наступления ущерба;

- *частые риски*, для которых характерна высокая частота реализации риска, т.е. высокая вероятность наступления ущерба.

Могут быть введены промежуточные градации.

*В. Размер (тяжесть) последствий/ущерба*

По данному критерию можно, например, выделить:

- *незначительные риски*, т.е. те риски, при реализации которых максимальный ущерб невелик;

- *средние риски*, максимальный ущерб для которых характеризуется как средний;

- *высокие риски* с большим максимальным ущербом;

- *катастрофические риски*, характеризующиеся исключительно большим максимальным ущербом.

Подобная классификация чрезвычайно важна и в том или ином виде широко используется на практике.

По критерию *степени приемлемости (допустимости) уровня риска* можно подразделить:

- на неприемлемые (недопустимые);

- приемлемые с существенными ограничениями (допустимые);

- приемлемые без заметных ограничений (несущественные, пренебрежимые).

**9. По возможности свободы выбора** риски можно подразделить:

- *на добровольные*;

- *вынужденные (в том числе профессиональные)*.

**10. По характеристике степени измеримости и прогнозируемости риска**

Вопрос об информационном обеспечении является одним из важных при анализе и управлении риском, так как его решение во многом обеспечивает процесс управления риском.

Критериями классификации здесь выступают степень (возможность) измеримости и предсказуемости риска, т.е. возможно ли оценить и спрогнозировать риск, доступна ли необходимая информация? Степень предсказуемости, или прогнозируемость, является важной характеристикой риска, с точки зрения процедур и методов управления этим риском.

По данному критерию риски могут быть разделены на следующие группы:

- *предсказуемые (прогнозируемые) риски*, которые можно предвидеть исходя из статистических данных, экономической теории или хозяйственной практики, но невозможно предсказать момент их реализации;

- *непредсказуемые (непрогнозируемые) риски*, о которых пока ничего неизвестно, поэтому невозможно оценить уровень риска.

Непредсказуемость может быть связана как с полным или частичным отсутствием информации (в частности, по уникальному объекту), так и с принципиальной невозможностью количественного или качественного прогноза (например, при оценке степени опасности некоторых биотехнологических исследований). Для предсказуемых (прогнозируемых) рисков дальнейший анализ тесно связан с получением необходимой информации.

Информация может быть:

- *количественной*, т.е. выраженной в виде численных значений тех или иных показателей. Количественная информация может обрабатываться с помощью статистических методов и использоваться для оценки параметров математических моделей;

- *качественной*, т.е. отражающей вербальное описание и/или оценочные суждения о данном объекте или процессе.

Оба типа информации могут быть полезны при анализе и управлении риском, хотя количественная информация предпочтительнее, так как позволяет численно измерять исследуемые риски.

Лицо, принимающее решения, должно четко осознавать степень достоверности используемой информации, так как недостоверная информация может привести к неправильным выводам и ошибкам при управлении риском, т.е. к росту потенциального ущерба. В большинстве случаев о степени достоверности информации можно судить только качественно, так что вопрос о численном измерении степени достоверности даже не стоит. Тем не менее, существуют подходы и к количественной оценке данной характеристики исследуемого риска.

### **Специфические классификации рисков**

Проведенный обзор критериев классификации рисков не является исчерпывающим, так как все перечисленные критерии – наиболее общие, в той или иной мере присущие всем видам рисков. Однако для конкретных рисков можно выделить и специфические критерии классификации, тесно связанные с особенностями указанных рисков.

В частности, можно выделить специфические риски ведения определенных типов бизнеса, например банка, страховой компании, производственного предприятия или торгово-закупочной фирмы. Конкретная классификация в каждом случае будет отражать особенности самого бизнеса, своеобразие сложившейся экономической ситуации и специфику реализации (проявления) рисков.

### ***Специфические банковские риски***

Банковский бизнес имеет ряд особенностей, что позволяет говорить о специфических банковских рисках. Их можно классифицировать, например, следующим образом:

- *рыночный риск*, т.е. риск изменения финансового положения банка вследствие изменения рыночных факторов или конъюнктуры финансовых рынков. В свою очередь, этот риск можно подразделить на валютный, процентный, связанный с изменением процентных ставок, риск ценных бумаг (с дальнейшим подразделением на рынок акций, облигаций, производных ценных бумаг и т.д.), риск рынка имущественных активов и т.д.;

- *кредитный риск*, т.е. риск ухудшения финансового состояния банка из-за снижения способности заемщиков к возврату кредитов;

- *риск ликвидности*, который включает как риск ликвидности обязательств самого банка, так и риск ликвидности активов, принадлежащих банку;

- *операционный риск*, т.е. риск финансовых потерь, вызванных неправильной организацией работы банка, неадекватным менеджментом, ошибочной политикой и риском, связанным с человеческим фактором;

- *правовой риск*, связанный как с юридическими ошибками самого банка, включая нарушение предписаний надзорных органов, так и с внешними причинами (изменение законодательства, включая налоговое, правил бухгалтерского учета или норм резервирования, а также нарушение законодательства клиентами банка).

Возможны и другие классификации банковских рисков.

### ***Специфические страховые риски***

В общем случае страховщик имеет дело с двумя типами рисков. К первому типу относят риски, поступающие страховщику от страхователей, ответственность по которым он берет на себя при заключении договора страхования. Второй тип включает собственные риски, появление



которых обусловлено деятельностью самой страховой компании, т.е. риски, возникающие в процессе работы страховщика.

Собственные риски являются специфическими. Основной целью системы риск-менеджмента страховой компании является управление общим специфическим страховым риском, который представляет собой риск недостаточности денежных средств страховой компании для выполнения своих обязательств, прежде всего по страховым выплатам.

Причины реализации этого риска обуславливают классификацию конкретных специфических рисков, в соответствии с которой можно, например, выделить:

- ***риски недостаточности средств страховой компании*** для выполнения обязательств по страховым выплатам, связанные с проведением страховых операций (с основной деятельностью). В свою очередь они подразделяются:

- на *риски, обусловленные спецификой страховой деятельности*. В эту группу включаются такие риски, как риск неадекватности страховых тарифов, риск неадекватности технических резервов, риск перестрахования, риск появления катастрофического ущерба и т.п.;

- *риски, являющиеся следствием развития страховой компании*, например риски, связанные с ростом или ликвидацией страховой компании;

- ***риски недостаточности финансовых средств страховщика*** для выполнения обязательств, не связанных с проведением страховых и инвестиционных операций. Иными словами, это те риски, с которыми страховая компания сталкивается постольку, поскольку она занимается бизнесом. В качестве примеров можно назвать риск невыполнения нестраховых обязательств, риск неполучения средств от посредников, риск управления и т.п.

Отдельно можно выделить ***инвестиционные риски***, т.е. риски возникновения дефицита денежных средств страховой деятельности из-за проблем в области финансовой инвестиционной деятельности. Это достаточно обширная группа рисков, в которую, в частности, входят риск неадекватного оценивания активов, риск обесценения инвестиций, риск неликвидности активов, риск несоответствия активов обязательствам, риск использования тех или иных финансовых инструментов и т.д.

Данная классификация базируется на европейском страховом законодательстве. Возможны и другие классификации специфических рисков, в частности американская (по технологическим этапам страхования).

Приведенные примеры классификации не покрывают всех критериев и возможностей классификации рисков. Для выделения конкретных рисков необходимо проводить их классификацию по различным критериям. Отметим, что классификацию рисков можно производить по многим критериям. При анализе рисков важно выделить группы однородных рисков. Это дает ряд важных преимуществ. Однако на практике не всегда возможно провести классификацию по нескольким критериям до такого состояния, чтобы риски в каждой группе были практически одинаковы (однородны). Это связано с ограниченностью наблюдаемых объектов, определенной степенью уникальности рисков, неполнотой информации и другими факторами. Поэтому риски, рассматриваемые в рамках одной выделенной группы, могут быть неоднородными, что требует более тщательного анализа таких рисков на последующих этапах.

## Глава 2. МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ, АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

### 2.1 Международные стандарты в области риск-менеджмента

Прежде чем приступить к рассмотрению основных аспектов технологии идентификации, оценки, анализа и управления рисками, необходимо дать определение некоторым дополнительным, не представленным выше, терминам, которые лежат в основе методологии анализа и управления рисками. Разумеется, они должны быть в максимальной степени гармонизированы с терминами, используемыми на международном уровне, и включенными в соответствующие нормативные документы, к которым, в первую очередь, относятся международные стандарты в области риск-менеджмента.

Как отмечалось выше, одной из трудностей на пути к лучшему пониманию риск-менеджмента было отсутствие единой международной терминологии в этой области до 27 июня 2002 г., когда был опубликован документ, ставший важной вехой в развитии управления рисками, – ISO/IEC Guide 73 «Risk Management – Vocabulary – Guidelines for use in standards» («Риск-менеджмент – Словарь терминов – Руководство по применению в стандартах»). В разработке «ISO/IEC Guide 73:2002 – RM Terminology» участвовали многие заинтересованные стороны во всем мире. В документе дана единая терминологическая база в области риск-менеджмента, которая вошла в группу международных стандартов в области риск-менеджмента ISO 31000<sup>1</sup>. В 2009 году Международная организация по стандартизации (ISO) опубликовала принятую группу стандартов ISO 31000, в которой центральное место занимает стандарт AS/NZS ISO 31000:2009 Risk Management – Principles and Guidelines – «Управление рисками – принципы и руководства». Эта группа стандартов представляет обобщение международной «лучшей практики» в управлении рисками по состоянию на 2009 год. Стандарт ISO 31000:2009 «Менеджмент рисков. Принципы и руководящие указания» был актуализирован в 2018 году – была введена в действие новая редакция ISO 31000:2018 (далее – ISO 31000).

---

<sup>1</sup> И в переводе – в национальный стандарт ГОСТ Р 51897-2021 Руководство ИСО 73:2009. Менеджмент риска. Термины и определения.

Организации всех типов и размеров сталкиваются с внутренними и внешними факторами и воздействиями, из-за которых возникают неопределенности в достижении поставленных ими целей. Напомним, что *влияние неопределенности на цели организации* определяется в ISO 31000 как «*риск*». Любая деятельность организации при таком определении связана с риском. Организации управляют риском посредством его идентификации, анализа и последующего решения, следует ли применять меры управления с целью удовлетворения критериям приемлемости риска. На протяжении всего процесса организации осуществляют коммуникации и консалтинг с заинтересованными сторонами, управляют и анализируют риск и способы управления, которые минимизируют риск с целью обеспечения того, что последующие дополнительные меры не потребуются. Данный Международный стандарт описывает этот систематический и логический процесс.

### **Управление рисками, риск-менеджмент и менеджмент риска**

**Менеджмент риска** определяется в ISO 31000 следующим образом: «скоординированные действия по руководству и управлению организацией в области риска»<sup>2</sup>.

На рисунке 2.1 показаны принципы, структуры и процессы, на которых согласно ISO 31000 основан менеджмент риска в организациях.

Подчеркнем, что в отечественной литературе употребляются три словосочетания:

- *управление рисками (риском);*
- *менеджмент рисков (риска);*
- *риск-менеджмент.*

Причиной такого положения дел служит, по-видимому, различный перевод термина «**риск-менеджмент**» (risk management).

В ряде случаев управление рисками рассматривается как один из элементов риск-менеджмента, например:

- *управление (риском) – меры, направленные на изменение риска (ГОСТ Р 51897-2021 Руководство ИСО 73:2009. Менеджмент риска. Термины и определения);*

---

<sup>2</sup> Дано в переводе ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство».

- управление риском – действия, осуществляемые для выполнения решений в рамках менеджмента риска. *Примечание: Управление риском может включать мониторинг, переоценивание и действия, направленные на обеспечение соответствия принятым решениям (Менеджмент рисков, 2009);*

- *управление (риском) (control) – меры, направленные на изменение риска (ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство»).*

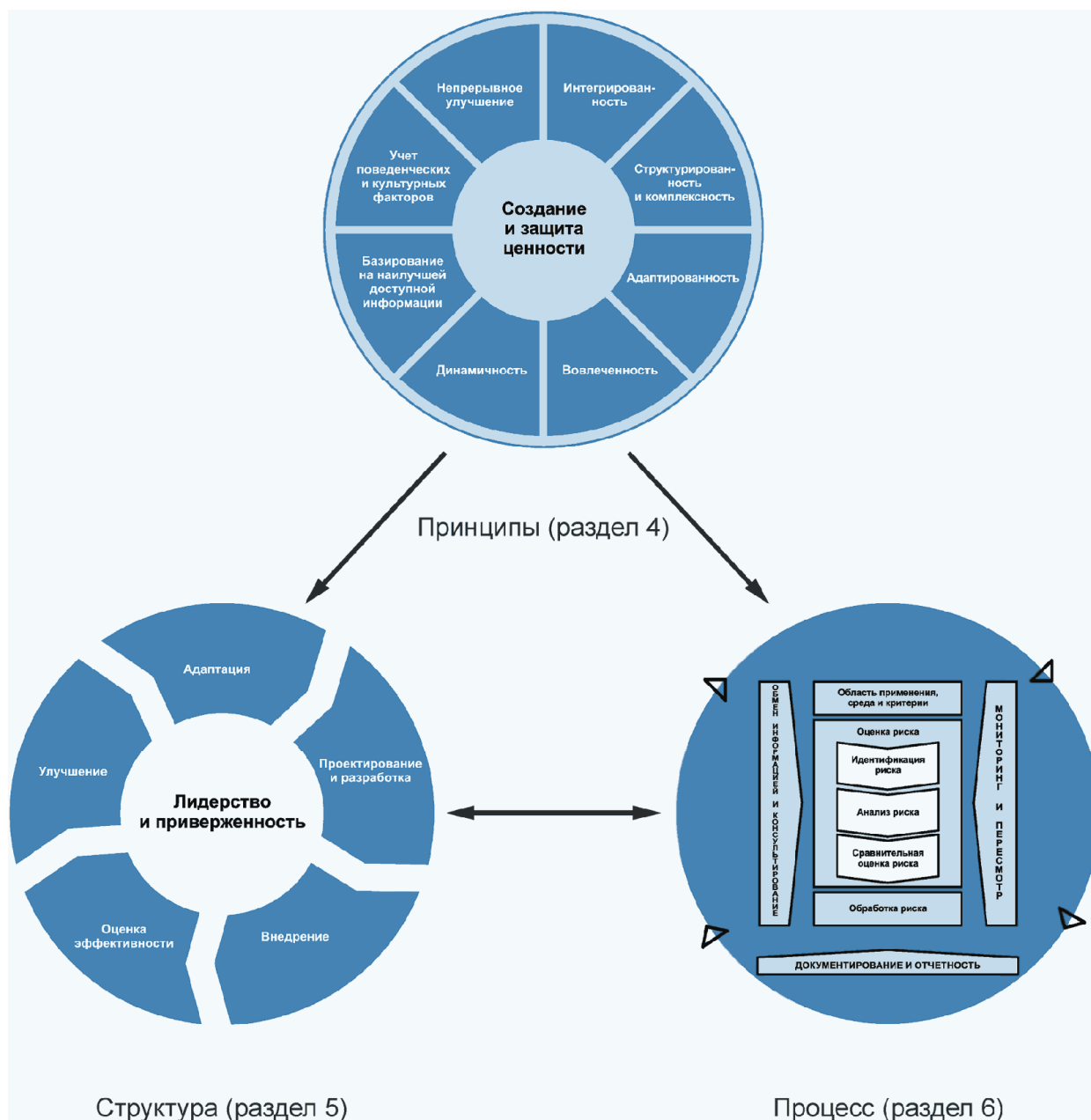


Рисунок 2.1. Принципы, структура и процесс

При таком подходе управление рисками определяется в узком смысле:

*управление рисками (в узком смысле)* – это (основанная на оценке и анализе риска) целенаправленная *деятельность* по реализации наилучшего из возможных способов уменьшения рисков до уровня, который считается *приемлемым*, исходя из существующих ограничений на ресурсы и время.

В то же время, если от уровня предприятия или компании подняться на государственный уровень, то как будет далее рассмотрено, политика в области чрезвычайных ситуаций, промышленной и экологической безопасности во многих странах строится на концепции приемлемого риска и использует методологию управления рисками. При этом управление рисками рассматривается даже в более широком контексте по отношению к риск-менеджменту, а именно:

*управление рисками (в широком смысле)* – это системный *подход* к использованию различных механизмов (*законодательных, организационных, экономических, инженерно-технических*) в решении задач предупреждения или уменьшения опасности для здоровья и жизни человека, ущерба имуществу и окружающей среде *до приемлемого уровня*.

Учитывая, что в данной работе будут рассматриваться различные аспекты управления рисками как на государственном и региональном уровнях, так и на уровне предприятия, в дальнейшем термин «управление рисками» будет употребляться наравне с двумя другими («риск-менеджмент» и «менеджмент риска») с одинаковой смысловой нагрузкой.

Другими словами, управление рисками будет трактоваться в приведенном выше широком смысле, а применительно к предприятию этот термин будет эквивалентен риск-менеджменту или менеджменту риска.

## **Анализ, оценка и управление рисками**

### **В методологических схемах**

#### ***Основные термины и определения группы стандартов ISO 31000***

В настоящее время существуют различные версии переводов оригинального стандарта ISO/IEC Guide 73 «Risk Management – Vocabulary – Guidelines for use in standards», вошедшие в отечественные стандарты ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство» и ГОСТ Р 51897-2021 ИСО 73:2009 «Менеджмент риска. Термины

и определения», а также различные официальные и неофициальные переводы.

При этом отметим, что отдельные приводимые ниже определения могут лексически несколько отличаться от различных переводов, представленных в национальных стандартах серии «Менеджмент риска»:

– *менеджмент риска*: Скоординированные действия по руководству и управлению организацией в области риска;

– *причастная (заинтересованная) сторона (stakeholder)*: Любой индивидуум, группа или организация, которые могут воздействовать на риск, подвергаться воздействию или ощущать себя подверженными воздействию риска;

– *источник риска (risk source)*: Объект или деятельность, которые самостоятельно или в комбинации с другими обладают возможностью вызывать повышение риска;

– *событие (event)*: Возникновение или изменение специфического набора условий;

– *последствие (consequence)*: Результат воздействия события на объект;

– *правдоподобность (появления события) (likelihood)*: Характеристика возможности и частоты появления события;

– *управление (риском) (control)*: Меры, направленные на изменение риска;

– *сравнительная оценка риска*: Процесс сравнения результатов анализа с критериями риска для определения приемлемости риска.

Методология анализа и управления рисками (в широком смысле) есть не что иное, как всестороннее исследование риска, включающее оценку, анализ риска и управление риском, предполагающее принятие решений по мерам воздействия на риск, их осуществление с последующим мониторингом и контролем. Дискуссии по вопросу о том, какие этапы следует выделять как самостоятельные и как их обозначать, что включает анализ риска, оценка риска, управление риском, не закончены и по сей день, и это естественно, так как анализ риска и управление риском – достаточно новые научно-практические направления, еще не завершившие стадию своего становления. Применяются разные методологические схемы, описывающие взаимодействие между процедурами оценки, анализа, управления риском, мониторинга и контроля рисков.

Прежде чем представить и провести сравнение различных методологических схем оценки, анализа и управления рисками, отметим, что в самом определении понятия «риск» заложена основа методологического выделения блоков, этапов исследований – оценки и/или анализа и управления риском, несмотря на то, что вплоть до настоящего времени в трактовке этого термина не существует единого мнения. Если еще раз обратиться к «Словарю русского языка» С.И. Ожегова (Ожегов, 1964), где риск определяется кратко и достаточно близко отражает современное научное понимание и употребление этого термина, то можно заметить, что первая трактовка риска по Ожегову (возможная опасность) задает *риск как состояние или ситуацию*, вторая (действие наудачу в надежде на счастливый исход) определяет *риск как действие*. Поэтому методологические схемы, выделяющие этапы оценки, анализа риска (в узком смысле) и управления риском, во многом опираются на различия в приведенных двух трактовках риска: *оценка и анализ риска – это изучение состояния, ситуации или ситуаций (сценариев) с присущими признаками опасности, альтернативности, неопределенности и/или случайности, управление риском – это действие в условиях опасности, альтернативности, неопределенности и/или случайности*.

Методологическую схему оценки, анализа и управления рисками поэтому часто подразделяют на два крупных блока – *оценку и/или анализ риска и управление риском*, как представлено на рисунке 2.2, где показано употребляемое в североамериканской практике (американский и канадский подходы) методологическое разбиение на этапы различных процедур анализа, оценки и управления риском (см. например: Covello, Merkhofer, 1993; Kolluru, 1994; Understanding Risk Analysis, 1998; Быков, Мурзин, 1997; Порфирьев, 1988).

Задача первого блока – идентификация опасностей, источников риска, возможностей реализации опасностей, оценка воздействия и его последствий, характеристика и количественная оценка риска, сравнение его с другими рисками и нормативными значениями с целью определения степени приемлемости, ранжирования рисков для выработки приоритетов управления.

Задача второго блока – наработка альтернативных способов или мер воздействия на уровень риска, сравнение результатов, оценка их эффективности по определенным критериям, выработка рекомендаций для принятия решений по воздействию на риск, принятие решений, их выполнение, осуществление мониторинга и контроля риска.





Рисунок 2.2. Методологическая схема анализа и управления рисками (американский и канадский подходы)

При таком разбиении *анализ риска рассматривается в широком смысле* как осуществление процедур первого блока исследований.

*Анализ риска в широком смысле* включает разнообразные исследования по идентификации различных опасностей, определения качественных и количественных характеристик рисков разной природы, их сравнение, определение степени допустимости и приемлемости, проблемы систематизации и классификации и другие группы задач, решение которых различными методами *позволяет обеспечить необходимой информацией процесс управления риском.*

Примерно так же выглядит методологическая схема процесса риск-менеджмента согласно Стандарту FERMA – Federation of European Risk Management Associations (2002)], которая представлена на рисунке 2.3. Здесь, как видно из рисунка, оценка, а по сути – анализ риска, включает подэтапы идентификации, описания, классификации, оценки, ранжирования рисков, которые практически полностью соответствуют приведенному выше определению анализа риска в широком смысле. Нижняя часть

схемы рисунок 2.3 (под блоком «Оценка риска») также содержит все стадии, которые можно объединить в блок «Управление риском».



Рисунок 2.3. Методологическая схема процесса риск-менеджмента (Стандарт FERMA, 2002)

В «Методических основах по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах», утвержденных Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзором) приказом от 11.04.2016 № 144, приведена пятиэтапная схема анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах (рисунок 2.4).

Методологическая схема анализа риска Ростехнадзора в этом отношении больше согласуется со стоящей в определенном смысле особняком методологией анализа риска для здоровья от систематического воздействия вредных факторов окружающей среды.

Этап анализа	Задачи этапа
Планирование и организация, сбор сведений	Планирование и организация анализа опасностей и оценка риска аварий, сбор сведений об ОПО: <ul style="list-style-type: none"> <li>• уточнение цели и постановка задачи;</li> <li>• выбор исполнителей;</li> <li>• идентификация ОПО;</li> <li>• сбор сведений об ОПО;</li> <li>• определение характерных значений допустимого риска.</li> </ul>
Идентификация опасностей аварий	Выявление и четкое описание всех источников опасностей и путей (сценариев) их реализации: <ul style="list-style-type: none"> <li>• перечень нежелательных событий;</li> <li>• описание источников опасности,</li> <li>• факторов риска,</li> <li>• условий возникновения и развития нежелательных событий (например, сценариев возможных аварий);</li> <li>• типовые сценарии развития аварий.</li> </ul>
Оценка риска	Оценка: <ul style="list-style-type: none"> <li>• частот возникновения инициирующих и всех нежелательных событий;</li> <li>• последствий возникновения нежелательных событий;</li> <li>• возможностей возникновения инцидентов;</li> <li>• тяжести возможных последствий.</li> </ul> Обобщение оценок риска, включая: <ul style="list-style-type: none"> <li>• значения меры опасности аварий.</li> </ul>
Установление степени опасности аварий	Определение аварийноопасных составляющих ОПО: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ранжирование составляющих;</li> <li>• сопоставление полученных оценок;</li> <li>• сравнение оценок с достижимым риском аварий.</li> </ul>
Разработка рекомендаций по снижению риска	Разработка рекомендаций по уменьшению: <ul style="list-style-type: none"> <li>• вероятности возникновения аварий;</li> <li>• тяжести последствий аварий.</li> </ul>

Рисунок 2.4. Схема Ростехнадзора по анализу опасностей и оценки риска аварий

На рисунке 2.5 представлен подход Американского агентства по охране окружающей среды (US EPA). Основные этапы оценки и анализа риска для здоровья от систематического воздействия на здоровье населения загрязненной окружающей среды на рисунке 2.5 приводятся согласно (Новиков С.М., Порфирьев Б.Н., Быков А.А. и др., 1999; Быков, Ревич, 1999; Критерии, 2003; Быков, Соленова, Земляная и др.; 1999). Представление этапов анализа и управления рисками, приведенное на

рисунках 2.4 и 2.5, активно пропагандируется специалистами Международного общества анализа риска (Society for Risk Analysis), и сам теоретический подход называется *методологией анализа риска* (или методологией анализа и управления риском). Этот подход иногда называется дискреционным.

Этап анализа	Задачи этапа
Идентификация опасностей	<p>Оценка:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• опасности для здоровья человека изучаемых веществ;</li> <li>• степени достаточности и надежности имеющихся данных об уровнях загрязнения различных объектов окружающей среды исследуемыми веществами.</li> </ul> <p>Составление перечня приоритетных химических соединений</p>
Оценка зависимости «экспозиция-ответ»	<p>Установление количественных соотношений между:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• уровнями воздействия;</li> <li>• частотой;</li> <li>• тяжестью неблагоприятных эффектов.</li> </ul> <p>Выбор показателей для последующей оценки риска</p>
Оценка экспозиции	<p>Оценка воздействия химических веществ на человека с учетом:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• действующих сред;</li> <li>• продолжительности экспозиции;</li> <li>• особенностей экспонируемых групп населения;</li> <li>• путей поступления химических веществ в организм</li> </ul>
Характеристика риска	<p>Анализ всех полученных данных.          Расчет рисков для популяции и ее отдельных подгрупп.          Сравнение рисков с допустимыми (приемлемыми) уровнями.          Сравнительная оценка и ранжирование различных рисков по степени их:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• статистической;</li> <li>• медико-биологической;</li> <li>• социальной значимости.</li> </ul> <p>Установление:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• медицинских приоритетов;</li> <li>• тех рисков, которые должны быть предотвращены или снижены до приемлемого уровня</li> </ul>

Рисунок 2.5. Схема анализа риска для здоровья от систематического воздействия на здоровье населения загрязненной окружающей среды

Подчеркнем, что практически во всех приведенных методологических схемах оценка риска представляет собой часть процедур анализа риска, понимаемого в широком смысле.

Таким образом, исходя из представленных определений, можно заключить, что *анализ риска* (в узком смысле) понимается как выявление природы риска, описание риска – структурированное представление риска (обычно содержащее четыре элемента: источники, события, причины и последствия), установление причинно-следственных связей опасного события с его источниками и последствиями и количественная оценка риска для последующего сравнения количественно оцененных значений анализируемого риска с другими видами риска и нормативными (предельными) значениями с целью определения степени приемлемости, выработки приоритетов управления и принятия решений о мерах воздействия на риск.

В заключение данного раздела отметим, что определение того, что есть оценка, оценивание, анализ и управление в определенном смысле есть предмет компромисса и договоренности. Несмотря на то, что приведенная в начале данного раздела методологическая схема (см. рисунок 2.4) анализа и управления рисками, на наш взгляд, более стройная и логичная, чем приведенные на рисунках 2.5 и 2.6, тем не менее, по-видимому, выпуск группы международных стандартов ISO 31000, свидетельствует о возрастании тенденции, при которой все больше специалистов будут придерживаться такого толкования анализа, оценки и оценивания, каким оно дано в этом международном стандарте.

При этом, разумеется, останутся «трудности» перевода на русский язык, поскольку, например, такие активно используемые в методологии риск-менеджмента английские термины, как «risk assessment», «risk evaluation», «risk estimation», все могут быть переведены на русский язык как «оценка риска». Отсюда появляется такой перевод как «оценивание риска (risk evaluation)», чтобы отличать соответствующие процедуры от «оценки риска (risk assessment)». О «трудностях перевода» термина «risk-management» уже говорилось выше. И здесь тоже, на наш взгляд, не столько место для дискуссий, сколько необходимость достижения компромиссных договоренностей.

Наконец, отметим следующую важную особенность всех представленных методологических схем, а именно: несмотря на определенные различия в названии и объединении различных этапов и процедур, все

они содержат, по сути, одинаковую достаточно логичную последовательность действий, которая начинается с идентификации опасностей: определяются источники опасностей, события, причины и последствия, устанавливаются причинно-следственные связи опасных событий с их источниками и последствиями, проводится количественная оценка уровня риска, т.е. устанавливается степень возможности реализации событий и определяется размер последствий. Оцененные уровни риска подвергаются сравнительному анализу, в том числе на основе сопоставления с критериями допустимости и/или приемлемости, производится ранжирование рисков, т.е. устанавливаются риски, приоритетные для применения управленческих мер воздействия на них, нарабатываются возможные меры реагирования на риски в порядке приоритетности, определяется их эффективность с применением тех или иных критериев, в том числе экономических, принимаются решения о применении на практике тех или иных мер по управлению рисками или корректирующим действиям с дальнейшим контролем и мониторингом уровней риска. Разумеется, методы, применяемые для решения перечисленных задач, будут разные в зависимости от природы или характера риска.

## **Управление рисками и возможностями согласно ISO 9001:2015**

В соответствии с Разделом 6 ИСО 9001:2015 (а также в соответствующей национальной версии стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Основные понятия и принципы менеджмента качества»), при планировании в системе менеджмента качества организация должна учесть факторы и требования и определить риски и возможности, подлежащие рассмотрению:

- для обеспечения уверенности в том, что система менеджмента качества может достичь своих намеченных результатов;
- увеличения их желаемого позитивного влияния;
- предотвращения или уменьшения их нежелательного влияния;
- достижения улучшения.

Риски и возможности являются неотъемлемой частью предпринимательской деятельности. Риски представляют собой любые финансовые и нефинансовые события, которые могут произойти внутри организации или вне её и повлиять на достижение целей. Новая версия стандарта требует оценивать риски и предпринимать действия по реагированию на

рисковые события. Риски могут оказывать негативное или позитивное воздействие. Негативное влияние рисков стандарт требует снижать, а позитивное усиливать.

Действия в отношении рисков и возможностей необходимо осуществлять на систематической основе. Тем не менее стандарт не требует от организации создавать строго формализованную систему управления рисками. Необходимо рассмотреть риски и возможности в наиболее критических точках и предпринять адекватные действия по управлению рисками.

Определение критических точек осуществляется при планировании системы качества и её процессов. Исходными данными, на основании которых принимается решение о возможности возникновения рисков, являются факторы контекста организации (пп. 4.1), а также потребности и ожидания заинтересованных сторон (пп. 4.2).

Рассмотрение рисков и возможностей относится к нескольким уровням управления:

- уровень всей организации. На этом уровне рассматриваются риски и возможности, которые могут повлиять на стратегические цели, положение на рынке, стратегию развития компании;
- уровень системы качества. Этот уровень связан с результативностью системы качества. Риски и возможности, которые воздействуют на систему менеджмента качества (далее – СМК), оказывают влияние на удовлетворённость потребителей, возможности организации по реализации их ожиданий и требований;
- уровень отдельных процессов. Риски и возможности, которые могут возникать на уровне отдельных процессов, оказывают влияние на цели и результаты процессов.

Требования стандарта могут быть выполнены за счёт применения различных методов и инструментов управления рисками. На первоначальном этапе необходимо определить наиболее критические точки в работе организации, системе качества и процессах.

Критические точки в работе организации связаны с её т.н. «контекстом», т.е. факторами внешней и внутренней среды. Руководство должно определить, какие из факторов являются наиболее важными и могут оказать существенное влияние на цели организации, её стратегию развития и положение на рынке. Для выявления важности факторов может применяться метод парного сравнения или экспертной оценки. В результате такой работы все факторы ранжируются по степени важности и их

влиянию на организацию. На следующем этапе определяется состав факторов (из числа наиболее важных), на которые организация способна повлиять своими действиями. Для каждого из них рассматривается позитивный и негативный сценарий и разрабатывается план реагирования.

Критические точки в работе процессов могут быть выявлены с помощью методов анализа и диагностики процессов, например FMEA-анализ процесса. Каждый процесс системы качества необходимо оценить с точки зрения рисков и возможностей и определить действия по реагированию на такие события. Действия по реагированию на риски и возможности представляют собой работу процесса в нештатной ситуации.

Для этого необходима следующая информация:

- работа организации по выявлению рисков и возможностей, а также действий по реагированию на них может быть представлена в существующих документах;

- риски и возможности, которые могут повлиять на организацию в целом, представляются в концепции развития, бизнес-планах и стратегии организации. В эти документы включаются сценарии позитивного и негативного развития событий, которые могут оказать воздействие на стратегические цели, положение на рынке и стратегию компании;

- риски и возможности, влияющие на систему качества, указываются в руководстве по качеству или плане внедрения и развития СМК. План должен содержать действия по реагированию на события, которые могут оказать влияние на удовлетворённость потребителей;

- риски и возможности, которые оказывают влияние на процессы, могут быть представлены в документах, описывающих процессы (карты процессов, регламенты, положения). В состав этих документов включаются действия в нештатных ситуациях.

В соответствии с Разделом 6 ИСО 9001:2015 организация должна планировать:

- а) действия по рассмотрению этих рисков и возможностей;

- б) то, каким образом:

- интегрировать и внедрить эти действия в процессы системы менеджмента качества;

- оценивать результативность этих действий.

Меры, принимаемые в отношении рисков и возможностей, должны быть пропорциональны их возможному влиянию на соответствие продукции и услуг.



Варианты реагирования на риски могут включать избежание риска, принятие риска с тем, чтобы отследить возможности, устранение источника риска, изменение вероятности или последствий, разделение риска или сдерживание риска путем принятия решения, основанного на информации.

Возможности могут привести к принятию новых практик, запуску новой продукции, открытию новых рынков, появлению новых потребителей, построению партнерских отношений, использованию новых технологий и других желаемых и реальных возможностей, чтобы учесть потребности организации или её потребителей.

Организация в своей работе должна предусмотреть действия по выявлению рисков и возможностей. Для разных уровней управления эти действия могут проводиться с разной периодичностью, в разные периоды времени и разными методами.

На уровне всей организации мероприятия в отношении рисков и возможностей могут проводиться при оценке деятельности компании. Как правило, такая оценка осуществляется в ходе подведения итогов за определённый период (год и более). Высшее руководство оценивает работу компании, достижение стратегических целей, планирует деятельность и развитие организации на следующий период. В план вопросов, которые обсуждаются при подведении итогов, необходимо включать рассмотрение рисков и возможностей и оценку результативности действий в этом направлении за прошедший период.

На уровне системы качества мероприятия в отношении рисков и возможностей могут рассматриваться в ходе проведения внутренних аудитов системы менеджмента качества. Аудит системы качества проверяет соответствие СМК требованиям стандарта и внутренней нормативной документации, даёт оценку её результативности и способности реагировать на запросы потребителей. В состав мероприятий внутреннего аудита СМК необходимо включать оценку рисков и возможностей, которые могут повлиять на систему качества и удовлетворённость потребителей.

На уровне отдельных процессов мероприятия в отношении рисков и возможностей могут быть включены в процесс в качестве действий в нештатной ситуации. В ходе описания процессов определяется состав рисков и событий, которые могут вызвать отклонение от нормального хода процесса. Для снижения влияния таких событий разрабатываются

мероприятия по реагированию. Эти мероприятия включаются в описание процесса.

Чтобы выполнить требования стандарта, необходимо включить действия по рассмотрению рисков и возможностей в состав соответствующих мероприятий.

На уровне управления всей организацией необходимо:

- провести оценку влияния рисков и возможностей на развитие организации и достижение стратегических целей. Оценка осуществляется в ходе анализа деятельности компании за отчётный период. Анализ должен проводиться высшим руководством;
- выявить риски и возможности, которые могут повлиять на организацию в планируемом периоде;
- составить сценарии действий при возникновении рисков событий;
- оценить результативность мероприятий по управлению рисками и возможностями за прошедший период.

На уровне управления системой качества необходимо:

- включить мероприятия по оценке рисков и возможностей в план аудита системы качества;
- выявить нарушения требований СМК, которые могут повлиять на её результативность и удовлетворённость потребителей;
- определить риски и возможности, которые могут оказать существенное влияние на соответствие продукции и услуг требованиям потребителей;
- разработать мероприятия по снижению влияния рисков;
- разработать мероприятия по улучшению СМК;
- оценить результативность мероприятий, разработанных по результатам предыдущего аудита СМК.

На уровне управления процессами необходимо:

- определить возможные нештатные ситуации каждого процесса;
- разработать состав действий персонала в случае возникновения нештатных ситуаций;
- включить действия в нештатных ситуациях в описание процессов;
- проводить мониторинг возникновения нештатных ситуаций;
- оценить результативность действий в нештатных ситуациях.

## **Какая информация необходима**

Действия по управлению рисками и возможностями могут отражаться в существующих документах системы качества:

- на уровне всей организации – в протоколах анализа СМК со стороны руководства или других документах, которые содержат результаты анализа работы за отчетный период времени;
- на уровне управления системой качества – в плане проведения внутренних аудитов, отчётах по аудиту и планах корректирующих и предупреждающих действий;
- на уровне управления процессами – в картах процессов или других документах, содержащих описание процессов.

## **Управление проектными рисками согласно РМВоК**

В соответствии с Руководством к своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВоК, 2017) американского Института управления проектами (Project Management Institute, PMI) управление рисками проекта включает в себя все процессы, связанные с осуществлением планирования управления рисками, идентификацией, анализом, планированием реагирования, осуществлением реагирования, а также с мониторингом рисков в проекте. Целями управления рисками проекта являются повышение вероятности возникновения и/или усиления воздействия позитивных рисков и снижение вероятности возникновения и/или ослабление воздействия негативных рисков с целью максимального повышения вероятности успешного завершения проекта (Зайковский, Штогина, 2017).

Управление рисками включает в себя следующие процессы:

1. Планирование управления рисками.
2. Идентификация рисков.
3. Качественный анализ рисков.
4. Количественный анализ рисков.
5. Планирование реагирования на риски.
6. Осуществление реагирования на риски.
7. Мониторинг рисков.

На рисунке 2.7 представлена общая схема управления рисками проекта.

В соответствии с PMI РМВоК все проекты подвержены риску, поскольку они являются уникальными предприятиями с различным

уровнем сложности, которые осуществляются с целью получения выгод. Они осуществляются в контексте ограничений и допущений, а также ожиданий заинтересованных сторон, которые могут противоречить друг другу и изменяться. Организации должны брать на себя осознанный и контролируемый риск по выполнению проекта с целью создания ценности, соразмеряя при этом риски и выгоды.

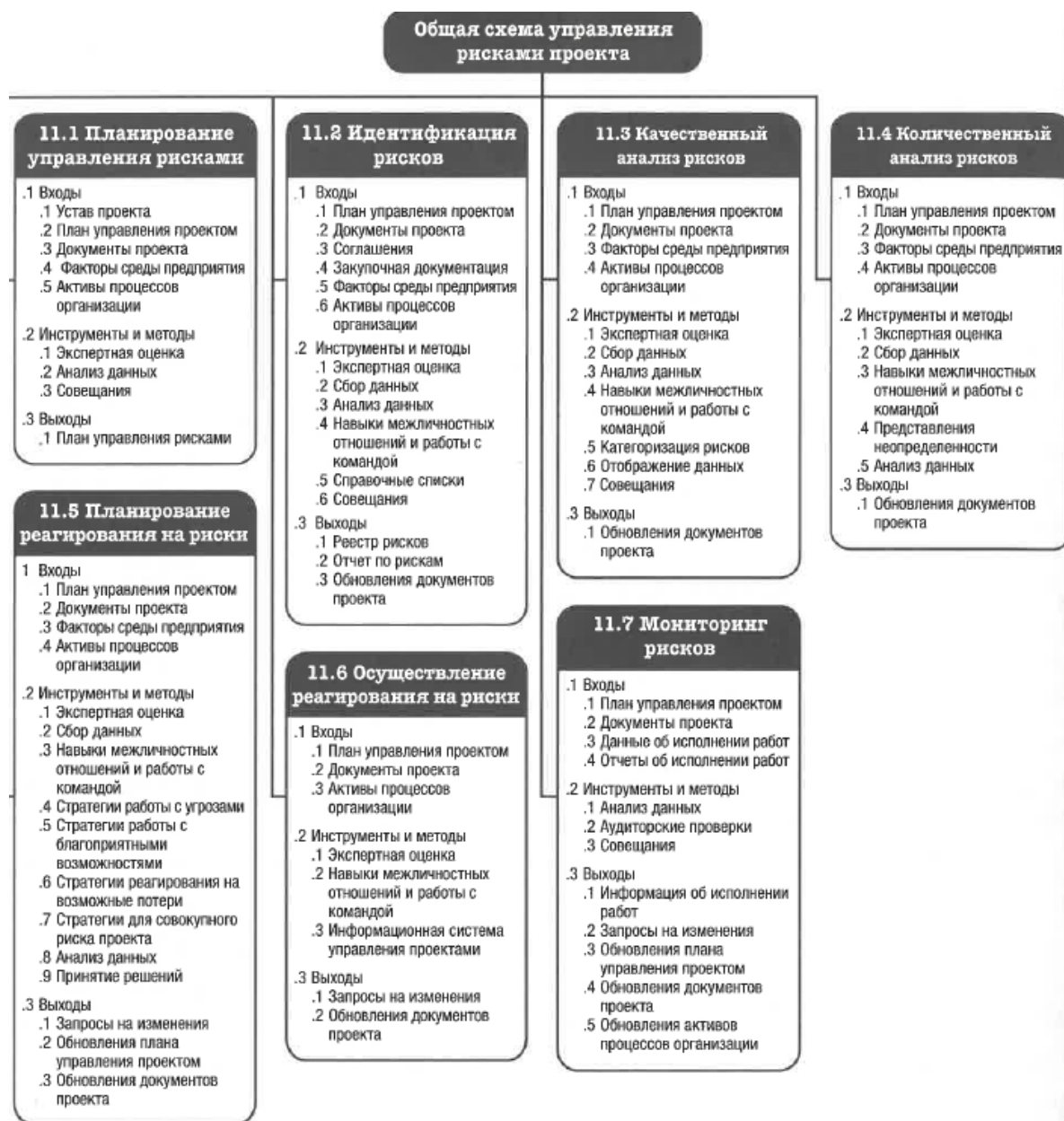


Рисунок 2.7. Общая схема управления рисками проекта по PMBoK

Цель управления рисками проекта состоит в идентификации рисков и управления рисками, которые не являются предметом других процессов управления проектом. Если не управлять рисками, они имеют потенциал вызывать отклонение проекта от плана и приводить к тому, что

проект не достигает установленных целей. В конечном счёте от результативности управления рисками проекта прямо зависит успешное завершение проекта.

Риск внутри каждого проекта существует на двух уровнях, а именно: каждый проект имеет индивидуальные риски, которые могут оказать влияние на достижение целей проекта. Важно также учитывать рискованность проекта в целом, которая вытекает из сочетания индивидуальных рисков проекта и других источников неопределённости. Управление рисками проекта решает вопросы обоих уровней рисков проекта, которые можно определить следующим образом:

- индивидуальный риск проекта – это неопределённое событие или условие, наступление которого позитивно или негативно сказывается на одной или нескольких целях проекта;
- совокупный риск проекта – это воздействие неопределённости на проект в целом, возникающее из любых источников неопределённости, включая индивидуальные риски, представляющие собой влияние последствий вариаций результатов проекта, как позитивных, так и негативных, на заинтересованные стороны.

Индивидуальные риски проекта в случае их реализации могут оказать позитивное или негативное влияние на цели проекта. Управление рисками проекта направлено на использование или усиление влияния позитивных рисков (благоприятных возможностей) и в то же время на избежание или смягчение последствий негативных рисков (угроз). Результатом неуправляемых угроз могут стать такие проблемы, как задержки, превышение стоимости, снижение показателей исполнения или утрата репутации. Благоприятные возможности, при условии их использовании, могут дать выгоды, например сократить время и стоимость, повысить показатели исполнения или укрепить репутацию.

Совокупный риск проекта также может иметь позитивный или негативный характер. Целью управления совокупным риском проекта является сохранение подверженности проекта риску в приемлемых пределах за счет противодействия движущим силам негативных вариаций, содействия движущим силам позитивных вариаций и максимального повышения вероятности достижения целей проекта в целом.

Риски продолжают возникать на всем протяжении осуществления проекта, поэтому процессы управления рисками проекта должны осуществляться итеративно. Изначально вопросы рисков рассматри-

ваются в ходе планирования проекта при формировании его стратегии. Мониторинг и управление рисками должны также осуществляться по мере прогресса проекта, чтобы исполнение проекта шло по установленному плану, а против неожиданно возникающих рисков принимались необходимые меры.

В целях результативного управления рисками конкретного проекта его команде необходимо знать, какой уровень подверженности риску при решении задач достижения целей проекта является допустимым. Это определяется с помощью поддающихся измерению порогов риска, которые показывают склонность организации и заинтересованных сторон к риску. Пороги риска являются выражением степени допустимых вариаций в рамках цели проекта. Они прямо заявляются и доводятся до сведения команды проекта и отражаются в определенных уровнях воздействия рисков на проект.

### **Планирование управления рисками**

Планирование управления рисками – это процесс, определяющий, каким образом следует осуществлять управление рисками проекта.

Процесс планирования управления рисками должен начинаться сразу после появления замысла проекта и завершаться уже на ранних стадиях проекта. Может возникнуть необходимость вновь обратиться к этому процессу в более поздний период жизненного цикла проекта, например при существенном изменении в фазе или в случае значительных изменений содержания проекта, или если последующий анализ результативности управления рисками покажет, что в процесс управления рисками проекта требуется внести изменения.

### **Идентификация рисков**

Идентификация рисков – это процесс выявления индивидуальных рисков проекта, а также источников совокупного риска проекта и документирование их характеристик.

В процессе идентификации рисков рассматриваются как индивидуальные риски проекта, так и источники совокупного риска проекта. В деятельности по идентификации рисков могут участвовать руководитель проекта; члены команды проекта; специалист по рискам проекта (если назначен); заказчики; эксперты по предметной области, не входящие в команду проекта; конечные пользователи; другие руководители проектов; руководители производственных подразделений; заинтересованные стороны и эксперты по управлению рисками в организации. Хотя эти

сотрудники во многих случаях являются ключевыми участниками идентификации рисков, необходимо вовлекать в процесс идентификации индивидуальных рисков все заинтересованные стороны. Особенно важно, чтобы в процесс была вовлечена команда проекта для развития и поддержания в ней чувства причастности и ответственности в отношении определения идентифицированных индивидуальных рисков, уровня совокупного риска проекта и соответствующих мер реагирования на них.

При описании и регистрации индивидуальных рисков проекта должен использоваться непротиворечивый формат для обеспечения четкого и однозначного понимания каждого риска с целью обеспечения условий для результативного анализа и разработки плана реагирования. Владельцы индивидуальных рисков проекта могут быть назначены в ходе процесса идентификации рисков и затем подтверждены в ходе процесса качественного анализа рисков. Могут быть идентифицированы и документированы предварительные меры реагирования на риски, которые затем рассматриваются и подтверждаются в ходе процесса планирования реагирования на риски.

Идентификация рисков является итеративным процессом, поскольку новые индивидуальные риски проекта могут возникать по мере его прогресса на всем протяжении его жизненного цикла; изменяется также уровень совокупного риска проекта. Частота итераций и участие в каждом цикле идентификации рисков зависят от конкретной ситуации, что определяется в плане управления рисками.

### **Качественный анализ рисков**

Качественный анализ рисков – это процесс расстановки приоритетов в отношении индивидуальных рисков проекта для дальнейшего анализа или действий, выполняемых путем оценки вероятности возникновения и воздействия рисков, а также других характеристик.

При качественном анализе рисков определяются приоритеты идентифицированных индивидуальных рисков проекта с учетом вероятности их наступления, соответствующего воздействия на достижение целей проекта в случае их наступления и других факторов. Такие оценки являются субъективными, так как они основаны на личном восприятии риска командой проекта и другими заинтересованными сторонами. Таким образом, результативная оценка требует явного определения и управления отношением к рискам со стороны ключевых участников процесса качественного анализа рисков. Субъективное восприятие рисков вносит

элемент необъективности в оценку идентифицированных рисков, поэтому субъективный фактор следует иметь в виду и делать на него поправку. В случаях когда используется модератор для обеспечения процесса качественного (экспертного) анализа рисков, принятие мер для исключения необъективности является ключевой задачей в роли модератора. Оценка качества доступной информации об индивидуальных рисках проекта также помогает уточнить оценки значения каждого риска для проекта. Качественный анализ рисков устанавливает относительные приоритеты индивидуальных рисков проекта для использования в планировании реагирования на риски. Он идентифицирует владельца каждого риска, который принимает на себя ответственность за планирование и надлежащие меры реагирования на него и обеспечения исполнения данных мер. Качественный анализ рисков также закладывает основу для количественного анализа, если этот процесс потребуется и возможен. Качественный анализ рисков должен выполняться регулярно на протяжении всего жизненного цикла проекта.

### **Количественный анализ рисков**

Количественный анализ рисков – это процесс численного анализа совокупного воздействия идентифицированных индивидуальных рисков проекта и других источников неопределенности на цели проекта в целом.

Не требуется осуществлять процесс количественного анализа рисков во всех проектах. Надежность данного анализа зависит от наличия высококачественных данных об индивидуальных рисках проекта и о других источниках неопределённости, а также от наличия хорошо продуманных базовых планов проекта по содержанию, стоимости и расписанию. Количественный анализ рисков, как правило, требует использования специальных программных продуктов и специальных знаний для разработки и трактовки моделей рисков. Он также требует дополнительных времени и затрат. Использование количественного анализа рисков по проекту предусматривается в плане управления рисками проекта. С наибольшей вероятностью он будет целесообразным в случае крупных или сложных проектов, значимых со стратегической точки зрения проектов, проектов, где такой анализ предусмотрен условиями договора, или проектов, в которых ключевая заинтересованная сторона требует его проведения. Количественный анализ рисков является достаточно надёжным методом оценки совокупного риска проекта на основе оценки общего воздействия



на конечный результат проекта всех индивидуальных рисков проекта и других источников неопределенности.

Для количественного анализа рисков используется информация об индивидуальных рисках проекта, которые по результатам оценки в рамках процесса качественного анализа рисков были признаны имеющими существенный потенциал влияния на цели проекта.

Выходы количественного анализа рисков используются в качестве входов процесса планирования реагирования на риски, особенно при выработке рекомендаций по мерам реагирования с учетом уровня совокупного риска проекта и ключевых индивидуальных рисков. Количественный анализ рисков может быть также предпринят по итогам процесса планирования реагирования на риски с целью определить вероятную результативность предусмотренных планом мер реагирования для снижения подверженности совокупному риску проекта.

### **Планирование реагирования на риски**

Планирование реагирования на риски – это процесс разработки вариантов, выбора стратегий и согласование действий относительно подверженности совокупному риску проекта, а также относительно индивидуальных рисков проекта.

Результативные и надлежащие меры реагирования на риск могут свести к минимуму индивидуальные угрозы, позволить в максимальной мере использовать благоприятные возможности и снизить уровень подверженности совокупному риску проекта. Неподходящие меры реагирования на риски могут иметь обратный эффект. После завершения идентификации, анализа и приоритизации рисков назначенный владелец риска должен предложить планы работы в отношении каждого индивидуального риска проекта, который команда проекта считает достаточно важным, исходя либо из угрозы, которую риск представляет для целей проекта, либо из благоприятной возможности, которую он открывает. Руководитель проекта должен также учитывать, как следует правильно реагировать на текущий уровень совокупного риска проекта.

Реагирование на риски должно соответствовать серьёзности рисков, быть экономически эффективным в решении проблемы, реалистичным в контексте проекта, согласованным со всеми вовлеченными сторонами и иметь назначенное ответственное лицо. Часто требуется выбрать оптимальный способ реагирования на риски из нескольких возможных вариантов. Для каждого риска необходимо выбрать наиболее

результативную стратегию или комбинацию стратегий. Структурированные методы принятия решений могут использоваться для выбора наиболее целесообразных мер реагирования. Для масштабных или сложных проектов целесообразно использовать математические модели оптимизации или анализ реальных опционов в качестве основы для более надёжного экономического анализа альтернативных стратегий реагирования на риски.

Необходимо разработать конкретные мероприятия по внедрению согласованной стратегии реагирования на риски, в том числе, если необходимо, основную и запасную стратегии. На случай если выбранная стратегия окажется недостаточно результативной или реализуется принятый риск, можно разработать план на случай возможных потерь (или резервный план). Необходимо также идентифицировать вторичные риски. Вторичные риски – это риски, которые возникают в результате реагирования на риски. Часто выделяется резерв на возможные потери по времени или стоимости. Такой резерв может включать в себя определение условий, которые являются триггером для его использования.

### **Осуществление реагирования на риски**

Осуществление реагирования на риски – это процесс выполнения согласованных планов реагирования на риски.

Надлежащее внимание к процессу осуществления реагирования на риски обеспечит исполнение на практике согласованных мер реагирования на риски. Широко распространённая проблема в области управления рисками проекта состоит в том, что команды проекта затрачивают усилия для идентификации и анализа рисков и выработки мер реагирования, после чего меры реагирования на риски проходят согласования и оформляются документально в реестре рисков и отчете по рискам, но действия по управлению рисками не осуществляются. Только в том случае, если владельцы рисков уделяют исполнению согласованных мер реагирования достаточно внимания и усилий, управление общей подверженностью рискам по проекту, индивидуальными угрозами и благоприятными возможностями будет осуществляться проактивно.

### **Мониторинг рисков**

Мониторинг рисков – это процесс мониторинга выполнения согласованных планов реагирования на риски, отслеживания изменения уровня идентифицированных рисков, выявления и анализа новых рисков и оценки результативности процесса управления рисками на протяжении всего проекта.

Чтобы обеспечить информированность команды проекта и ключевых заинтересованных сторон о текущем уровне подверженности риску, необходимо с помощью процесса мониторинга рисков осуществлять постоянный мониторинг хода работ по проекту для выявления новых, изменившихся или устаревших индивидуальных рисков проекта, а также изменений в уровне совокупного риска проекта. В процессе мониторинга рисков создаваемая и накапливаемая в ходе проекта информация об исполнении используется с целью:

- подтвердить результативность осуществления реагирования на риски;
- выявить изменение уровня совокупного риска проекта;
- выявить изменение идентифицированных индивидуальных рисков проекта;
- выявить появление нового индивидуального риска проекта;
- подтвердить правильность прежнего подхода к управлению рисками;
- подтвердить действительность прежних допущений для проекта;
- подтвердить исполнение политики и процедур по управлению рисками;
- выявить наличие необходимости изменения резерва в связи с возможными потерями по стоимости и расписанию;
- подтвердить правильность стратегии проекта.

Таким образом, управление рисками в компании определяется как непрерывный циклический процесс принятия и выполнения управленческих решений, состоящий из идентификации, оценки и количественного измерения рисков, реагирования на риски, контроля эффективности, планирования деятельности по управлению и мониторингу рисков. Управление рисками является частью общего процесса управления компании, направленного на оптимизацию величины рисков, и распространяется на все области ее практической деятельности. Систему управления рисками предприятия необходимо рассматривать как важную составную часть системы управления компании, которая обеспечивает приемлемый уровень промышленной и экологической безопасности, оптимальное использование ресурсов и эффективное функционирование организации в условиях вариантности развития (Зайковский, 2014).

## **О повышении роли риск-менеджмента при стратегическом планировании**

Вопросы определения оптимальных стратегий развития регулярно рассматриваются на уровне предприятий и организаций, и здесь наблюдается тенденция повышения роли управления рисками и риск-менеджеров при стратегическом планировании (Быков, «О повышении...», 2019).

Эта тенденция нашла свое отражение, в частности, во введенной в действие в 2017 году актуализированной редакции стандарта Комитета спонсорских организаций Комиссии Трэдвэй – модель COSO ERM (2017) – Управление рисками организации: интеграция со стратегией и эффективностью деятельности. Предыдущая версия документа «Управление рисками организаций. Интегрированная модель» – модель COSO ERM (2004) использовалась в качестве концептуальной основы для внедрения систем управления рисками во многих компаниях как финансового, так и нефинансового секторов экономики.

При практической реализации сформированной традиционной модели управления рисками приоритет отдавался процессу управления рисками, осуществляемому в большей степени автономно от процессов планирования и принятия управленческих решений. Тем не менее за это время произошли изменения законодательства и требований регуляторов, в том числе по повышению эффективности деятельности, а также изменения, связанные с условиями ведения бизнеса, ростом волатильности рыночных факторов, усложнением факторов риска, появлением новых рисков, ростом глобальной конкуренции. Поэтому в обновленной модели 2017 года сделан акцент на интеграции управления рисками с процессами стратегического планирования и управления эффективностью деятельности компании. Большое значение придается корпоративному управлению и культуре управления рисками и возрастающей роли современных технологий в процессе управления рисками.

Новая структура включает 5 компонентов:

- 1) управление и культура;
- 2) стратегия и постановка целей;
- 3) эффективность деятельности;
- 4) мониторинг и внедрение изменений;
- 5) информация, коммуникации и отчетность

и 20 принципов, в том числе относящихся к процессам стратегического планирования и управления эффективностью деятельности.

Второй компонент структуры концептуального документа COSO ERM (2017) – «Стратегия и постановка целей» содержит следующие принципы:

1. Оценка условий ведения деятельности. Организация рассматривает условия (внешние/внутренние) ведения бизнеса в процессе разработки стратегии для реализации своей миссии, видения и ключевых ценностей.

2. Определение допустимого уровня риска. Подходы к определению допустимого и предельного допустимого уровня риска определяются организациями исходя из специфики их деятельности.

3. Оценка стратегических альтернатив. Организация должна проводить анализ альтернативных стратегий и оценивать связанные с рисками шансы и угрозы каждой из альтернатив. При выборе стратегии должны быть учтены уровень риска и установленный предельно допустимый уровень риска.

4. Определение бизнес-целей. Цели определяются на различных уровнях, но должны быть привязаны к стратегии организации. Степень эффективности достижения целей определяется границами допустимого уровня риска.

Таким образом, согласно документу:

риск – это вероятность возникновения событий, которые могут оказать влияние на достижение стратегических и бизнес-целей;

управление рисками – это культура, компетенции и практики, интегрированные с процессом определения стратегии и управления эффективностью, на которые организация полагается в создании, сохранении и реализации стоимости.

Результаты девятого исследования 2018 года профессии риск-менеджера в Европе, проведенного Федерацией европейских ассоциаций риск-менеджеров (FERMA, «Исследование...», 2018) совместно с PwC свидетельствуют о том, что роль риск-менеджера стала носить все больше стратегический характер. Корпоративные риск-менеджеры все чаще выступают в качестве риск-консультантов при рассмотрении планируемых стратегических направлений деятельности, выполняют анализ стратегических рисков, связанных с появлением новых технологий. В исследовании приняли участие 734 риск-менеджера из 29 стран.

В 2018 году доля риск-менеджеров, отвечающих за согласование и интеграцию управления рисками в бизнес-стратегии, составила 75% и увеличилась на 13% по сравнению с 2016 годом, 76% риск-менеджеров оценивают риски, которые могут повлиять на достижение стратегических целей организации, 47% оценивают риски реализации различных сценариев при выборе организацией оптимальной стратегии, 77% осуществляют внедрение риск-ориентированной культуры, 37% выявляют и оценивают риски перед внедрением новых технологий в деятельности компаний. Таким образом риск-менеджеры в настоящее время берут на себя больше ответственности стратегического уровня по мере развития корпоративного управления рисками.

Это статистические данные по Европе в целом. В России по результатам того же исследования 73% респондентов определили одним из основных видов деятельности в рамках управления рисками – согласование и интеграцию риск-менеджмента в бизнес-стратегию, 59% оценивают риски, которые могут повлиять на актуальность и жизнеспособность стратегии и достижение стратегических целей. Вместе с тем 58% риск-менеджеров отвечают и за управление рисками и за страхование, а 8% – отвечают только за страхование (при этом 72% респондентов работают в крупных компаниях, 20% – в сфере энергетики), что говорит скорее о применении устаревших моделей управления рисками в российских организациях. Многим российским организациям еще предстоит пройти определенный период «взросления» корпоративных систем управления рисками, актуализации применяемых моделей корпоративного управления рисками, поскольку проблем, связанных с эффективным управлением рисками и внедрением современных систем управления рисками на предприятиях, остается достаточно много.

## **2.2. Основы риск-менеджмента предприятия**

В письме от 10.04.2014 № 06-52/2463 Банк России проинформировал акционерные общества, государственные корпорации и компании об одобрении Советом директоров Банка России Кодекса корпоративного управления. Банк России рекомендовал его для применения акционерными обществами, ценные бумаги которых допущены к организованным торгам. Кодекс был одобрен Правительством Российской Федерации 13.02.2014. В Кодексе содержатся рекомендации по формированию

эффективно функционирующей системы управления рисками в компаниях, ее цели и задачи, распределение полномочий участников, их функции. Кодекс рекомендует при создании системы управления рисками применять общепринятые концепции и практики работы в области управления рисками и внутреннего контроля, в том числе международные стандарты в области управления рисками и внутреннего контроля. Отметим, что в 2017 г. введена в действие актуализированная редакция стандарта Комитета спонсорских организаций Комиссии Трэдвэй – модель COSO ERM (2017) – Управление рисками организации: интеграция со стратегией и эффективностью деятельности. Стандарт ISO 31000:2009 «Менеджмент рисков. Принципы и руководящие указания» также был актуализирован в 2018 году – была введена в действие новая редакция ISO 31000:2018.

Усиление требований в области управления рисками произошло и со стороны исполнительных органов власти в 2014–2015 годах. Добавились формальные основания для создания систем управления рисками в компаниях и образования отдельного структурного подразделения для решений данной задачи, а именно:

- перечень поручений Президента Российской Федерации по итогам совещания по вопросу повышения эффективности деятельности государственных компаний от 09.12.2014 № Пр-3013;

- директивы представителям интересов Российской Федерации для участия в заседаниях Советов директоров (наблюдательных советов) акционерных обществ, включенных в специальный перечень, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 23.01.2003 № 91-р (утверждены первым заместителем Председателя Правительства Российской Федерации от 24.06.2015 № ИШ-3984п-П13).

Для оказания методической поддержки компаниям с государственным участием Президент поручал Правительству Российской Федерации до 30 июня 2015 г. утвердить Методические указания по подготовке внутренних нормативных документов. И такие документы были разработаны и одобрены Правительством, в частности Росимуществом были разработаны Методические указания по подготовке положения о системе управления рисками (одобрены поручением Правительства Российской Федерации от 24.06.2015 № ИШ-П13-4148).

За последние годы повысилась культура управления рисками и, соответственно, возросли требования и к системе корпоративного менеджмента в целом. Законом от 19.07.2018 № 209-ФЗ внесены изменения

в Федеральный закон «Об акционерных обществах», имеющие непосредственное отношение к интегрированной системе управления рисками и внутреннего контроля. Представленные изменения являются правовым основанием наличия в акционерном обществе интегрированных систем управления рисками и внутреннего контроля. Пункт 1 статьи 87.1 предусматривает, что «в публичном обществе должны быть организованы управление рисками и внутренний контроль. Совет директоров (наблюдательный совет) публичного общества утверждает внутренние документы общества, определяющие политику общества в области организации управления рисками и внутреннего контроля». Данная норма вступила в силу с 01.09.2018.

Система управления риском имеет определенную специфику, связанную с особенностями объекта, целей и методов управления, что находит свое отражение в **основных принципах**, на которых базируется управление риском на уровне предприятия, среди которых выделяют (Чернова, Кудрявцев, 2003) следующие:

- *система управления риском является частью общего менеджмента компании*, что означает ее соответствие стратегии развития и институциональным особенностям функционирования компании;
- *особенности системы управления риском отражаются в ее целях и задачах*, что подразумевает высокоспециализированный характер принятия решений в рамках системы управления риском;
- *при управлении риском следует учитывать внешние и внутренние ограничения*, что означает согласование соответствующих специальных мероприятий с возможностями и условиями функционирования компании;
- *в отношении всей совокупности рисков должна проводиться единая политика по управлению риском*, что требует комплексного управления одновременно всеми рисками;
- *процесс управления риском носит динамический и циклический характер*, что приводит к непрерывному характеру принятия решений, касающихся управления риском.

Эти *основные принципы* характеризуют особенности системы управления риском и в целом *проявляются на практике во всех случаях*.



## Основные принципы риск-менеджмента предприятия

Рассмотрим несколько более подробно принципы риск-менеджмента стандарта ISO 31000, схематично представленные на рисунке 2.8. Стандарт излагается по ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство».



Рисунок 2.8. Принципы риск-менеджмента стандарта ISO 31000

Эти принципы являются основой менеджмента риска и должны учитываться при создании структуры и процесса менеджмента риска организации. Соблюдение принципов позволит организации управлять влиянием неопределенности в отношении достижения целей организации.

### а) *Интегрированность*

Интегрированный менеджмент риска является неотъемлемой частью всей деятельности организации.

Риск-менеджмент – это не деятельность, отдельно стоящая от основной деятельности и процессов организации. Риск-менеджмент является частью ответственности руководства и интегральной частью всех

организационных процессов, включая стратегическое планирование, а также процессы управления проектами и изменениями.

*б) Структурированность и комплексность*

Структурированный и комплексный подход к менеджменту риска способствует эффективности и целостным, согласованным, сопоставимым и достоверным результатам.

*с) Адаптированность*

Структура и процесс менеджмента риска настраиваются и соразмерны внешней и внутренней среде организации, ее целям.

*д) Вовлеченность*

Вовлеченность заключается в надлежащем и своевременном участии заинтересованных (причастных) сторон, что позволяет учитывать их знания, взгляды и мнения, повысить осведомленность и информативность в рамках менеджмента риска.

Надлежащее и своевременное вовлечение заинтересованных сторон, в частности, принимающих решения на всех уровнях организации, гарантирует, что риск-менеджмент обоснован и соответствует современным требованиям.

*е) Динамичность*

Риски могут возникать, меняться или исчезать по мере изменения внешней и внутренней среды организации. Менеджмент риска предвосхищает, обнаруживает, признает и реагирует на эти изменения и события соответствующим и своевременным образом.

*ф) Базирование на наилучшей доступной информации*

В качестве исходных данных используются исторические и текущие данные, а также наблюдения, прогнозы и выводы экспертов. Менеджмент риска явно учитывает любые ограничения и неопределенности, связанные с исходными данными и ожиданиями. Информация должна быть актуальной, ясной и доступной для всех заинтересованных сторон. Лица, принимающие решения, должны быть осведомлены и принимать во внимание любые ограничения в используемых данных или моделях, а также возможность расхождения мнений экспертов.

*г) Учет поведенческих и культурных факторов*

Поведение и культура человека существенно влияют на все аспекты менеджмента риска на каждом уровне и этапе.

Риск-менеджмент распознает потенциал, восприятие и намерения внешних и внутренних заинтересованных сторон, которые могут способствовать или сдерживать достижение целей организации.

#### h) *Непрерывное улучшение*

Менеджмент риска постоянно улучшается благодаря обучению и накоплению опыта.

Организации должны разрабатывать и внедрять стратегии совершенствования риск-менеджмента наряду со всеми другими аспектами деятельности.

В целом риск-менеджмент способствует достижению целей и улучшению деятельности, например в области здоровья и безопасности людей, безопасности бизнеса, соответствия законодательным и регулирующим требованиям, общественного признания, защиты окружающей среды, качества продуктов и услуг, управления проектами, результативности деятельности, руководства и репутации.

### **Инфраструктура риск-менеджмента предприятия**

Под *инфраструктурой риск-менеджмента* (risk management framework) в стандарте ISO 31000 понимается ряд компонентов, обеспечивающих основы и организационные мероприятия по разработке, внедрению, мониторингу, пересмотру и постоянному улучшению риск-менеджмента в масштабе всей организации. Успех риск-менеджмента зависит от эффективности инфраструктуры, предоставляющей базовые основы и мероприятия, которые должны использоваться во всей организации на всех уровнях. Инфраструктура способствует эффективному управлению рисками посредством применения процесса риск-менеджмента на различных уровнях и в рамках конкретной ситуации (контекста) в организации. Инфраструктура гарантирует, что информация о риске, полученная из процесса риск-менеджмента, должным образом документируется и используется в качестве основы для принятия решения и отчетности на всех соответствующих уровнях организации.

На рисунке 2.9 представлены согласно ISO 31000 необходимые элементы инфраструктуры риск-менеджмента и способ, обеспечивающий их взаимосвязь итеративным образом. Приведенная из стандарта инфраструктура предназначена не для того, чтобы предписать систему управления, а скорее для того, чтобы оказать содействие организации во внедрении риск-менеджмента в свою общую систему менеджмента, а организации должны адаптировать элементы структуры для своих конкретных потребностей.

## **Структура. Общие положения**

Структура менеджмента риска предназначена для обеспечения возможности интеграции процесса менеджмента риска в основные направления деятельности и функции. Эффективность менеджмента риска будет зависеть от степени интеграции в управление организацией, включая процедуры принятия решений. Это требует поддержки со стороны заинтересованных сторон, особенно высшего руководства организации.

Внедрение структуры менеджмента риска включает в себя интеграцию, проектирование и разработку, внедрение, оценку и улучшение менеджмента риска в организации. На рисунке 2.9 представлены компоненты структуры.



Рисунок 2.9. Структура риск-менеджмента стандарта ISO 31000

Организация должна оценить существующую практику и процессы менеджмента риска, выявить существующие недостатки и устранить их в рамках структуры.

Компоненты структуры и их совместная работа должны быть адаптированы к потребностям организации.

## **Лидерство и приверженность**

Руководители высшего звена должны обеспечить интеграцию менеджмента риска во все направления деятельности организации, при этом необходимо продемонстрировать лидерство и приверженность:

- адаптации и внедрению всех компонентов структуры;
- выпуску политики, которая устанавливает подход, план или порядок действий в отношении менеджмента риска;
- обеспечению выделения необходимых ресурсов для менеджмента риска;
- установлению полномочий, ответственности и подотчетности на соответствующих уровнях организации.

Это позволит организации:

- обеспечить соответствие менеджмента риска целям, стратегии и культуре организации;
- осознавать и придерживаться всех обязательств, включая добровольные обязательства организации;
- установить уровень и тип риска, который может или не может быть использован для разработки критериев риска, а также гарантий того, что данные критерии будут доведены до организации и ее заинтересованных сторон;
- демонстрировать ценность менеджмента риска внутри организации и заинтересованным сторонам;
- поддерживать систематический мониторинг рисков;
- обеспечить соответствие структуры менеджмента риска среде организации.

Внедрение риск-менеджмента и обеспечение его постоянной эффективности требует принятия строгого и постоянного обязательства со стороны руководства организации, а также стратегического и детального планирования для выполнения обязательств на всех уровнях.

Руководство должно:

- определять и поддерживать политику риск-менеджмента;
- обеспечивать согласованность деятельности организации и политики риск-менеджмента;
- определять показатели эффективности менеджмента риска, которые согласуются с показателями эффективности организации;
- определять и согласовывать цели риск-менеджмента с целями и стратегиями организации;

- обеспечивать соответствие обязательным требованиям;
- устанавливать ответственность и обязательства на соответствующих уровнях организации;
- обеспечивать распределение необходимых ресурсов для риск-менеджмента;
- предоставлять информацию заинтересованным сторонам о преимуществах риск-менеджмента;
- обеспечивать постоянное соответствие структуры риск-менеджмента.

Руководители высшего звена отвечают за управление рисками, в то время как регулирующие органы отвечают за осуществление контроля над данным процессом. Регуляторы зачастую ожидают и требуют от организации:

- обеспечить адекватное рассмотрение рисков при определении целей организации;
- понимать риски, с которыми сталкивается организация при достижении своих целей;
- обеспечить эффективное внедрение и функционирование систем менеджмента риска;
- убедиться в соответствии такого рода рисков целям организации;
- обеспечить надлежащий обмен информацией о таких рисках и управлении ими.

### **Адаптация**

Адаптация менеджмента риска основана на понимании организационной структуры и среды. Структуры различаются в зависимости от цели, задачи, сложности организации. Менеджмент риска осуществляется во всех элементах структуры организации. Каждый работник в организации несет ответственность за менеджмент риска.

Руководство управляет курсом организации, ее внешними и внутренними отношениями, а также правилами, процессами и практикой, необходимыми для достижения поставленной цели. Аппарат менеджмента преобразует курс руководства в стратегию и связанные с ней цели, необходимые для достижения желаемых уровней устойчивости и долгосрочной жизнеспособности. Распределение ответственности за менеджмент риска и контрольные функции внутри организации является неотъемлемой частью управления организацией.

Адаптация менеджмента риска в организации является динамичным и итеративным процессом, при адаптации нужно учитывать потребности и культуру организации. Менеджмент риска должен быть частью, а не отдельным элементом целей организации, ее системы управления, лидерства и приверженности, стратегии, задач и операций.

### **Проектирование и разработка**

#### ***Понимание специфики организации и ее внутренней и внешней среды***

При проектировании и разработке структуры менеджмента риска организации следует изучить и понять ее внешнюю и внутреннюю среду.

Изучение внешней среды организации может включать (но не ограничиваться):

- социальные, культурные, политические, правовые, нормативные, финансовые, технологические, экономические и экологические факторы на международном, национальном, региональном или местном уровнях;
- основные факторы и тенденции, влияющие на цели организации;
- взаимоотношения с внешними заинтересованными сторонами, их восприятие, ценности, потребности и ожидания;
- договорные отношения и обязательства;
- сложность существующих связей и зависимостей от внешних сторон.

Изучение внутренней среды организации может включать (но не ограничиваться):

- видение, миссию и ценности;
- руководство, организационную структуру, роли и ответственности;
- стратегию, цели и политику;
- культуру организации;
- стандарты, директивы и модели, принятые организацией;
- возможности, ресурсы и накопленные знания (например, капитал, время, люди, интеллектуальная собственность, процессы, системы и технологии);
- данные, информационные системы и информационные потоки;
- отношения с внутренними заинтересованными сторонами с учетом их мнения и ценностей;
- договорные отношения и обязательства;
- взаимозависимости и взаимосвязи.

### *Демонстрация приверженности менеджменту риска*

Руководители высшего звена и регуляторы, где это применимо, должны демонстрировать и формулировать свою постоянную приверженность менеджменту риска посредством политики, деклараций или других форм, которые четко отражают цели организации и следование менеджменту риска. Обязательства должны включать, но не ограничиваться:

- целью организации в отношении менеджмента риска и связи с общими целями и другими политиками;
- закреплением необходимости интегрировать менеджмент риска в общую культуру организации;
- интеграцией менеджмента риска в основные виды деятельности и процесс принятия решений;
- определением полномочий, обязанностей и ответственности;
- обеспечением доступа к необходимым ресурсам;
- созданием механизмов решения конфликтных задач;
- измерением показателей эффективности организации и подготовки отчетности по ним;
- пересмотром и улучшением.

Об обязательствах в отношении менеджмента риска должны быть надлежащим образом проинформированы лица внутри организации и причастные стороны.

*Политика риск-менеджмента* должна четко устанавливать цели организации и обязательства в отношении риск-менеджмента и, как правило, рассматривать следующее:

- обоснование организации риск-менеджмента;
- связи между целями, политикой организации и политикой риск-менеджмента;
- обязанности и обязательства в отношении риск-менеджмента;
- области, имеющие противоречащие интересы, пути разрешения конфликта интересов;
- обязательство обеспечения необходимыми ресурсами;
- способ, которым эффективность риск-менеджмента будет измеряться и представляться (подходы для оценки эффективности и документирования риск-менеджмента);



- обязательство анализировать и улучшать политику и систему риск-менеджмента периодически, а также в зависимости от событий или изменения обстоятельств.

Информация о политике риск-менеджмента должна предоставляться (доводиться до заинтересованных сторон) соответствующим образом.

### ***Определение организационных ролей, полномочий, обязанностей и ответственности***

Руководители высшего звена должны обеспечивать, чтобы полномочия, обязанности и ответственность за соответствующие роли в отношении менеджмента риска были определены и доведены до сведения соответствующих лиц на всех уровнях организации, что должно:

- определять перечень лиц, у которых есть ответственность и полномочия для осуществления менеджмента риска;
- подчеркивать, что менеджмент риска является одной из основополагающих обязанностей.

Организация должна гарантировать, что установлены *ответственность, полномочия и соответствующая компетентность* для управления риском, включая внедрение и поддержание процесса риск-менеджмента и гарантии адекватности, результативности и эффективности любых мер управления. Этому может способствовать:

- установление владельцев рисков, обладающих ответственностью и полномочиями для управления рисками;
- установление ответственных за разработку, внедрение и поддержание системы для управления риском.
- установление ответственности других лиц за процесс менеджмента риска на всех уровнях организации;
- установление показателей оценки результативности и внешней и/или внутренней отчетности и процессов распространения;
- гарантирование признания на соответствующих уровнях.

### ***Распределение ресурсов***

Руководители высшего звена должны быть уверены в наличии необходимых ресурсов для осуществления менеджмента риска, которые могут включать, но не ограничиваться:

- людьми, навыками, опытом и компетентностью;
- процессами, методами и инструментами организации, используемыми для менеджмента риска;

- документированными процессами и процедурами;
- системами управления информацией и знаниями;
- потребностями в профессиональном развитии и обучении.

Организация должна учитывать возможности и ограничения существующих ресурсов.

### **Установление механизмов обмена информацией и консультирования**

Организация должна разработать и одобрить подход к обмену информацией и консультированию в целях поддержки структуры и содействия эффективному применению менеджмента риска. Обмен информацией предполагает доведение необходимой информации до целевой аудитории.

Организация должна установить механизмы внутреннего обмена информацией и предоставления отчетов для обеспечения ответственности, а также обязательств по предоставлению отчетов о рисках.

*Эти механизмы должны гарантировать, что:*

- информация об основных элементах системы риск-менеджмента и любых последующих изменениях предоставляется соответствующим образом;
- осуществляется соответствующее внутреннее доведение информации о системе, ее эффективности и результатах;
- на соответствующих уровнях и своевременно предоставляется соответствующая информация, полученная при осуществлении менеджмента риска;
- существуют процессы консультирования с внутренними заинтересованными сторонами.
- Консультирование также подразумевает получение обратной связи от участников процесса с целью ее учета при принятии решений и осуществлении других видов деятельности. Методы и сущность обмена информацией и консультирования должны отражать ожидания заинтересованных сторон, где это уместно.

Организация должна разрабатывать и использовать механизмы обмена информацией с внешними заинтересованными сторонами, включая:

- вовлечение соответствующих заинтересованных сторон и обеспечение эффективного обмена информацией;

- внешнюю отчетность, соответствующую законодательным, обязательным и руководящим требованиям;
- обеспечение обратной связи и отчетности об обмене информацией и консультациях;
- использование обмена информацией для обеспечения конфиденциальности в организации;
- обмен информацией с заинтересованными сторонами в случае кризисной ситуации или непредвиденных обстоятельств.

Внутренние и внешние механизмы должны при необходимости включать процессы сбора информации о риске из разных источников, а также рассмотрение степени конфиденциальности такой информации.

Обмен информацией и консультирование должны быть своевременными и обеспечивать сбор, сопоставление, обобщение и совместное использование соответствующей информации, а при необходимости – предоставление обратной связи и внедрение улучшений на ее основе.

### **Внедрение**

Организация должна внедрять менеджмент риска путем:

- разработки соответствующего плана, определяющего необходимое время и ресурсы;
- определения того, где, когда, кем и как различные типы решений принимаются в рамках организации;
- изменения, при необходимости, процессов принятия решений;
- обеспечения четкого понимания и практической реализации механизмов управления рисками в рамках организации.

В процессе внедрения организационной структуры риск-менеджмента организация должна:

- определить подходящие временные рамки и стратегию внедрения;
- применять политику риск-менеджмента к процессам внутри организации;
- соответствовать юридическим и нормативным требованиям;
- гарантировать, что процесс принятия решений, включая разработку и постановку целей, соответствует результатам процессов риск-менеджмента;
- проводить ознакомительные и обучающие мероприятия;

- обмениваться информацией и консультироваться с заинтересованными сторонами для гарантирования, что инфраструктура (система) риск-менеджмента остается адекватной.

Успешное внедрение структуры менеджмента риска требует участия и осведомленности заинтересованных сторон. Это позволяет организациям непосредственно учитывать неопределенность при принятии решений, а также обеспечивать принятие во внимание любой новой или последующей неопределенности по мере ее возникновения.

Риск-менеджмент должен быть встроен во все практики и процессы организации в той степени, в которой это уместно, результативно и эффективно, процесс риск-менеджмента должен стать частью процессов организации и не отделяться от существующих организационных процессов. В частности, менеджмент риска должен быть встроен в разработку политики, стратегическое и бизнес-планирование и анализ, а также в процессы управления изменениями.

Во всей организации должен существовать план риск-менеджмента, в целях гарантии того, что политика риск-менеджмента внедрена, применяется ко всем процессам и практикам этой организации. План риск-менеджмента может быть интегрирован в другие планы организации, например в стратегический план.

Внедряя риск-менеджмент, необходимо обеспечить выполнение процессов риск-менеджмента в соответствии с планом риск-менеджмента на всех соответствующих функциональных уровнях организации, как часть ее деятельности и процессов.

Надлежащим образом спроектированная и внедренная структура менеджмента риска гарантирует, что процесс менеджмента риска будет являться частью всей деятельности организации, включая процессы принятия решений, и что изменения во внешней и внутренней среде будут адекватно учтены.

### **Оценка эффективности**

Для оценки эффективности структуры менеджмента риска организация должна:

- периодически оценивать эффективность работы структуры менеджмента риска по отношению к целям, планам реализации, показателям и ожидаемому поведению;

- определить, по-прежнему ли менеджмент риска содействует достижению целей организации.

Для того, чтобы гарантировать, что риск-менеджмент является эффективным в рамках всей деятельности организации, такая организация должна:

- оценивать качество (эффективность) риск-менеджмента с помощью показателей (индикаторов), которые периодически анализируются на соответствие целям и требованиям и пересматриваются для обеспечения актуальности;
- периодически оценивать продвижение с планом риск-менеджмента и определять отклонения от него;
- периодически пересматривать структуру, политику и план риск-менеджмента для обеспечения их адекватности внутренней и внешней среде организации;
- предоставлять информацию или отчитываться о риске, выполнении плана риск-менеджмента и результативности реализации политики риск-менеджмента и анализировать эффективность инфраструктуры риск-менеджмента.

### **Улучшение**

#### ***Обновление и постоянное улучшение структуры***

Организации следует осуществлять непрерывный мониторинг и обновление структуры управления рисками для реагирования на внешние и внутренние изменения. Осуществляя это, организация может повысить свою ценность.

Организация должна постоянно улучшать применимость, адекватность и результативность работы структуры менеджмента риска, а также способы интеграции процесса менеджмента риска внутри организации.

В отношении улучшения инфраструктуры риск-менеджмента, политики и плана риск-менеджмента следует принимать решения, основанные на результатах мониторинга и анализа инфраструктуры. Такие решения должны способствовать совершенствованию риск-менеджмента внутри организации и развитию общей культуры управления рисками в организации.

По мере выявления соответствующих недостатков или возможностей для улучшения организации следует разрабатывать планы и задачи и поручать их ответственным за реализацию. После внедрения эти улучшения должны способствовать совершенствованию менеджмента риска.

## 2.3 Процесс управления риском по ISO 31000

Рассмотрим этапы процесса риск-менеджмента более подробно. Эти этапы изображены слева и вверху на схеме рис. 2.10 итеративного процесса риск-менеджмента.

Процесс менеджмента риска предполагает систематическое применение политик, процедур и действий по обмену информацией и консультированию, определению среды, а также по оценке, обработке риска, мониторингу, пересмотру, документированию рисков и подготовки отчетности. Этот процесс показан на рисунке 2.10.

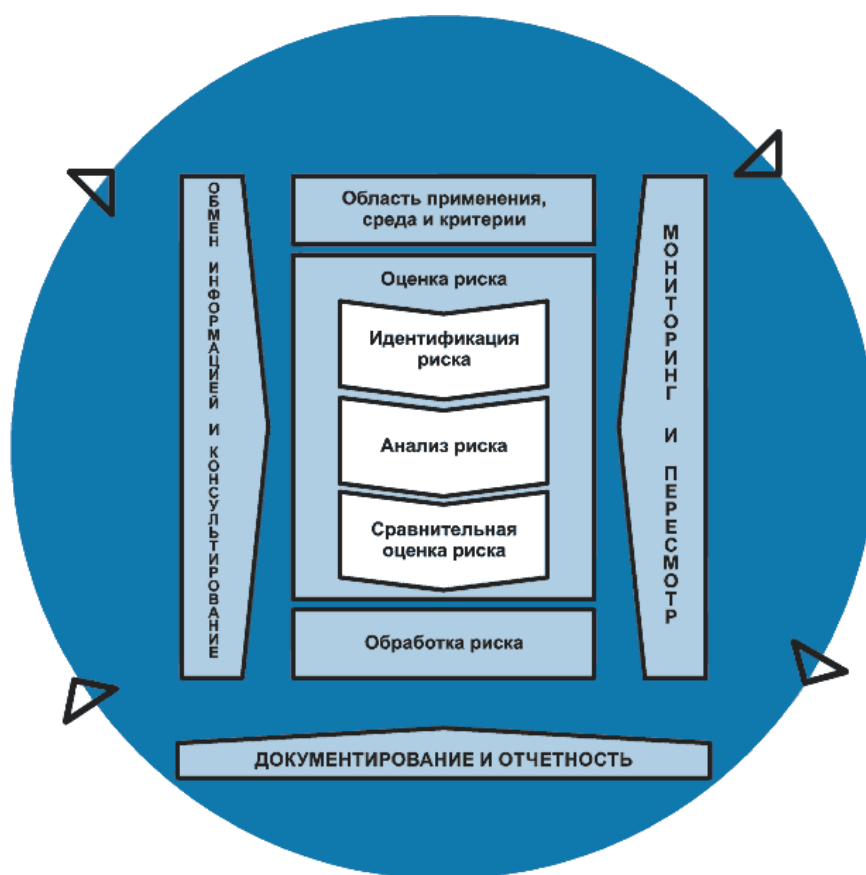


Рисунок 2.10. Процессы риск-менеджмента стандарта ISO 31000

Процесс менеджмента риска должен быть неотъемлемой частью управления и принятия решений и интегрирован в структуру, операционную деятельность и процессы организации. Он может применяться на стратегическом, операционном, программном или проектном уровнях.

В организации может быть много применений процесса менеджмента риска, настроенных для достижения целей организации и соответствия внешней и внутренней среде, в которой они применяются.

Динамический и изменчивый характер поведения и культуры человека следует учитывать на протяжении всего процесса менеджмента риска. Хотя процесс менеджмента риска зачастую представляется как последовательный, на практике он является итеративным.

## **Характеристика ранних стадий (этапов) процесса риск-менеджмента согласно ISO 31000**

### **Область применения, среда и критерии**

Цель определения области применения, среды и критериев заключается в адаптации процесса менеджмента риска, позволяющей эффективно оценивать риск и подбирать соответствующие методы воздействия на риск. Область применения, среда и критерии включают в себя определение области применения процесса менеджмента риска с учетом понимания внешней и внутренней среды организации.

### **Определение области применения**

Организация должна определить область применения в отношении действий, связанных с менеджментом риска. Определение области применения предусматривает обеспечение понимания предыстории организации или современной ситуации и связанных с ними рисков, определение этапов и элементов процесса риск-менеджмента. Определение области применения необходимо для идентификации среды, в которой обеспечивается достижение целей организации; выбора и установления граничных условий, общих характеристик мер воздействия на риски и других данных, необходимых для процесса риск-менеджмента; установления критериев, на соответствие которым будут определяться приоритизация рисков и способы воздействия на них; определения соответствующих методов идентификации, анализа, оценки и способов управления рисками

Поскольку процесс менеджмента риска может применяться на разных уровнях (например, стратегическом, операционном, программном, проектном или др.), важно четко понимать рассматриваемую область применения, соответствующие цели, которые необходимо учитывать, а также их согласование с организационными целями.

При планировании подхода учитываются следующие факторы:

- цели и решения, которые необходимо принять;
- ожидаемые результаты от шагов, предпринимаемых в рамках этого процесса;

- время, местоположение, определенные допущения и исключения;
- соответствующие инструменты и методы оценки рисков;
- требуемые ресурсы, обязанности и документирование результатов;
- взаимосвязь с другими проектами, процессами и действиями.

### **Внешняя и внутренняя среда**

Внешняя и внутренняя среда – это окружение, в котором организация стремится определить и достичь своих целей.

Понимание среды процесса менеджмента риска должно исходить из внешнего и внутреннего окружения, в котором работает организация, и отражать конкретные условия деятельности, к которым должен применяться процесс менеджмента риска.

Понимание среды важно, потому что:

- менеджмент риска происходит с учетом целей деятельности организации;
- организационные факторы могут быть источником риска;
- цель и область применения процесса менеджмента риска взаимосвязаны с общими целями организации.

Понимание внешней среды важно для обеспечения того, чтобы цели и интересы внешних заинтересованных сторон были учтены при разработке критериев риска. Установление внешней среды имеет значение для выявления позиций заинтересованных сторон, их мнений и целей при разработке политики организации в области рисков. Она может включать: социальную, культурную, политическую, правовую, регулятивную, финансовую, технологическую, экономическую, природную и конкурентную среду на международном, национальном, региональном или местном уровнях; сильные и слабые стороны, возможности и источники рисков организации, восприятия и ценности внешних заинтересованных сторон; основные движущие силы, направления и тенденции, воздействующие на цели организации.

Процесс менеджмента риска должен соответствовать культуре организации, процессам, структуре и стратегии. Внутренняя среда – это определение в пределах организации того, что может повлиять на способ, которым организация будет управлять риском. Установление внутренней среды позволяет организации сосредоточиться на своих сильных и слабых сторонах для выполнения стратегических и операционных задач или задач, определенных проектом, в соответствии с восприятиями или ожиданиями заинтересованных сторон.



Внутренняя среда может включать (но не ограничиваться):

- культуру организации;
- внутренние заинтересованные стороны, их взаимоотношения;
- организационную структуру, руководство, распределение ответственности;
- процессы принятия решений;
- ресурсное обеспечение (люди, системы, технологии, процессы, капитал, время);
- информационное обеспечение;
- стандарты, руководства и модели, принятые организацией;
- цели, а также политику и стратегию, которые установлены для их достижения и др.

При установлении внутренней среды могут также рассматриваться вопросы определения областей деятельности и границ внедрения процессов менеджмента рисков в рамках подразделений, т.е. определяются цели, стратегии, область и параметры деятельности организации или тех ее частей, где применяется процесс риск-менеджмента.

Менеджмент риска должен осуществляться с полным рассмотрением потребности в предоставлении ресурсов, используемых при осуществлении менеджмента риска. Должны быть определены требуемые ресурсы, ответственность и полномочия, а также процедуры документирования.

В зависимости от потребностей организации внутренняя среда процесса риск-менеджмента будет различаться и может включать (но не ограничиваться):

- определение целей и задач деятельности по риск-менеджменту;
- определение ответственности за процесс риск-менеджмента в целом и за отдельные этапы;
- определение области применения, а также масштаба осуществления деятельности по риск-менеджменту с учетом специфики;
- определение деятельности, процессов, функций, проектов, продуктов, услуг или активов в привязке ко времени и месту (распределение во времени, местонахождения в увязке с конкретным процессом риск-менеджмента на уровне организации);
- определение взаимодействия между конкретными проектами, процессами или деятельностью и другими проектами, процессами или видами деятельности организации;

определения методологии оценки риска:

- определения способа оценки результативности и эффективности риск-менеджмента;
- установление характера возможных принимаемых решений;
- определение необходимых исследований, их область приложения, цели, задачи и необходимые ресурсы.

### ***Определение критериев риска***

Организация должна указать размер и тип риска, который она может или не может принять по отношению к своим целям. Она также должна определять критерии для оценки значимости риска и поддержки процессов принятия решений. Критерии риска должны быть согласованы со структурой управления рисками и адаптированы к конкретным целям и объемам рассматриваемой деятельности. Критерии риска не должны противоречить политике организации в области риск-менеджмента и должны быть определены в начале применения процесса риск-менеджмента и периодически пересматриваться. Некоторые критерии могут быть взяты из законодательных и нормативных требований или вытекают из корпоративных требований или стандартов организации. Критерии риска должны отражать ценности, цели и ресурсы организации и должны определяться с учетом обязательств организации и мнений заинтересованных сторон.

Хотя критерии риска должны быть установлены в начале процесса оценки риска, они являются динамичными и в случае необходимости должны пересматриваться и корректироваться.

При определении критериев риска необходимо учитывать:

- характер и тип неопределенностей, которые могут повлиять на результаты и достижение целей (как материальные, так и нематериальные);
- корректность и согласованность применяемых методов оценки;
- порядок определения уровня риска;
- масштаб организации.

При определении критериев риска могут также рассматриваться такие факторы как:

- характер и типы причин и последствий, которые могут возникать и способы их измерения;
- методы определения частоты или вероятности реализации нежелательных последствий;

- временные рамки реализации событий и/или последствий;
- методы определения уровня риска, а также областей допустимого и приемлемого риска;
- учет комбинаций нескольких рисков и способы их учета.

На критерии могут влиять восприятие и взгляды заинтересованных сторон.

## **Характеристика основных стадий (этапов) процесса риск-менеджмента согласно ISO 31000**

Рассмотрим основные этапы процесса риск-менеджмента, включающие оценку риска и воздействие на риск, более подробно. Эти этапы изображены на рисунке 2.10 и итеративного процесса риск-менеджмента.

### **Оценка риска**

Оценка риска – это полный процесс идентификации риска, анализа риска и определения значимости риска. В ГОСТ Р 58771-2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска» дается краткая характеристика достаточно большого количества методов, которые могут применяться на этапах оценки риска. В последующих разделах данной работы некоторые из основных методов будут представлены достаточно подробно. Здесь же дадим общую характеристику этапам оценки риска согласно ISO 31000, используя материалы (ГОСТ Р ИСО 31000-2019), а также (Менеджмент рисков, 2009).

### ***Идентификация риска***

Этот этап процесса риск-менеджмента призван определить риски, которые будут влиять на достижение целей и задач организации или конкретной деятельности. Идентификация риска включает выявление источников риска, событий (включая изменения обстоятельств), их причин и потенциальных последствий. Задача этого шага составить всесторонний список или перечень рисков на основании определения тех событий, которые могли бы повлиять на достижение целей (помешать, ухудшить, ускорить или задержать). Важно также идентифицировать риски, связанные с упущенными возможностями. Всесторонняя идентификация с применением хорошо структурированного систематического процесса имеет большое значение, поскольку риск, не идентифицированный в рамках этого элемента процесса, может быть исключен из дальнейшего анализа.

Организация может использовать ряд методов для идентификации рисков, которые могут повлиять на достижение одной или нескольких целей. Следует учитывать следующие факторы и взаимосвязи между этими факторами:

- материальные и нематериальные источники риска;
- причины и события;
- угрозы и возможности;
- уязвимости и способности;
- изменения внешней и внутренней среды;
- индикаторы рисков;
- характер и стоимость активов и ресурсов;
- последствия и их влияние на цели;
- ограниченность знаний и достоверности информации;
- факторы, связанные со временем.

Идентификация должна включать все риски независимо от того, управляет ими организация или нет, находятся ли источники риска под контролем организации или нет, также должен учитываться широкий диапазон последствий, даже если источники или причины риска могут быть неявными или неочевидными. Идентификация риска должна включать исследование последующего развития эффектов для отдельных последствий, включая эффект домино или кумулятивный эффект. Помимо идентификации того, что может произойти, необходимо учесть возможные причины и сценарии, которые показывают, какие последствия могут быть. Должны быть учтены все значимые причины и последствия.

Организация должна применять инструменты и методы идентификации риска, которые соответствуют её целям, возможностям, а также тем рискам, с которыми она сталкивается. Применяемый подход зависит от характера деятельности, типов риска, организационных аспектов, а также цели и содержания процесса риск-менеджмента. При ограничении ресурсов, имеющихся в наличии для идентификации рисков и проведения анализа, структуру и подход необходимо адаптировать для достижения эффективных результатов в рамках финансовых или организационных ограничений.

На этапе идентификации рисков важна адекватная и актуализированная, в том числе исходная, информация. Идентификацию риска должны производить специалисты, обладающие необходимыми знаниями.

### *Анализ риска*

Цель анализа риска заключается в том, чтобы понять природу риска и его характеристики, в том числе, когда это необходимо, уровень риска. Анализ риска включает учет причин и источников риска, их последствий и вероятностей, с которыми последствия могут реализоваться с учетом различных факторов, влияющих на величину вероятностей и размер последствий. Событие может иметь несколько причин и последствий и может влиять на достижение нескольких целей. Способ, которым выражаются последствия и вероятность, и их сочетание для определения уровня риска должны отражать тип риска, имеющуюся информацию и соответствовать цели использования результатов оценки риска. Все они должны быть тесно связаны с критериями риска, поскольку анализ риска обеспечивает входные данные для определения значимости риска и выработки решения о том, нуждается ли риск в применении мер воздействия, а также о наиболее подходящих стратегиях и методах реагирования на риск. Анализ риска также может обеспечить входными данными решения, где необходимо сделать выбор из вариантов с различными типами и уровнями риска.

Необходимо при определении уровня риска оценить его чувствительность к вариации параметров, условий и допущений, а также должны быть учтены и зафиксированы такие факторы, как расхождение мнений экспертов, неопределенность, доступность, качество, количество и соответствие используемой информации или модельные ограничения.

Анализ риска может осуществляться с различной степенью детальности, зависящей от природы риска, цели проведения анализа, доступности и достоверности информации, данных и имеющихся ресурсов. Анализ может быть качественным, полуколичественным или количественным либо быть их комбинацией в зависимости от обстоятельств и предполагаемого использования.

Анализ риска должен учитывать такие факторы, как:

- вероятность событий и последствий;
- характер и масштабы последствий;
- сложность и взаимосвязь с другими рисками;
- факторы, связанные со временем, волатильность;
- эффективность существующих методов управления риском;
- уровень чувствительности и достоверности.

На анализ риска может влиять любое расхождение мнений, восприятие риска и суждения. Дополнительное влияние оказывают качество используемой информации, сделанные допущения и исключения, любые ограничения технологий и способов их применения.

Крайне неопределенные события могут плохо поддаваться количественной оценке, что может являться проблемой при анализе событий с существенными последствиями. В таких случаях использование комбинации технологий обычно обеспечивает более глубокое понимание.

Посредством проведения анализа риска, по сути, предпринимаются попытки ответить на три основных вопроса.

- Что может выйти из строя или произойти (идентификация опасности)?
- С какой частотой или вероятностью это может произойти (анализ частоты)?
- Каковы последствия этого события (анализ последствий)?

В таблице 2.1 представлены согласно (Менеджмент рисков, 2009) наиболее часто используемые методы анализа рисков (идентификации опасностей, анализа частот и последствий).

Таблица 2.1. Часто используемые методы анализа рисков (Менеджмент рисков, 2009)

Метод	Описание и применение
Анализ дерева событий ЕТА	Совокупность приемов идентификации опасности и анализа частот, в которых используется индуктивный подход с целью перевода различных инициирующих событий в возможные исходы
Анализ видов и последствий отказов FMEA	Совокупность приемов идентификации главных источников опасности и анализа частот, с помощью которых анализируются все аварийные состояния данной единицы оборудования на предмет их влияния как на другие компоненты, так и на систему в целом
Анализ дерева отказов FTA	Совокупность приемов идентификации опасности и анализа частот нежелательного события, с помощью которых определяются все пути его реализации. Используется графическое изображение

## Окончание таблицы 2.1

Метод	Описание и применение
Исследование опасности и работоспособности HAZOP	Совокупность приемов идентификации фундаментальной опасности, при помощи которых оценивается каждая часть системы с целью обнаружения того, могут ли происходить отклонения от назначения конструкции и какие последствия это может повлечь
Анализ влияния человеческого фактора HRA	Совокупность приемов анализа частот в области воздействия людей на показатели работы системы, при помощи которых определяется влияние ошибок человека на надежность
Предварительный анализ опасности	Совокупность приемов идентификации опасности и анализа частоты, используемых на ранней стадии проектирования с целью идентификации опасностей и оценки их критичности
Структурная схема надежности	Совокупность приемов анализа частот, на основе которых создается модель системы, и ее резервов для оценки надежности системы

Методы идентификации опасностей и анализа риска будут рассмотрены в следующей главе настоящей работы более детально.

### ***Сравнительная оценка (определение значимости) риска***

Целью определения значимости риска является оказание поддержки в принятии решений, основанных на итогах анализа рисков, относительно необходимости воздействия на риск и установления приоритетных рисков, к которым должны применяться меры воздействия. Другими словами: установление каких из рисков нуждается в реализации мероприятий по управлению и их приоритетности с точки зрения необходимости применения мер реагирования. Это может привести к принятию следующих решений:

- не предпринимать никаких мер;
- рассмотреть варианты реагирования на риск;
- провести дальнейший анализ, чтобы лучше понять риск;
- поддерживать существующие методы управления риском;
- пересмотреть цели.

Определение значимости рисков включает сопоставление (сравнение) уровня риска, определенного в процессе анализа, с установленными критериями риска.

Решения могут основываться на уровне риска, но могут основываться и на пороговых значениях, установленных с учетом:

- а) определенных последствий;
- б) вероятности установленных событий или результатов;
- в) кумулятивного эффекта многочисленных событий;
- г) граничных значений неопределенности уровней риска при определенном установленном доверительном уровне.

Критерии могут выражаться как количественно, так и качественно.

Критерии, используемые для принятия решений, должны отвечать определенной внешней/внутренней среде и процедуре менеджмента рисков, а также учитывать установленные цели, возможности организации, опыт ее работы в области рисков, мнения заинтересованных сторон и т.д. При принятии решений необходимо руководствоваться более широким представлением о риске и учитывать толерантность к риску, допустимость рисков для различных сторон, а не только для организации, которая может получить какие-либо преимущества или извлекает из риска выгоду.

В некоторых случаях в результате сравнительной оценки рисков может быть принято решение о необходимости проведения дополнительного анализа, как, впрочем, и решение не принимать конкретные меры воздействия на риски, а ограничиться существующими средствами управления. На это решение будут влиять отношение самой организации к риску, а также установленные в организации критерии риска.

### **Воздействие на риск (обработка рисков)**

Целью данного этапа являются выбор и реализация вариантов воздействия на риск. Это итеративный процесс, включающий:

- определение и выбор вариантов воздействия на риск;
- планирование и осуществление мероприятий по управлению риском;
- оценка эффективности мероприятий;
- принятие решений о приемлемости остаточного уровня риска;
- если риск неприемлем, осуществление дополнительных мер реагирования.

Таким образом на данном этапе производится идентификация различных вариантов принятия мер воздействия на риск, оценка имеющихся вариантов, выбор одного или более способов для воздействия на риск,



подготовка планов, устанавливающих необходимые меры воздействия на риски, и их осуществление.

Наработка альтернативных мер воздействия на риск может быть циклическим процессом, состоящим:

- из оценки результатов воздействия на риск;
- анализа, являются ли уровни остаточного риска допустимыми и/или приемлемыми;
- если они не допустимы и/или неприемлемы, то определения другой меры воздействия на риск;
- оценки ее результативности и т.д.

### ***Способы воздействия на риск (обработки риска)***

В теории риск-менеджмента выделяется четыре основных способа реагирования или воздействия на риск:

- *уклонение от риска/исключение риска/избежание риска* – отказ от шагов и деятельности, реализация которых может привести к появлению негативных последствий значимого уровня, что подразумевает под собой полный отказ от действий или каких-либо устройств, заключающих в себе данный риск;
- *сокращение/снижение риска* – проведение действий, направленных на уменьшение частоты возникновения или последствий реализации риска (например, совершенствование систем безопасности, мероприятия по технике безопасности, проектирование специальных защитных систем, обучение персонала, создание запасов комплектующих на случай аварии и т.д.);
- *разделение/передача/распределение риска* – страхование, привлечение партнера, создание различных отраслевых ассоциаций, совместных предприятий, обмен долями в капиталах, привлечение нового акционера, реструктуризация бизнеса;
- *принятие/сохранение/удержание риска* – самострахование, отсутствие действий, применяемых при сокращении/снижении риска.

На уровень риска компании, таким образом, можно воздействовать (реагировать или управлять) различными методами. Самый прямой из них – снижение вероятности или частоты наступления неблагоприятных событий или их последствий путем принятия технических или организационных мер. Однако самые очевидные или простые мероприятия – не значит самые эффективные. Страхование является одним из частных направлений метода разделения/передачи риска, так как посредством

страхования компании передают свои риски страховщикам в размере лимита ответственности. При этом страхование не меняет существующие параметры риска, а обеспечивает защитой от возможных неблагоприятных экономических последствий реализации риска. Также в настоящее время имеется понимание того, что страховые риски, это не самые большие риски в компании. Если посмотреть картину в среднем по миру, то крупные (стратегические) риски приносят 80–90% убытков – при их реализации многие предприятия могут разориться в один день; а риски страховые приносят (в среднем по миру) лишь от 10 до 20% убытков.

Альтернативные варианты воздействия на риск не обязательно являются взаимоисключающими или подходящими для всех обстоятельств.

Таким образом, альтернативные варианты воздействия на риск могут включать:

- а) избежание риска (уклонение от риска) посредством решения не начинать или не продолжать деятельность, в результате которой возникает риск;
- б) принятие или даже увеличение уровня риска для использования благоприятных возможностей;
- с) устранение источника риска;
- д) изменение возможности (частоты или вероятности);
- е) изменение последствий;
- ф) разделение риска с другой стороной или сторонами (включая контракты и финансирование риска);
- г) осознанное удержание/сохранение риска.

Риск-менеджмент включает в себя как одну из своих составных частей использование экономических механизмов смягчения последствий проявления рисков, т.е. создание механизмов *финансирования затрат на покрытие убытков* компании вследствие наступления неблагоприятных событий – финансирование риска.

#### ***Смягчение последствий: способы финансирования риска***

В последние десятилетия в части экономических механизмов смягчения последствий реализации рисков используется понятие ***финансирования риска*** (Risk financing), которое определяется как формирование или получение фондов для оплаты или покрытия (возмещения) произошедших убытков организации. Современное страхование представляет собой один из традиционных экономических механизмов управления

рисками в части смягчения последствий реализации рисков, т.е. метод финансирования затрат на покрытие убытков компании вследствие наступления неблагоприятных событий. Анализ международного опыта показывает, что страхование – это далеко не единственный и не всегда оптимальный метод финансирования риска. В ряде случаев может оказаться, что более предпочтительно финансировать затраты на риск целиком или частично самой компанией. Сфера действия системы страховой защиты крупной компании определяется после всестороннего анализа возможностей применения методов финансирования риска.

Различают следующие способы покрытия убытка:

- *покрытие убытка из текущего дохода* (Current expensing of losses) сводится к тому, что покрытие ущерба осуществляется по мере его возникновения за счет текущих денежных потоков компании. При этом не создается никаких (внутренних или внешних) фондов;

- *покрытие убытка из резервов* (Reserving) предполагает, что текущий ущерб покрывается за счет средств резервных фондов, специально создаваемых для этих целей;

- *покрытие убытка за счет использования займа* (Borrowing) применяется в том случае, если компания может рассчитывать на получение займа (кредита) на покрытие убытка. В отличие от предыдущих методов покрытия здесь источник средств для возмещения ущерба не внутренний, а внешний, хотя, как и ранее, ответственность за покрытие ущерба целиком и полностью лежит на самой компании;

- *покрытие убытка на основе самострахования* (форма страхования, реализуемая в рамках собственной фирмы, финансово-промышленной, промышленной группы и т.д., в частности реализуемая через создание кэптивных страховых компаний или общества взаимного страхования);

- *покрытие убытка на основе страхования* (передача ответственности за возмещение возможного ущерба другому субъекту, специализирующемуся на таких операциях, – страховой компании);

- *покрытие убытка на основе нестрахового пула* (Non-insurance pooling) означает передачу финансирования риска или покрытия убытка другому субъекту – нестраховому пулу (примером такого пула является создание участниками финансово-промышленной группы или какого-либо объединения предпринимателей специальных фондов взаимопомощи);

- *покрытие убытка на основе договора (Contractual transfer)* предполагает передачу финансирования риска или покрытия убытка какому-либо субъекту на основе заключенного договора. Примером метода финансирования риска на основе договора является **хеджирование (hedging)**. Оно представляет собой передачу ценового риска, направленную на его минимизацию. По условиям договора другая сторона (другой участник договора) принимает участие в софинансировании ценового риска на тех условиях, которые предусмотрены договором. Суть хеджирования сводится к ограничению прибылей и убытков, обусловленных изменением на рынках цен товаров, валют и т.д., за счет производных ценных бумаг (торговых опционов, фьючерсных и форвардных контрактов) и других финансовых инструментов. Хеджирование – неотъемлемая часть программ по управлению финансовыми рисками, т.е. программ финансового риск-менеджмента, поэтому такая программа может разрабатываться отдельно. Если программа финансового менеджмента выделена отдельно, она, как правило, составляется специалистами по финансам;

- *покрытие убытка на основе поддержки государственных и/или муниципальных органов (Budget support)* означает снижение участия самой компании в возмещении ущерба за счет полной или частичной передачи ответственности по несению риска государственным и муниципальным органам;

- *покрытие убытка на основе спонсорства (Sponsorship)* предполагает софинансирование риска за счет спонсорства.

### ***Выбор способов реагирования (воздействия на риск)***

Выбор наиболее подходящего или приемлемого варианта мер воздействия на риски включает необходимость определения баланса издержек на внедрение каждого варианта по отношению к полученной в результате прибыли, другими словами – соотнесение затрат и усилий при внедрении в сравнении с получаемой выгодой, с учетом законодательных, регулирующих и других требований, таких как социальная ответственность и защита окружающей среды. В общем случае издержки на обработку риска в процессе риск-менеджмента должны быть соизмеримы с получаемой выгодой (прибылью), при этом необходимо учитывать все прямые и косвенные издержки, положительные результаты и убытки независимо от того, являются ли они материальными, нематериальными, финансовыми или другими в рамках установленной ситуации (контекста) и установленных критериев риска.

При выборе варианта воздействия на риск учитываются не только экономические соображения, но и все обязательства организации, включая добровольные обязательства и мнения заинтересованных сторон. Несмотря на одинаковую результативность, некоторые способы реагирования могут быть более приемлемы для одних заинтересованных сторон и менее приемлемы для других. Выбор варианта воздействия на риск должен производиться в соответствии с целями организации, критериями риска и имеющимися ресурсами. Методы реагирования на риск, даже если они тщательно разработаны и реализованы, могут не дать ожидаемых результатов и могут привести к непредвиденным последствиям. Мониторинг и пересмотр должны быть неотъемлемой частью реализации методов воздействия на риск, чтобы гарантировать, что различные способы реагирования продолжают оставаться эффективными.

Воздействие на риск также может привести к новым рискам, которыми необходимо управлять.

Количество вариантов воздействия на риск можно рассматривать и применять либо по отдельности, либо в комбинации. Организация может обычно извлекать выгоду из принятия комбинации мер воздействия на риск, например эффективное использование контрактов, принятие специфических мер воздействия на риски, подкрепляемые соответствующим страхованием и другими средствами финансового обеспечения рисков.

Если отсутствуют доступные варианты реагирования на риск или если варианты недостаточно эффективны, риск следует задокументировать и держать под постоянным наблюдением.

Лица, принимающие решения, должны быть осведомлены о характере и уровне остаточного риска после реализации мер воздействия. Остаточный риск должен быть задокументирован и подлежать регулярному мониторингу, пересмотру и при необходимости дальнейшему применению мер воздействия.

### ***Подготовка и реализация планов реагирования (воздействия) на риск***

Целью планов воздействия на риск является документирование того, как должны внедряться или осуществляться выбранные меры реагирования на риск, то есть обеспечение того, чтобы выбранные варианты воздействия на риск были реализованы, а также чтобы осуществлялся мониторинг их выполнения. План должен четко определять порядок,

в соответствии с которым следует осуществлять мероприятия по воздействию на риск.

В планы воздействия на риски рекомендуется включать, как правило, следующую информацию:

- обоснование выбора вариантов реагирования (в том числе причины, по которым данная мера воздействия на риски была выбрана, включая выгоды, ожидаемые от ее осуществления);
- ответственных за утверждение и реализацию плана;
- предлагаемые к осуществлению мероприятия (действия);
- требуемые ресурсы, включая возможные непредвиденные расходы;
- показатели эффективности;
- ограничения;
- требования к отчетности и мониторингу;
- сроки реализации и завершения мероприятий (график выполнения).

В плане воздействия на риск должен быть четко указан приоритет, в соответствии с которым должны применяться отдельные установленные меры воздействия на риск.

Мера воздействия на риск может сама по себе добавлять риск или вызывать вторичные риски, которые необходимо оценивать, обрабатывать, подвергать мониторингу и анализу. Такие вторичные риски должны включаться в тот же самый план воздействия на риск и не рассматриваться как новый риск. Следует определить и учитывать связь между обоими этими рисками. Существенным риском может быть низкая эффективность или неэффективность мер воздействия на риск. Мониторинг призван стать неотъемлемой частью плана реагирования на риск с тем, чтобы гарантировать, что меры остаются эффективными.

Планы воздействия на риск должны быть встроены в процессы управления организации и обсуждаться с соответствующими заинтересованными сторонами.

Остаточным риском является риск, который остается после того, как варианты принятия мер воздействия были установлены, а планы принятия мер воздействия на риск внедрены. Заинтересованные стороны и ответственные за принятие решений по мерам воздействия на риски должны быть информированы о характере и уровне остаточного риска после

реализации мер реагирования. Остаточный риск должен быть документирован и подвергаться мониторингу, анализу и, где требуется, дальнейшей обработке и пересмотру.

## **Характеристика других стадий (этапов) процесса риск-менеджмента согласно ISO 31000**

Рассмотрим другие этапы процесса риск-менеджмента несколько более подробно.

### **Документирование и отчетность**

Деятельность по риск-менеджменту должна быть документально прослеживаемой. В процессе риск-менеджмента документирование обеспечивают основу для улучшения методов и инструментов, а также всего процесса.

Документирование и отчетность направлены на:

- информирование о деятельности по менеджменту риска и ее результатах по всей организации;
- предоставление информации для принятия решений;
- совершенствование деятельности по менеджменту риска;
- содействие в работе с заинтересованными сторонами.

Решения, касающиеся создания, хранения и обработки документированной информации, должны учитывать, но не ограничиваться возможностью ее использования, чувствительностью информации, внешней и внутренней средой.

При принятии решений о создании документальных записей необходимо принимать во внимание:

- потребности организации в постоянном обучении;
- пользу и преимущества повторного использования информации в целях риск-менеджмента;
- затраты и усилия, требуемые для создания и поддержки документального учета;
- законодательные, нормативные и оперативные потребности в документальном учёте;
- метод доступа, простоту восстановления и средства хранения информации;
- период хранения и значимость информации.

Факторы, которые следует учитывать при формировании отчетности, включают, но не ограничиваются:

- различиями заинтересованных сторон, их специфическими потребностями и требованиями к информации;
- стоимостью, периодичностью и своевременностью отчетности;
- формой подготовки и способом предоставления отчетности;
- соответствием информации организационным целям и принимаемым решениям.

Необходимо вести соответствующие записи каждого этапа процесса риск-менеджмента, всех предположений, методов, источников данных, анализа, результатов и причин принятия решений. Записи таких процессов являются важным аспектом надежного корпоративного управления.

### **Мониторинг и пересмотр**

Постоянный мониторинг, анализ и пересмотр имеют большое значение для обеспечения актуальности плана принятия мер воздействия на риски. Факторы, влияющие на частоту или вероятность и последствия риска, могут изменяться, как могут изменяться и факторы, влияющие на риск, по которому были приняты меры воздействия, или на издержки, связанные с принятием мер воздействия. В связи с этим необходимо постоянно повторять цикл риск-менеджмента. Мониторинг и пересмотр должны быть запланированной частью процесса риск-менеджмента, и ответственность за мониторинг должна быть четко определена.

Процессы мониторинга и пересмотра, осуществляемые организацией, должны включать в себя все аспекты итеративного процесса риск-менеджмента в целях:

- гарантии того, что средства управления являются эффективными и результативными;
- получения дополнительной информации для совершенствования качества оценки риска;
- анализа и извлечения уроков из случаев (включая риски без последствий), изменений, тенденций, успехов и неудач;
- выявления изменений во внешней и внутренней среде, включая изменения критериев риска и сам риск, который может потребовать пересмотра способов воздействия на риск и приоритетов;
- идентификации новых или зарождающихся рисков.



Мониторинг, анализ и пересмотр также приводят к постепенному накоплению опыта в результате применения процесса риск-менеджмента посредством пересмотра событий, планов принятия мер воздействия на риски и достигнутых результатов. Фактические положительные результаты, достигнутые при внедрении планов принятия мер воздействия на риски, обеспечивают важный критерий качества работы и должны включаться в систему отчетности, определения и менеджмента качества работы организации.

Выполнение планов реагирования на риск риска является показателем результативности. Результаты могут быть добавлены в общее управление, систему мер, внешнюю или внутреннюю отчетность организации.

Результаты мониторинга, анализа и пересмотра должны быть документированы и соответствующим образом зарегистрированы

### **Обмен информацией и консультирование**

Целью обмена информацией и консультирования является оказание помощи заинтересованным сторонам в понимании риска, предпосылок, на основании которых принимаются решения, и причин, в отношении которых требуются конкретные действия. Обмен информацией направлен на повышение осведомленности и понимание риска, тогда как консультирование подразумевает получение обратной связи и информации для поддержки процесса принятия решений. Тесная взаимосвязь между данными процессами должна способствовать фактическому, своевременному, актуальному, точному и понятному движению информации в организации с учетом конфиденциальности и целостности информации, а также прав на частную жизнь отдельных лиц.

Обмен информацией и консультирование с соответствующими внешними и внутренними причастными сторонами должны проводиться на всех этапах процесса менеджмента риска.

Целями обмена информацией и консультирования являются:

- объединение различных областей знаний для каждого этапа процесса менеджмента риска;
- обеспечение учета различных взглядов при определении критериев риска и при оценке риска;
- предоставление достаточной информации для облегчения управления риском и принятия решений;
- создание чувства вовлеченности и причастности среди лиц, подверженных риску.

Внешний и внутренний обмен информацией и консультации должны осуществляться результативно, чтобы гарантировать понимание ответственными за внедрение процесса риск-менеджмента и заинтересованными сторонами оснований для принятия тех или иных решений, и осознание причин того, почему требуются те или иные действия.

Обмен информацией и консультации с заинтересованными сторонами важны, поскольку эти стороны делают выводы о риске на основе своего восприятия риска, которое может различаться вследствие разницы в ценностях, потребностях, предположениях, представлениях, понятиях и опасениях заинтересованных сторон. Поскольку их точки зрения могут иметь существенное влияние на принимаемые решения, мнения заинтересованных сторон должны быть определены, зарегистрированы и приняты во внимание в процессе принятия решения.

Обмен информацией и консультации должны способствовать правдивому, релевантному, аккуратному и понятному обмену информацией, принимая во внимание аспекты конфиденциальности и личной неприкосновенности.

## **2.4 Нормативные и методические материалы по риск-менеджменту**

### **Систематизация стандартов по риск-менеджменту**

Важное значение для практического применения принципов риск-менеджмента имеет создание необходимой нормативной и методической базы, в частности разработка соответствующих стандартов в области риск-менеджмента. На рисунке 2.11 воспроизведен по (Менеджмент рисков, 2009) пример достаточно разнообразной структуры международных и европейских документов в области риск-менеджмента. Структура этих стандартов, как видно из рисунка 2.11, может иметь несколько иерархических уровней:

- общий (руководящий документ);
- терминология;
- требования, директивы и процедуры;
- руководящие положения;
- инструменты и методы.

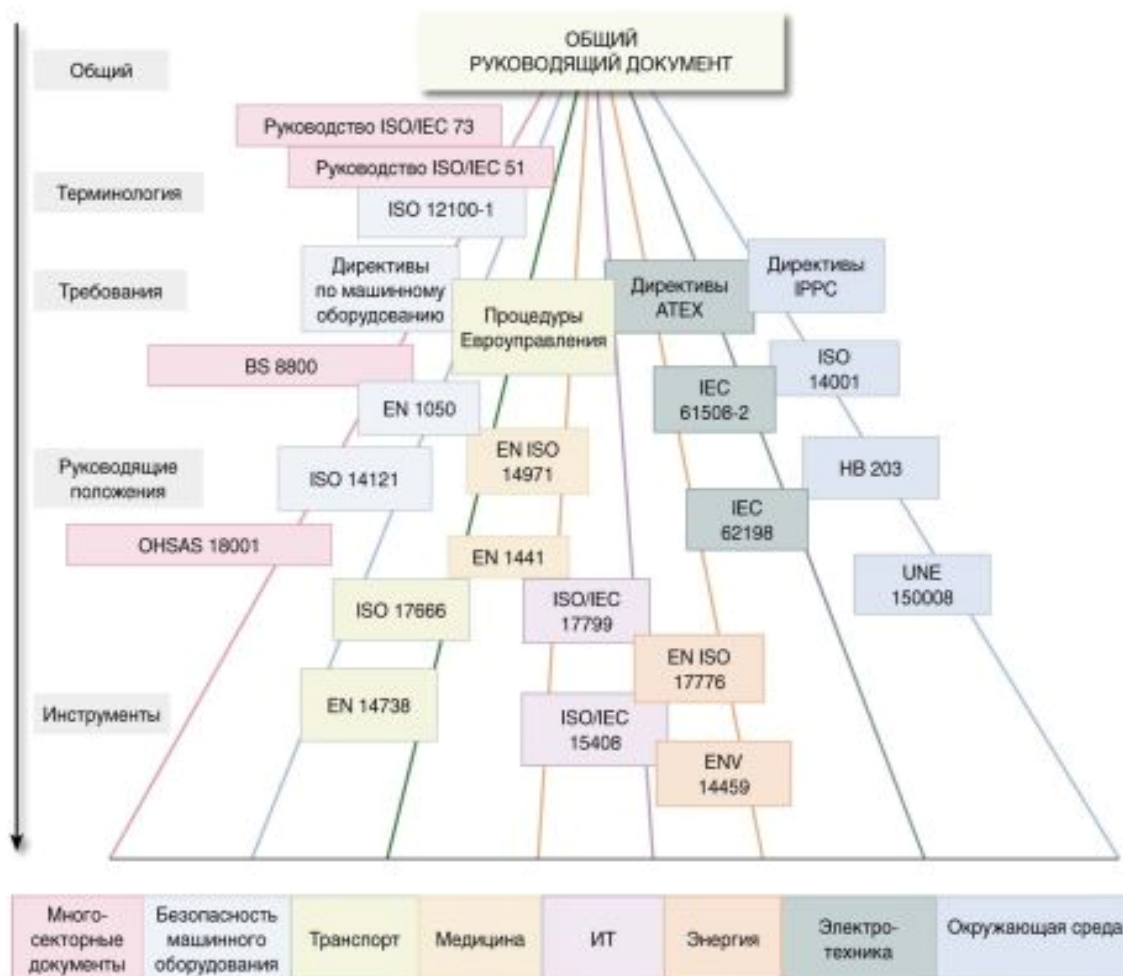


Рисунок 2.11. Структура международных и европейских руководящих документов в области риск-менеджмента (по: Менеджмент рисков, 2009)

В таблице 2.2 приведена в системном виде подборка национальных стандартов в области риск-менеджмента и надежности, в том числе гармонизированных с международными стандартами.

Таблица 2.2. Национальные стандарты в области риск-менеджмента и надежности, в том числе гармонизированные с международными стандартами (по: Менеджмент рисков, 2009; с добавлением стандартов последних лет)

№ п/п	Обозначение	Наименование документа	Обозначение гармонизированного международного стандарта	Краткая аннотация (гармонизированного международного стандарта)
1	2	3	4	5
<b>ТЕРМИНОЛОГИЯ, ПРИНЦИПЫ, ПОЛОЖЕНИЯ, ТРЕБОВАНИЯ, МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ</b>				
1	ГОСТ Р 51897-2021 ИСО 73:2009	Менеджмент риска. Термины и определения	ИСО 73:2009 Risk management. Terms and definition ISO 73:2009	Стандарт устанавливает основные термины в области менеджмента риска. Целью настоящего стандарта является обеспечение единого понимания и использования терминов в области менеджмента риска.
2	ГОСТ Р ИСО 31000-2019	Менеджмент риска. Принципы и руководство	ISO 31000:2018 Risk management – Guidelines	Стандарт разработан взамен ГОСТ Р ИСО 31000-2010. Предназначен для лиц, чья деятельность направлена на создание и защиту ценностей организаций путем менеджмента риска, принятия решений, постановки и достижения целей, повышения эффективности деятельности
3	ГОСТ Р 58771-2019	Менеджмент риска. Технологии оценки риска	IEC 31010:2019 Risk management – Risk assessment techniques	Стандарт разработан взамен ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Содержатся рекомендации по выбору и применению различных технологий, которые могут быть использованы для совершенствования понимания неопределенности и риска
4	ГОСТ Р 51901.7-2017	Менеджмент риска. Руководство по внедрению ИСО 31000	ISO/TR 31004:2013 Risk management – Guidance for the implementation of ISO 31000	Стандарт может помочь организациям повысить результативность менеджмента риска в соответствии с ИСО 31000, устанавливающим общий подход к менеджменту риска организации

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
5	ГОСТ Р 51901.21-2012	Менеджмент риска. Реестр риска. Общие положения	Risk management. Risk register. General principles	В стандарте установлены общие принципы разработки и ведения реестра риска и требования к персоналу, ответственному за состояние реестра риска
6	ГОСТ Р 51901.22-2012	Менеджмент риска. Реестр риска. Правила построения	Risk management. Risk register. Principles of development	В стандарте установлены правила построения реестра риска. Общие принципы разработки и ведения реестра риска установлены в ГОСТ Р 51901.21
7	ГОСТ Р 51901.23-2012	Менеджмент риска. Реестр риска. Руковод- ство по оценке риска опасных событий для включения в реестр риска	Risk management. Risk register. Guide on assessment of hazards risk for inclusion in register of risk	В стандарте установлены общие принципы анализа опасных событий и инцидентов для включения в реестр риска организации. Основной целью настоящего стандарта является повышение достоверности оценок риска опасных событий и инцидентов, повышение качества и обеспечение сопоставимости информации о риске в реестрах риска различных организаций
8	ГОСТ Р 51901.1-2002 (МЭК 60300- 2:2004)	Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем	IEC 60300-2:2004 Dependability management – Part 2: Guidelines for dependability management (MOD)	Стандарт содержит руководящие указания по выбору и реализации методов анализа риска для оценки риска технологических систем. Задачей стандарта является обеспечение качества при планировании и выполнении анализа риска, а также рекомендации по предоставлению результатов и выводов

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
9	ГОСТ Р 58969-2020	Менеджмент риска. Управление технико-производственными рисками промышленного предприятия	Risk management. Management of technical and production risks of industrial enterprises	Стандарт предназначен для систематизации применения методологических инструментов в процессе управления рисками промышленного предприятия, относящимися непосредственно к производственному процессу. Разработан с целью оказания содействия при применении требований различных стандартов, относящихся к области менеджмента риска
10	ГОСТ Р 27.303-2021 (МЭК 60812:2018)	Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов	«Анализ видов и последствий отказов (FMEA и FMECA)» (IEC 60812:2018 «Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA)», MOD)	Стандарт устанавливает методы анализа видов и последствий отказов (Failure Mode and Effects Analysis – FMEA), видов, последствий и критичности отказов (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis – FMECA) и дает рекомендации по их применению
<b>СТАНДАРТЫ ПО НАДЕЖНОСТИ, ПРИМЕНИМЫЕ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ</b>				
11	ГОСТ 27.310-95	Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения	МЭК 812 (1985)-в части определений, общих положений и методов анализа Dependability in technics. Failure mode, effects and criticality analysis. Basic principles	Стандарт устанавливает порядок проведения и общие методические принципы анализа видов, последствий и критичности отказов (FMECA) технических объектов всех видов. Стандарт применяют при разработке и производстве технических объектов, для которых соответствующими документами (стандартами, техническими заданиями, контрактом, договором, программой обеспечения надежности и др.) признано необходимым проведение FMECA

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
				и производстве технических объектов, для которых соответствующими документами (стандартами, техническими заданиями, контрактом, договором, программой обеспечения надежности и др.) признано необходимым проведение FMECA
12	ГОСТ Р 27.302-2009	Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей	МЭК 61025:1990 ICE 61025:1990 Fault Tree Analysis (FTA) (MOD)	Анализ дерева неисправностей – один из методов идентификации опасностей и оценки риска. Он представляет собой совокупность приемов идентификации опасности и анализа частоты нежелательного события и позволяет обнаружить пути его проявления. Древо отказов не используется для анализа сложных систем, включающих несколько функционально связанных или зависимых подсистем различного назначения
13	ГОСТ Р 27.012-2019 (МЭК 61882:2016)	Надежность в технике. Анализ опасности и работоспособности (HAZOP)	МЭК 61882:2016 «Исследования опасности и работоспособности (HAZOP). Руководство по применению» (IEC 61882:2016 «Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide», MOD)	В стандарте приведены принципы и методы идентификации риска с использованием управляющих слов. Данный подход к идентификации риска называется исследование опасности и работоспособности или исследование HAZOP

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
14	ГОСТ Р 51901.14-2007 (МЭК 61078:2006)	Менеджмент риска. Метод структурной схемы надежности	МЭК 61078:1991 IEC 61078:2006 Analysis techniques for dependability – Reliability block diagram and methods (MOD)	Марковский анализ является одним из аналитических методов анализа надежности и может использоваться для оценки и анализа вероятностных характеристик риска технических систем. Настоящий стандарт устанавливает руко- водство по применению марковских методов
15	ГОСТ Р 51901.16- 2005 (МЭК 61164:1995)	Менеджмент риска. Повышение надежности. Статистические критерии и методы оценки	МЭК 61164:1995 IEC 61164: 1995 Reliability growth – Statistical test and estimation methods (MOD)	Стандарт описывает модели и количественные методы оценки повышения надежности, соответ- ствующую модель прогнозирования и дает поэтапное руководство для их использования
16	ГОСТ Р 51901.3: 2007 (МЭК 60300- 2:2004)	Менеджмент риска. Руководство по менеджменту надежности	МЭК 60300-2:2004 IEC 60300-2:2004 Dependa- bility management – Part 2: Guidelines for dependability management (MOD)	Стандарт устанавливает основные требования к системе менеджмента надежности, выделяет ее основные элементы и задачи
17	ГОСТ Р 51901.5-2005 (МЭК 60300-3- 1:2003)	Менеджмент риска. Руко- водство по применению методов анализа надежно- сти	IEC 60300-3-1:2003 Dependability management – Part 3-1: Application guide – Analysis techniques for dependability – Guide on methodology (MOD)	В стандарте приведено описание методов анализа надежности, которые применяются при определении оценок вероятностных характери- стик риска. Методы, описанные в стандарте, используются для прогнозирования, исследова- ния и совершенствования работоспособности и ремонтпригодности объекта. Методы применя- ются на стадиях концепции и определения, про- ектирования и разработки, эксплуатации и техни- ческого обслуживания на различных уровнях системы менеджмента риска и в условиях разной детализации проекта



Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
18	ГОСТ Р 51901.6-2005 (МЭК 61014:2003)	Менеджмент риска. Программа повышения надежности	МЭК 61014:2003 IEC 61014:2003 Programme for reliability growth (MOD)	Улучшение качества продукции в соответствии с программой повышения надежности является частью действий при разработке продукции, и особенно важно для проекта, в котором используются новые методы, компоненты или значительное место занимает программное обеспечение. Стандарт определяет требования и дает рекомендации для устранения слабых мест аппаратных средств и программного обеспечения. Приведенные в стандарте методы являются эффективным инструментом снижения риска опасного события до уровня допустимого риска и совершенствования продукции
19	ГОСТ Р МЭК 61165-2019	Надежность в технике. Применение марковских методов	МЭК 61165:2006 Применение марковских методов	В стандарте представлены основные термины и обозначения, используемые в марковских методах, приведено описание основных правил разработки, представления и применения марковских методов, а также указаны предположения и ограничения для использования данного подхода
20	ГОСТ Р 27.001-2009	Надежность в технике. Система управления надежностью.	Reliability in technology. Reliability management system.	Настоящий стандарт распространяется на изделия любых видов техники и устанавливает основные положения по управлению надежностью изделий при их разработке, производстве и поставке (в том числе при транспортировании, монтаже, установке, наладке), эксплуатации и утилизации, а также общий состав и структуру национальных стандартов системы «Надежность в технике»

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
21	ГОСТ Р МЭК 60300-1-2017	Менеджмент риска. Руководство по применению менеджмента надежности	(IEC 60300-1:2014, Dependability management – Part 1: Guidance for management and application, IDT	В настоящем стандарте приведены процессы менеджмента надежности организации, и установлена структура действий для достижения целевого уровня показателей надежности
<b>СТАНДАРТЫ ПО БЕЗОПАСНОСТИ, ПРИМЕНИМЫЕ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ</b>				
22	ГОСТ Р ИСО/ТО 12100-1-2007	Безопасность оборудования. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 1. Основные термины, методика	ИСО/ТО 12100-1-92 ISO 12100-1:2003 Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 1: Basic terminology, methodology (IDT)	Стандарт предназначен разъяснить конструкторам, изготовителям оборудования и другим заинтересованным сторонам основные требования безопасности оборудования для достижения соответствия с европейским законодательством. Устанавливает основные термины и определения понятий в области безопасности оборудования и общие принципы конструирования, позволяющие разработчикам и изготовителям достичь безопасности оборудования производственного и непроизводственного назначения
23	ГОСТ Р ИСО/ТО 12100-2-2007	Безопасность оборудования. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 2. Технические правила и технические требования	ИСО/ТО 12100-2-92 ISO 12100-2:2003 Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 2: Technical principles	Стандарт устанавливает технические правила и технические требования в области безопасности оборудования, позволяющие разработчикам и изготовителям достичь безопасности конструкции машин производственного и непроизводственного назначения
24	ГОСТ Р 54143-2010	Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности	Risk management. Implementation guide for organizational security measures and risk assessment.	Стандарт входит в комплекс стандартов в области менеджмента рисков, посвященных применению организационных мер безопасности и оценки рисков критических событий.

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
		и оценки рисков. Промышленные инциденты	Industrial incidents	
25	ГОСТ Р 54145-2010	Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Общая методология	Risk management. Implementation guide for organizational security measures and risk assessment. General methodology.	Положения стандарта касаются введения мер по содействию усовершенствованиям в области обеспечения безопасности и здоровья, трудящихся на рабочем месте, а также защиты окружающей среды
26	ГОСТ Р 12.0.010-2009	Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков	Occupational safety standards system. Occupational safety management systems	Настоящий стандарт может быть применен экспертными и страховыми организациями для обоснования размера страховых тарифов. Применяется в целях обеспечения конституционного права работника на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, получения данных (об опасностях и рисках) для информирования работников о риске повреждения здоровья
27	ГОСТ Р 54141-2010	Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Эталонные сценарии инцидентов.	Risk management. Implementation guide for organizational security measures and risk assessment. Referens incidents scenarios	В стандарте использована методология, основанная на принципах и процедурах оценки рисков для выполнения требований Директивы ЕС 96/82/ЕС для помощи в защите людей и окружающей среды от серьезных угроз катастроф и инцидентов. Предназначен для использования в случаях, когда на предприятиях необходимо оценивать риски от своей деятельности, способной нанести существенный вред

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
28	ГОСТ Р 54142-2010	<p>Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Методология построения универсального дерева событий</p>	<p>Risk management. Implementation guide for organizational security measures and risk assessment. Methodology for all-purpose event tree construction</p>	<p>В стандарте представлена методология сбора информации, необходимой для идентификации потенциально опасного оборудования на предприятии и выбора того оборудования, которое может быть связано с возникновением значимых инцидентов. В настоящем стандарте представлена методология построения деревьев событий для случаев, когда вредные вещества на предприятиях присутствуют или используются в количествах, способных нанести существенный вред здоровью людей или состоянию окружающей среды</p>
29	ГОСТ Р 54144-2010	<p>Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Идентификация инцидентов</p>	<p>Risk management. Implementation guide for organizational security measures and risk assessment. Incidents identification</p>	<p>Стандарт описывает методологию построения дерева отказов для случаев, когда вредные вещества на предприятиях присутствуют или используются в количествах, способных нанести существенный вред здоровью людей или состоянию окружающей среды. Настоящий стандарт может использоваться в случаях, когда предприятие должно подтвердить компетентным органам, что его деятельность укладывается в рамки требований по безопасности и не превышает уровень допустимого риска</p>
<b>СТРАТЕГИЧЕСКИЙ, ИННОВАЦИОННЫЙ И ПРОЕКТНЫЙ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТ</b>				
30	ГОСТ Р 56275-2014	<p>Стратегический и инновационный менеджмент</p>	<p>Risk management. Project risk management good practice guide</p>	<p>Стандарт устанавливает принципы и руководство по управлению проектными рисками и неопределенностями проекта</p>

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
31	ГОСТ Р 52806-2007	Менеджмент рисков проектов. Общие положения	Project risk management. General	В стандарте особое внимание уделено анализу участников и включению этого анализа в процесс менеджмента рисков
32	ГОСТ Р МЭК 62198-2015	Проектный менеджмент. Руководство по применению менеджмента риска при проектировании	IEC 62198:2013 Managing risk in projects – Application guidelines (IDT)	Разработан взамен ГОСТ Р 51901.4-2005 (МЭК 62198:2001). Стандарт может быть использован как частными лицами, так и организациями, заинтересованными в выполнении какой-либо части проекта или проекта в целом. Стандарт может быть применен к отдельным частям проекта и к комплексам взаимосвязанных проектов и программ
33	ГОСТ Р 58970-2020	Менеджмент риска. Количественная оценка влияния рисков на стоимость и сроки инвестиционных проектов	Risk management. Quantitative cost and schedule risk analysis for investment projects	Стандарт предназначен для систематизации применения методологических инструментов в процессе проведения количественной оценки влияния рисков на стоимость и сроки инвестиционных проектов. Содержит общее описание методов, применимых в рамках проведения оценки
<b>РИСК-МЕНЕДЖМЕНТ В КОНКРЕТНЫХ ОБЛАСТЯХ</b>				
34	ГОСТ Р ИСО 17666:2006	Менеджмент риска. Космические системы	ИСО 17666:2003 ISO 17666:2003 Space system – risk management (IDT)	Стандарт устанавливает принципы и требования к менеджменту риска в рамках космического проекта. Даны рекомендации по внедрению политики руководства в области риска по проекту на любом уровне (потребитель, поставщик первого уровня, поставщики более низкого уровня). Стандарт содержит обзор общего процесса менеджмента риска, который подразделен на четыре основных шага и девять задач. Применим на всех стадиях проекта

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
35	ГОСТ Р 54617.1-2011	Менеджмент риска в наноиндустрии. Общие принципы	Risk management in nanoindustry. General principles	Стандарт устанавливает общие принципы менеджмента риска и основные положения системы менеджмента риска для организаций, занимающихся исследованиями, производством, применением и утилизацией наноматериалов, наноструктур, нанопродукции и нанотехнологий
36	ГОСТ Р ИСО/МЭК 16085:2007	Менеджмент риска. Процессы жизненного цикла программного обеспечения	ИСО/МЭК 16085:2004 ISO/IEC 16085:2006 Systems and software engineering - Life cycle processes – Risk management (IDT)	Стандарт устанавливает требования к менеджменту риска в процессе заказа, поставки, разработки, эксплуатации и сопровождения программного обеспечения
37	ГОСТ Р 51901.10: 2009 (ИСО/ТС 16732:2005)	Менеджмент риска. Процедуры управления пожарным риском на предприятии	ISO/TS 16732:2005 Fire safety engineering – Guidance on fire risk assessment (IDT)	Стандарт содержит основные положения менеджмента пожарного риска и устанавливает основные принципы анализа и интерпретации пожарного риска. Эти принципы могут быть применены ко всем ситуациям, связанным с пожаром, всем установленным конфигурациям и типам сценариев пожара
38	ГОСТ Р МЭК 62305-1:2010	Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы	IEC 62305-1:2010 Protection against lightning – Part 1: General principles (IDT)	Стандарт устанавливает общие принципы защиты от молнии зданий, сооружений и их частей, включая находящихся в них людей, инженерных сетей, относящихся к зданию (сооружению), и другие объекты. Настоящий стандарт не распространяется на: – железнодорожные системы; – автотранспортные средства, водный и воздушный транспорт, а также прибрежные сооружения;

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
				<p>– подземные трубопроводы высокого давления;                      – трубопроводы линий электропередач и телекоммуникаций, не связанные с защищаемым зданием (сооружением)</p>
39	ГОСТ Р МЭК 62305-2:2010	<p>Менеджмент риска.                      Защита от молнии.                      Часть 2. Оценка риска</p>	IEC 62305-2:2010 Protection against lightning – Part 2: Risk management (IDT)	<p>Настоящий стандарт применим к оценке риска удара молнии и его последствий для зданий, сооружений и их частей.                      В настоящем стандарте установлены процедуры оценки риска удара молнии для зданий (сооружений). Если установлен приемлемый риск, то такая процедура позволяет выбрать соответствующие меры защиты от молнии для снижения риска до приемлемого значения</p>
40	ГОСТ Р ИСО 15265-2006	<p>Менеджмент риска.                      Основы стратегии оценки риска для предупреждения стресса и дискомфорта в термальных рабочих средах</p>	ISO 15265:2004 Ergonomics of the thermal environment Risk assessment strategy for the prevention of stress or discomfort in thermal working conditions (IDT)	<p>Стандарт устанавливает стратегию оценки интерпретации риска при работе в условиях с повышенной температурой. Стандарт содержит три стадии стратегии: наблюдение, анализ и экспертизу, используемые для более глубокого понимания условий работы, позволяющих сделать соответствующие выводы о рисках, определить стратегию менеджмента риска и предупреждающие меры</p>
41	ГОСТ Р 55914-2013	<p>Менеджмент риска.                      Руководство по менеджменту психосоциального риска на рабочем месте</p>	PAS 1010:2011 Guidance on the management of Psychosocial risks in the workplace	<p>Стандарт предоставляет организациям руководство по управлению здоровьем работников в отношении психосоциальных рисков.                      Он фокусирует внимание на стрессе на работе</p>

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
42	ГОСТ Р 58045-2017	Менеджмент риска при обеспечении качества на стадиях жизненного цикла. Методы оценки и критерии приемлемости риска	Aircraft equipment. Risk management for quality assurance through life cycle stages. Risk assessment methods and acceptability criteria	Стандарт содержит рекомендации по выбору и применению методов оценки риска при обеспечении качества авиационной техники на стадиях жизненного цикла (далее – ЖЦ), а также рекомендации по определению критериев приемлемости риска как условий перехода на последующие стадии ЖЦ
43	ГОСТ Р 14.09-2005	Экологический менеджмент. Руководство по оценке риска в области экологического менеджмента	Environmental management. Risk Assessment Guide	Выполняет следующие корректирующие исследования: характеристика природы и степени загрязнения; оценка экологического риска; оценка влияния риска загрязнений на здоровье человека
44	ГОСТ ISO 12100-2013	Безопасность машин. Основные принципы конструирования. Оценки риска и снижения риска.	Machine safety. Basic design principles. Risk assessments and risk reduction	Основной целью настоящего стандарта является разработка общих принципов и руководящих указаний, позволяющих конструкторам создавать машины, отвечающие требованиям безопасности при их использовании по назначению. Настоящий стандарт определяет также стратегию для разработчиков других национальных стандартов
45	ГОСТ Р ИСО 13824-2013	Практические аспекты менеджмента риска. Общие принципы оценки риска при проектировании зданий и сооружений	Practical aspects of risk management. General principles of risk assessment in building design.	Настоящий стандарт, наряду с другими соответствующими стандартами по оценке рисков, позиционируется как основополагающий документ для использования в процессе оценки рисков для систем, включающих строительные конструкции. Настоящий стандарт устанавливает общие принципы оценки риска при проектировании зданий



Окончание таблицы 2.2

1	2	3	4	5
				и сооружений. В стандарте рассмотрены вопросы принятия стратегических и оперативных решений при проектировании, оценке, обслуживании и выводе из эксплуатации строительных конструкций
46	ГОСТ РФ ИСО 9000-2015	Основные понятия и принципы менеджмента качества.	Basic concepts and principles of quality management.	Настоящий стандарт устанавливает основные понятия и принципы менеджмента качества, которые могут использоваться: организациями, стремящимися к устойчивому успеху посредством внедрения системы менеджмента качества; потребителями, которые хотят быть уверенными в способности организации постоянно поставлять продукцию и услуги, соответствующие их требованиям; организациями, которые хотят быть уверенными в своей цепочке поставок и в том, что их требования к продукции и услугам будут выполнены поставщиками

Важным нормативным документом, регламентирующим расчет последствий поражающих факторов аварий с пожарами и взрывами, является стандарт ГОСТ Р 12.3.047-2012. «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля». В ГОСТ Р 12.3.047-2012 представлен довольно полный набор методов оценки последствий аварий с горючими газами и жидкостями и способов их снижения, основанных на международном опыте. Этот стандарт содержит методики, позволяющие оценить влияние тех или иных противопожарных мероприятий на уровень пожарной опасности объекта. Модели, представленные в стандарте, изложены во многом на основе наиболее надежных совершенных методик, опубликованных в отечественной и зарубежной научно-технической литературе, после их соответствующей апробации.

В дополнение к ГОСТ Р 12.3.047-2012 можно рекомендовать ознакомиться:

- с ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов;
- Свод правил «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (СП 12.13130.2009).

Кроме приведенных выше стандартов полезными для процесса управления рисками могут оказаться также следующие стандарты.

- ГОСТ Р 51898-2002. Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты. Стандарт устанавливает для разработчиков стандартов правила включения в стандарты аспектов безопасности. Стандарт может быть применен к любым аспектам безопасности, относящимся к людям или имуществу, или окружающей среде, или к сочетанию этих сторон.

- МЭК 61709:2011. Компоненты электронные. Надежность. Стандартные условия для определения количества отказов и модели нагрузок для модернизации (IEC 61709:2011. Electric components – Reliability – Reference conditions for failure rates and stress models for conversion).

- МЭК 60300-3-2:2004. Управление общей надежностью. Часть 3. Руководство по применению. Полевой сбор данных по общей надежности.

- ГОСТ Р МЭК 60300-1-2017 Менеджмент риска. Руководство по применению менеджмента надежности.

## **Выборочные нормативные и методические документы по методам идентификации, анализа, оценки и управления рисками**

Важным дополнением системы стандартов по безопасности и риск-менеджменту должен стать комплекс методических материалов, обеспечивающих эффективное применение стандартов риск-менеджмента на практике.

В данном разделе приведены рекомендации по некоторым основополагающим российским нормативным документам, регулирующими порядок выполнения и содержание работ по идентификации, анализу и оценке риска.

### **Нормативно-методические документы Ростехнадзора**

Выделим разработанные в развитие Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» Ростехнадзором (Госгортехнадзором России) некоторые основные нормативно-методические документы по анализу риска и оценке последствий аварий.

- Методики оценки последствий аварий на опасных производственных объектах: Сборник документов. Серия 27. Выпуск 2. НТЦ «Промбезопасность», 2001 г.

- РД 03-496-02. Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах (утв. пост. Госгортехнадзора России №63 от 29.10.2002).

- Руководство по безопасности «Методика анализа риска аварий на опасных производственных объектах морского нефтегазового комплекса», утвержденное приказом Ростехнадзора от 16.09.2015 № 364.

- Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах», утвержденное приказом Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144.

- Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности», утвержденное приказом Ростехнадзора от 29.06.2016 № 272.

- Приказ Ростехнадзора от 23.08.2016 № 349 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методика установления допустимого

риска аварии при обосновании безопасности опасных производственных объектов нефтегазового комплекса».

- Руководство по безопасности «Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на конденсатопроводах и продуктопроводах», утвержденное приказом Ростехнадзора от 30.03.2020 № 139.

- Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта газа», утвержденное приказом Ростехнадзора от 26.12.2018 № 647.

- РД 153-34.2-002-01 Временная методика оценки ущерба, возможного вследствие аварии гидротехнического сооружения.

### **Нормативно-методические документы МЧС России**

В системе МЧС России также разработан комплекс нормативно-методических материалов и документов по анализу риска, оценки последствий аварий и чрезвычайных ситуаций, в частности, приведем здесь некоторые из них, а именно:

- методические рекомендации по определению количества пострадавших при чрезвычайных ситуациях техногенного характера. Утверждены первым заместителем министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Р.Х. Цаликовым 01.09.2007 № 1-4-60-9-9);

- методики оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций (Руководство по оценке рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера, в том числе при эксплуатации критически важных объектов Российской Федерации). Утверждены первым заместителем министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Р.Х. Цаликовым 09.01.2008 № 1-4-60-9;

- приказ МЧС России от 29.07.2015 № 405 «Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий предоставления государственной услуги по приему копий заключений о независимой оценке пожарного риска»;

- приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах»;

- методические рекомендации по организации главными управлениями МЧС России по субъектам Российской Федерации работы по получению экспертными организациями добровольных аккредитаций в области оценки соответствия объектов защиты (продукции) установленным требованиям пожарной безопасности путем независимой оценки пожарного риска (утв. МЧС России 23.11.2015 № 2-4-87-44-7).

### **Отраслевые нормативно-методические документы и корпоративные стандарты**

Среди ведомственных нормативно-методических документов по оценке последствий аварий и риска, а также корпоративных стандартов можно указать следующие:

- СТО РД Газпром 2-2.3-351-2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром» (введен в действие распоряжением ОАО «Газпром» от 30.03.2009 № 83).

- СТО Газпром 2-2.3-400-2009. Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «Газпром» (введен в действие распоряжением ОАО «Газпром» от 05.10.2009 № 326).

- СТО Газпром 18000.1-002-2020. Идентификация опасностей и управление рисками в области производственной безопасности (введен в действие распоряжением ОАО «Газпром» от 30.01.2020 № 37).

### **Выборочные зарубежные нормативные и методические материалы по анализу, оценке и управлению рисками**

В данном разделе приведены указания на некоторые зарубежные научно-методические и нормативные документы и руководства, которые могут быть использованы для оценки риска в процессе управления рисками.

### **Методики Нидерландской организации прикладных научных исследований (TNO)**

Методики, касающиеся различных аспектов оценки риска и последствий аварий, выпущены Нидерландской организацией прикладных научных исследований (TNO), а именно:

1. «Желтая книга» (CPR 14E) Методики расчета последствий выбросов опасных веществ:

- TNO: «The Yellow Book – Methods for the calculation of the physical effects of the escape of dangerous material: liquids and gases», 2nd edition, Netherlands Directorate of Labour, Ministry of Social Affairs. 1988 (Нидерландская организация прикладных научных исследований. «Желтая книга. Методы расчета физических воздействий в случае утечки опасных материалов: жидкостей и газов». Издание второе, Нидерландский директорат труда, Министерство социальных вопросов. 1988).

В руководстве CPR 14E Методики расчета последствий выбросов опасных веществ описаны модели физических явлений, протекающих при авариях с участием горючих и токсичных веществ. Модели изложены весьма детально с соответствующими примерами по их применению. Руководство (TNO) CPR 14E широко апробировано в различных странах мира, что делает предложенные там модели достаточно надежными.

2. «Зеленая книга» (CPR 16E) Методики определения возможного ущерба населению от выбросов опасных веществ:

- TNO «Green Book» – models for hazardous effects on people, 1983 (Нидерландская организация прикладных научных исследований. «Зеленая книга»: модели опасных воздействий на людей, 1983).

3. «Пурпурная книга» (CPR 18E) Методические рекомендации по проведению количественной оценки риска:

- TNO: «The Purple Book» CPR 18E «Guidelines for quantitative risk assessment», 1st edition, 1999 (Нидерландская организация прикладных научных исследований. «Пурпурная книга. Методические рекомендации по проведению количественной оценки риска». Издание первое, 1999).

**Руководство по анализу риска химических процессов Американского института инженеров-химиков**

Руководство «Guidelines for Hazard Evaluation Procedures» (1999) разработано Центром по безопасности химических процессов Американского института инженеров-химиков и предназначено для количественной оценки риска химических производств. Существенная часть указанного руководства посвящена описанию моделей протекания различных физических процессов при авариях и их последствий, а также модели, связанные с авариями токсических веществ.

**Модели и руководства крупных компаний нефтегазовой отрасли, используемые для оценки последствий аварий**

Модели компании «Шелл», а также руководство пользователя программным комплексом описаны в документах:

- EP 95-0352 HSE Manual «Quantitative Risk Assessment»;
- Physical Effects Modelling Handbook. Shell Research and Technology Centre, Thomton, UK, 1997;
- FRED version 3.1, Technical Guide, Shell International Oil Products B.V., 2001.

Модели, используемые в этих документах, в ряде случаев (например, истечение газов и жидкостей, гауссовская модель распространения газов и паров в атмосфере, огненный шар) близки к описанным выше, однако имеют в большинстве случаев более высокую степень проработки. Это касается практически всех используемых моделей.

Научно-инженерным центром компании «Бритиш Петролеум» разработан документ:

- CIRRUS. Consequence Modelling Software Package. BP Amoco, 1998. Это руководство пользователя по применению пакета прикладных программ CIRRUS для описания физических эффектов при авариях с выбросами газообразных или жидких углеводородов из технологических аппаратов. Рассмотрены в основном те же физические процессы, что и в руководстве Американского института инженеров-химиков, но для большего числа конкретных ситуаций, которые могут иметь место на практике.

Во всех приведенных документах данного раздела модели физических процессов достаточно близки друг к другу и в ряде случаев даже совпадают. Это дает основание использовать любые из них в практических расчетах при оценке риска пожаровзрывоопасных и химически опасных объектов.

#### **Другие методические материалы и руководства**

Среди других методических документов можно, следуя рекомендациям Ростехнадзора по использованию лучшей международной практики, привести следующие:

- Предупреждение крупных аварий. Практическое руководство. Разработано при участии ЮНЕП, МБТ и ВОЗ/ Пер. с англ. Под ред. Э.В. Петросянса. М.: МП «Папор», 1992.
- Manual of Industrial Hazard Assessment Techniques., The World Bank, Washington, D.C., USA, 1985.

Кроме названных документов можно также рекомендовать:

- Norwegian Petroleum Directorate and Ministry of the Environment «Regulations concerning implementation and use of risk analysis in the petroleum activities», 12.7.90.
- EP 95-0352 HSE Manual «Quantitative Risk Assessment».
- Health & Safety Executive (HSE), «Risk Criteria for Land-Use Planning in the Vicinity of Major Industrial Hazards», HMSO, 1989.
- Cox, A.W., Lees, F.P., and Ang, M.L., «Classification of Hazardous Locations» I. Chem. E. ISBN 0 85295 258 9, 1990.
- Бейкер У., Кокс П., Уэстайн П. и др. Взрывные явления. Оценка и последствия. М.: Мир, 1986.

## **Выборочные зарубежные программные пакеты для оценки риска**

1. **SAFETI** – программный комплекс для оценки токсического воздействия, воздействия пожаров и взрывов, для оценки и представления потенциального риска (контуров риска) за площадкой промышленного предприятия, т.е. риска для населения.

2. **FRED** – программное обеспечение для персонального компьютера, разработанное компанией Шелл и содержащее модели для расчета физических воздействий в результате утечек углеводородов и ядовитых веществ (пожары, взрывы и токсические выбросы). Программное обеспечение включает в себя хорошо известные модели «Желтой книги» TNO, а также более точные модели, основывающиеся на исследованиях, проведенных Торнтонским исследовательским центром. FRED регулярно пополняется и обновляется с учетом новейших исследовательских разработок.

3. **HGSYSTEMS** – является более сложной компьютерной моделью для расчета дисперсии, чем представлена в FRED.

4. **CIRRUS** – пакет прикладных программ для описания физических эффектов при авариях с выбросами газообразных или жидких углеводородов из технологических аппаратов. Рассмотрены в основном те же физические процессы, что и в руководстве «Guidelines for Chemical Process Qualitative Risk Analysis», но для большего числа конкретных ситуаций, которые могут иметь место на практике.



5. **RISKPLOT** – одна из нескольких существующих компьютерных программ, предназначенных для презентации риска, оценки и представления потенциального риска (контуров риска) за площадкой промышленного предприятия, т.е. риска для населения. Компьютерная программа RISKPLOT специально настроена для расчета рисков на сложных промышленных площадках, включая трубопроводы. Она позволяет полностью учесть реальное распределение населения и особенности топографии местности (например, холмы или овраги) являются для нее существенными параметрами. Данное программное обеспечение тщательно образом было оттестировано, и теперь результаты расчета по этой компьютерной программе принимаются надзорными органами ряда стран, среди которых Великобритания, Португалия и Австралия. Специальная версия этой компьютерной программы используется надзорным органом Великобритании Health and Safety Executive (HSE).

6. **COMFAR** – разработанный в ЮНИДО, относится к разряду «закрытых». В системе отсутствует автоматизированный контроль между входом и выходом. Преимущество COMFAR заключается в том, что этот продукт позволяет проводить анализ проекта с точки зрения не только микроуровня, но и макроуровня. Это первый плюс. Вторым плюсом – это возможность более глубокого анализа проектных рисков, чем в других программах (Барсукова, 2021).

7. **PROPSKIN** – предназначен для формирования финансового профиля инвестиционного проекта на основе анализа последствий изменения выбранных параметров и подготовки двух или более сценариев, основанных на различных предположениях относительно перспектив проекта. Анализ рисков выполняется в пакете «Project Expert» по 71 позиции, охватывающей 11 стадий проекта. 1. Исследования и разработки. 2. Приобретение и аренда земли. 3. Строительство, аренда или приобретение зданий и сооружений. 4. Приобретение и монтаж технологического и офисного оборудования. 5. Разработка и изготовление технологической оснастки и инструмента. 6. Производство. 7. Рынок. 8. Продукт. 9. Система распределения. 10. Реклама. 11. Сервис (Барсукова, 2021).

8. **VSRISK** – известное программное обеспечение для оценки рисков, разработанное Британской компанией. Плюсом данной программы является то, что она содержит основные стандарты, регулярно обновляемую базу знаний по угрозам и уязвимостям. Минусом данного програм-

много обеспечения является то, что оно не содержит количественной оценки риска (Барсукова, 2021).

9. **PTA TECHNOLOGIES** – программный продукт, позволяющий оценить риск с количественной стороны. Однако качественная оценка в данной программе не предусмотрена (Барсукова, 2021).

10. **@RISK** – выполняет анализ рисков с использованием моделирования по методу Монте-Карло, показывая вероятность каждого из них. Программа с полной объективностью вычисляет и отслеживает множество возможных будущих сценариев и выдает связанные с ними вероятности и риски. Таким образом, можно оценить, на какие риски компания готова пойти, каких лучше избежать и принять лучшее решение в условиях неопределенности.

В данном разделе приведены лишь выборочные примеры программных пакетов, используемых для проведения количественных расчетов при анализе и оценке риска.

## 2.5 Использование баз данных по авариям

В зарубежной практике в обязанности персонала, работающего на опасном производстве и отвечающего за безопасность, является ознакомление со всеми авариями, происходившими на предприятиях, использующих аналогичные технологические процессы или схожие материалы и химические вещества. После получения соответствующей информации они должны определить, может ли произойти один из случившихся ранее на других предприятиях инцидентов на его производственном объекте, и что нужно сделать для того, чтобы это предотвратить.

При проведении анализа риска также важно иметь информацию о произошедших авариях и всегда полезно потратить некоторое время на поиск такой информации, поскольку может быть много общего между исследуемым предприятием и тем, на котором ранее произошла авария.

Существует несколько типов баз данных, содержащих различные объемы информации.

## Простые базы данных

Простые базы данных являются малозатратными и доступными. Данные, содержащиеся в них, могут периодически обновляться, но зачастую компании, составляющие базы данных, прекращают свое существование или перестают поддерживать базу данных, *поэтому вполне обычной может быть ситуация, когда базы данных не включают последние произошедшие аварии.*

Специальные технические журналы иногда публикуют информацию, относящуюся к таким базам данных.

Простые базы данных могут содержать информацию по *большому количеству аварий*, но в них *не содержится детальная информация* по каждому конкретному случаю. Обычно в такие базы данных *включена следующая информация:*

- дата и место аварии;
- область деятельности;
- используемые химические вещества;
- объем выброса/сброса;
- количество смертельных случаев и травмированных;
- примечания (возможно несколько слов или одно предложение, например: «взрыв хранилища химических веществ» или «утечка газа на заводе, производящем пестициды», *как в случае описания аварии в Бхопале в одной из таких баз данных*).

Иллюстративный пример приведен в таблице 2.3.

Таблица 2.3. Иллюстрация информации, содержащейся в простых базах данных

Описание данных	Данные по аварии
Дата	1 июня 1974 года
Место	Фликсбург, Великобритания
Используемые химические вещества	Циклогексан
Область деятельности	Производство капролактама
Объем выброса/сброса	30 тонн
Количество смертельных случаев	28
Количество травмированных	100
Затраты	US\$ (млн.)
Примечания	Образование облака газа и взрыв

Простые базы данных, как правило, не дают представления о конкретных причинах аварии. Базы данных такого типа содержат только *список соответствующих аварий, подробной информации* по каждой аварии в них *нет*, но они могут быть *полезны для ее поиска*. *Информация о дате и месте происшествия, несомненно, упростит этот поиск*. Детальная информация может быть получена либо:

- в более усовершенствованных и профессиональных базах данных,
- через СМИ и специализированные журналы, в которых может содержаться информация об интересующей аварии.

## **Профессиональные базы данных**

Существует несколько профессиональных баз данных, которые регулярно обновляются. Все они могут обеспечить дополнительной информацией, но доступ к ним, как правило, платный. При этом, поскольку большинство компаний, в которых имели место аварийные ситуации или происходили аварии, желают оставаться неизвестными, их названия, как правило, не содержатся или не упоминаются в таких базах.

### **База данных MHIDAS**

MHIDAS (Major Hazard Incident Data Acquisition System) – это система сбора данных по крупным авариям и опасным инцидентам. Начало ее создания относится к середине 80-х годов. Она создана Директоратом по безопасности и надежности (Safety and Reliability Directorate – SRD) Управления атомной энергетики Великобритании (UK Atomic Energy Authority – AEA), который сейчас носит название «AEA Technology». Управление по охране труда (The Health and Safety Executive – HSE) при правительстве Великобритании, занимающееся вопросами промышленной безопасности, утвердило MHIDAS в качестве своей официальной базы данных.

В MHIDAS содержится информация по более чем 10000 аварий, которые происходили с 1964 года. В основном все эти аварии имели место в США и Великобритании, однако поступает информация и из других стран. Большинство аварий связаны с транспортировкой, использованием в технологическом процессе или хранением опасных химических веществ. Все аварии, регистрируемые в MHIDAS, оказывали воздействие на объекты вне промзоны (т.е. негативное влияние на людей,

собственность и окружающую среду вне территории предприятия) либо потенциально могли оказать такое воздействие.

Отчеты об аварийных ситуациях, содержащиеся в MHIDAS, составлены квалифицированными специалистами в области промышленной безопасности. Иногда также включается информация из газетных публикаций. Как правило, отчет составляется по прошествии одного года после аварии. Это позволяет завершить все исследования, подытожить выводы и окончательно оценить последствия.

### **База данных FACTS**

Эта база данных была составлена научно-исследовательской организацией TNO при правительстве Нидерландов. База данных FACTS содержит информацию по более чем нескольким десяткам тысяч аварий.

База данных FACTS содержит информацию, которую можно разделить на три раздела:

- списки аварий, составленные в соответствии с предметом поиска;
- краткий обзор конкретной аварии;
- расширенное описание конкретной аварии.

Некоторые данные в FACTS поступают из публикаций об авариях в средствах массовой информации, статей в газетах и журналах, включая также и более подробные данные, взятые из правительственных докладов. При этом информация в базу заносится служащими, не являющимися экспертами в области безопасности.

### **База данных «Accident Database»**

Это относительно новая база данных, содержащая более 10000 подробных отчетов по авариям и предаварийным ситуациям, составленных Институтом инженеров химиков Великобритании. Описание около 3000 аварий было взято из внутренних отчетов крупной компании British Petroleum (BP Chemicals), которые составлялись в течение многих лет и были переданы Институту инженеров-химиков на условиях целевого использования содержащейся в отчетах информации для обеспечения и повышения безопасности производственной деятельности. Информация, содержащаяся в этой базе, недоступна из других источников.

Отчеты об авариях написаны квалифицированными специалистами и большинство отчетов содержит раздел, посвященный урокам аварий. Поиск необходимой информации значительно облегчен по сравнению с другими базами данных. Полная версия этой базы данных может быть приобретена на компакт-диске и позволяет многократно получать любую

имеющуюся информацию в полном объеме, или можно обратиться в Институт инженеров-химиков и получить платную консультацию по интересующей информации.

### **База данных MARS**

Система отчетности по крупным авариям (Major Accidents Reporting System – MARS) функционирует под эгидой Европейской комиссии в Объединенном исследовательском центре в Испре (Италия). Официальные власти стран-членов ЕС обязаны предоставлять в MARS *отчеты по крупным авариям*. В свою очередь, Еврокомиссия обязана вести своего рода «книгу учета» как важный элемент предотвращения серьезных аварий в будущем.

База данных доступна через Интернет в режиме on-line. *Нажимая на кнопку с номером инцидента, можно открыть отчет о данном происшествии. Некоторые из этих отчетов достаточно детальные, в других содержится краткая информация.*

Отчеты также публикуются в ежегоднике, выпускаемом *Объединенным исследовательским центром в Испре*. Все аварии анализируются *экспертами* с описанием прямых и сопутствующих причин аварии.

### **База данных NTSB**

Национальный комитет по вопросам безопасности транспорта (The National Transportation Safety Board – NTSB) является структурным подразделением Правительства США. Комитет занимается регистрацией отчетов по авариям и катастрофам и публикует выдержки из данных документов в Интернете. *Также существует возможность получения некоторых отчетов через Интернет или бесплатного заказа доставки полной версии отчетов*. Все аварии, регистрируемые NTSB, имеют отношение к *транспортной инфраструктуре*. Это *трубопроводы, дороги, железнодорожные перевозки опасных продуктов*. Данная база данных не является *поисковой*, и для того, чтобы найти необходимую информацию, нужно знать некоторые детали происшествия или аварии.

### **Бюллетень о мероприятиях по предотвращению потерь**

Этот бюллетень – *не база данных, а специализированный журнал («Loss Prevention Bulletin»)*, в котором публикуются:

- отчеты об авариях и предаварийных ситуациях,
- статьи по обеспечению безопасности промышленного производства.

Журнал издается Институтом инженеров-химиков в Великобритании, собирает информацию об инцидентах и предаварийных ситуациях со всего мира. Редакцией приветствуются статьи и иная информация, поступающая от предприятий, на которых происходили аварии или возникали предаварийные ситуации. Статьи написаны профессионалами и содержат глубокое изучение самих аварий и причин, их вызвавших.

Информацию по авариям и катастрофам можно почерпнуть также из других научных изданий, например можно упомянуть такие фундаментальные монографии, как книга Тревора Клетца (Kletz, 1988), труды профессора Лиса (Lees, 1981; Lees, 1996), переведенную на русский язык монографию (Маршалл, 1989). Отметим также «Базу данных по ядерным и крупным химическим взрывам с выбросом в атмосферу» (База, 1997).

В заключение данного подраздела подчеркнем, что в нем, разумеется, дано далеко не полное описание существующих как баз данных, так и литературных источников информации по аварийным ситуациям, авариям и катастрофам, скорее – обозначены возможные направления поиска и получения подобной информации для использования в практической деятельности.

## Глава 3. ТЕХНОЛОГИИ ИДЕНТИФИКАЦИИ И АНАЛИЗА РИСКА

Основные задачи этапа **идентификации опасностей** – выявление и четкое описание всех источников опасностей и путей (сценариев) их реализации. Это ответственный этап анализа, так как не выявленные на этом этапе опасности не подвергаются дальнейшему рассмотрению и исчезают из поля зрения.

На стадии идентификации опасностей в Руководстве по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах (ОПО)», утвержденном приказом Ростехнадзора от 11.04.2016, рекомендуется использовать один или несколько из перечисленных ниже методов анализа риска:

- проверочный лист;
- что будет, если...?;
- анализ опасности и работоспособности;
- анализ видов и последствий отказов;
- анализ деревьев отказов;
- анализ деревьев событий;
- анализ барьеров безопасности;
- количественная оценка риска аварий.

При проведении анализа риска аварий рекомендуется последовательно выполнять следующие этапы:

- планирования и организации работ, сбора сведений;
- идентификации опасностей;
- оценки риска аварий на ОПО и (или) его составных частях;
- установления степени опасности аварий на ОПО и (или) определения наиболее опасных (с учетом возможности возникновения и тяжести последствий аварий) составных частей ОПО;
- разработки (корректировки) мер по снижению риска аварий.

**При планировании и организации анализа риска аварий** рекомендуется провести анализ требований нормативных и правовых документов в области анализа риска аварий применительно к рассматриваемому объекту, определить используемые методы анализа риска аварий, основные и дополнительные показатели риска, степень их



детальности и ограничения, проанализировать, выбрать и определить соответствующие критерии (достижения) допустимого риска аварий и (или) иные обоснованные показатели безопасной эксплуатации ОПО.

**При осуществлении сбора сведений** для описания анализируемого ОПО и (или) его составной части рекомендуется собрать сведения об идентификации ОПО, об инцидентах и авариях на данном и (или) аналогичных объектах, о характеристиках района расположения объекта (природных, техногенных, антропогенных), о характеристиках технических устройств, зданий и сооружений, применяемых на объекте, о проектном и фактическом распределении обращающихся опасных веществ.

**На этапе идентификации опасностей аварий** рекомендуется определить источники возникновения возможных инцидентов и аварий, провести разделение ОПО на составные части (составляющие ОПО), выделить характерные причины возникновения аварий на ОПО или его составных частях, определить основные ( типовые) сценарии аварий с их предварительной оценкой и ранжированием с учетом последствий и вероятности. На этом этапе могут быть даны предварительные рекомендации по уменьшению опасностей аварий с оценкой их достаточности либо выводы о проведении более детального анализа опасностей и оценки риска аварий.

**На этапе оценки риска аварий** в зависимости от поставленных задач могут применяться методы количественной оценки риска аварий, являющиеся приоритетными, методы качественной оценки риска аварий или их возможные сочетания (полуколичественная оценка риска аварий). Рекомендуется последовательно выполнить качественную и (или) количественную оценки возможности возникновения и развития инцидентов и аварий, тяжести последствий и (или) ущербов от возможных инцидентов и аварий, а также опасности аварий и связанных с ними угроз в значениях показателей риска.

**Для оценки частоты иницирующих и последующих событий** в анализируемых сценариях аварий рекомендуется использовать статистические данные по аварийности, надежности технических устройств и технологических систем, соответствующие отраслевой специфике ОПО, логико-графические методы «Анализ деревьев событий», «Анализ деревьев отказов», имитационные модели возникновения аварий на ОПО, экспертные специальные знания в области аварийности и травматизма на ОПО в различных отраслях промышленности.

Оценка последствий и ущерба от возможных аварий включает описание и определение размеров возможных воздействий на людей, имущество и (или) окружающую среду.

Результаты оценки риска аварий могут содержать качественные и (или) количественные характеристики основных опасностей возникновения, развития и последствий аварий, при этом рекомендуется проводить анализ неопределенности и достоверности полученных результатов, в том числе влияния исходных данных на рассчитываемые показатели риска.

**Выбор рекомендаций по снижению риска аварий** имеет следующие приоритеты:

а) меры, снижающие возможность возникновения аварий, включающие:

- уменьшение возможности возникновения инцидентов;
- уменьшение вероятности перерастания инцидента в аварию;

б) меры, снижающие тяжесть последствий возможных аварий, включающие:

- уменьшение вероятности эскалации аварий, когда последствия какой-либо аварии становятся непосредственной причиной аварии на соседних составных частях ОПО;

- уменьшение вероятности нахождения групп людей в зонах поражающих факторов аварий;

- ограничение возможности возрастания масштаба и интенсивности воздействия поражающих факторов аварий;

- уменьшение вероятности развития аварий по наиболее опасным сценариям возможной аварии;

- увеличение требуемого уровня надежности системы противоаварийной защиты, средств активной и пассивной защиты от воздействия поражающих факторов аварий;

в) меры обеспечения готовности к локализации и ликвидации последствий аварий.

**Для оптимизации разработанных рекомендаций по снижению риска** аварий рекомендуется использовать следующую альтернативу:

а) в рамках доступных ресурсов обеспечить максимальное снижение риска аварий при эксплуатации ОПО;

б) обеспечить снижение риска аварий до требуемого уровня, в том числе допустимого риска аварий, при минимальных затратах ресурсов.

Для систем управления промышленной безопасностью рекомендуется преимущественно использовать способ «а» при краткосрочном и способ «б» при среднесрочном и долгосрочном планировании безопасной эксплуатации ОПО.

Ниже представлена краткая характеристика некоторых основных методов, рекомендуемых для решения обозначенных задач, с определением системы требуемых показателей для количественной или качественной оценки и анализа риска.

### **3.1. Характеристика качественных методов оценок опасностей**

В данном разделе будет дан краткий обзор и характеристика качественных методов, которые могут быть использованы для идентификации опасностей (HAZID). В соответствии с Директивой Seveso II угроза (опасность) – это «неотъемлемое свойство опасного вещества или реальной ситуации, связанное со способностью нанести ущерб здоровью человека или окружающей среде».

В процессе оценки риска идентификация опасностей выполняет роль базы, на которой основываются многие элементы системы управления безопасностью и управления риском, в том числе – аварий и чрезвычайных ситуаций. В целом, процедура идентификации опасностей должна документально зафиксировать существующие угрозы безопасности (опасности), относительную вероятность крупных аварий и их возможных последствий (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999).

Цель идентификации опасностей – выявить:

- предшествующие случаи;
- очевидные опасности химической или физической природы;
- простые сочетания разных событий;
- комплексные сочетания, не исследованные ранее;
- установленные опасности, устраненные в процессе оборудования (оснащения), ремонта или эксплуатации объекта;
- совершенно не изученные или неожиданные опасности.

Существует несколько способов идентификации опасностей и оценки риска. Можно использовать либо качественный, либо количественный подход к анализу ситуации, каждый из которых способен дать определенное представление о безопасности или опасности ситуации, которое будет более полным и правильным, если подходы применяются последовательно. Выбор метода зависит от конкретной ситуации или вида риска. В любом случае предпринимаемые усилия должны соответствовать степени серьезности (тяжести) возможного ущерба (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999).

Как правило, идентификация опасностей представляет собой последовательный процесс, цель которого – соблюдение в полной мере всех требований безопасности.

Этот процесс может состоять из следующих шагов:

Шаг А – предварительное определение опасностей.

Шаг В – определение источников опасностей и оценка последствий (в том числе крупных) аварий.

Шаг С – меры предотвращения, контроля и смягчения последствий этих аварий.

Основными проблемами при идентификации опасностей являются:

- полнота;
- содержательность;
- корректность анализа.

Если определение опасностей проводится не в полной мере или непоследовательно, то, очевидно, соответствующие (адекватные) меры для контроля выявленных опасностей, угроз не будут предприняты.

При процедуре идентификации опасностей непоследовательной и неправильной (когда выявление опасности вызывает сомнение) время, усилия и финансовые ресурсы на анализ и контроль за этими опасностями тратятся нерационально и принятые решения могут на самом деле привести к менее безопасному функционированию объекта. Все эти проблемы разрешаются соответствующим адекватным выбором метода идентификации опасностей и его правильным применением (Kirchsteiger, 1998).

В целом, удовлетворительный уровень идентификации опасностей может обеспечиваться сочетанием нескольких методик. Выбор определенного набора методик в значительной мере зависит от

сложности и новизны производственных операций (технологических процессов). На некоторых объектах, не отличающихся новизной и сложностью с точки зрения способов хранения и переработки опасных материалов, может быть достаточно применение довольно простого подхода. В отношении предприятий, перерабатывающих значительные объемы опасных материалов, необходим более детальный анализ, с применением специальных методик (Kirchsteiger, 1998; Papadakis, Amendola, 1997; CCPS, 1992).

Важным элементом каждого из вышеупомянутых шагов идентификации опасностей является использование опыта, приобретенного в результате произошедших ранее аварий и аварийных ситуаций, возникших на данном предприятии или аналогичном предприятии где-либо в мире. Более детально этот аспект рассматривался в разделе, посвященном базам данных по авариям и предаварийным ситуациям.

### **Методы «что будет (произойдет), если...?» и проверочного листа (карты контроля безопасности)**

*Методы «Проверочного листа» и «Что будет, если...?»* или их комбинация относятся к группе методов качественных оценок опасности, основанных на изучении соответствия условий эксплуатации объекта или проекта требованиям безопасности.

Результатом проверочного листа является перечень вопросов и ответов о соответствии опасного объекта требованиям безопасности и указания по их обеспечению. Метод проверочного листа (карты контроля безопасности) отличается от «Что (произойдет) будет, если...?» более обширным представлением исходной информации и представлением результатов о последствиях нарушений безопасности.

Эти методы наиболее просты (особенно при обеспечении их вспомогательными формами, унифицированными бланками, облегчающими на практике проведение анализа и представление результатов), нетрудоемки (результаты могут быть получены одним специалистом в течение одного дня) и наиболее эффективны при исследовании безопасности объектов с известной технологией.

Дальнейшее изложение данных методов произведем согласно (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999).

### **Анализ «что будет (произойдет), если...?».**

Данный метод широко применяется и может быть использован на всех стадиях цикла проекта, начиная с разработки его концепции.

Основан на методе «мозговой атаки», которая, тем не менее, в определенной степени структурирована.

Группе специалистов, знакомых с анализируемыми процессами, руководителем аналитической группы предлагается задавать вопросы и ставить проблемы, связанные с рассматриваемой конструкцией (например, в химической промышленности, это вопросы о блокировках, утечках, коррозии, вибрации, частичных выходах из строя (неполадках), событиях вне предприятия).

Обычно вопросы начинаются со слов «что будет (произойдет), если...?».

Например:

«Что будет (произойдет), если при запуске в компрессоре окажется воздух?»

«Что будет (произойдет), если в компрессоре высокая температура?»

«Что будет (произойдет) при утечке охладителя?»

«Что будет (произойдет) при утечке смазочных материалов?»

и т.д.

Вопрос, однако, может быть поставлен в любой форме, независимо от того, включает ли он фразу: «что будет (произойдет), если...?».

Анализ, как правило, включает следующие шаги:

1. Постановка вопросов, которые возникают сами собой в отношении любой части системы.

2. Разделение вопросов по типам или по отношению к крупным производственным стадиям.

3. Постановка новых вопросов последовательно по мере прохождения каждой стадии.

4. Ответы на вопросы, один за другим, относящиеся к причинам, последствиям и мерам безопасности.

5. Определение действий там, где это приемлемо.

Основой анализа должны стать последние (самые новые) чертежи, процедуры, описания и т.п. технологического процесса и оборудования.

Аналитическая группа должна включать специалистов по всем вопросам, имеющим отношение к делу, например технологического

процесса, оборудования по эксплуатации и ремонту. При данном типе анализа очень важна высокая компетентность членов группы, тогда как руководитель группы может быть менее опытным, чем, например, руководитель группы по оценке опасностей.

Результаты анализа заносятся в таблицы, подобные приведенной ниже:

«Что будет (произойдет), если...»	Причины	Последствия	Меры безопасности	Действия

Метод в какой-то степени неструктурирован и вряд ли можно ожидать, что с его помощью можно выявить все проектные ошибки или их последствия. Однако результат может быть значительно улучшен при использовании данного метода совместно с другими, например методом проверочного листа (карт контроля безопасности). Некоторые из этих проверочных листов являются результатом подобной комбинации методов.

Например, составление карт контроля безопасности конкретного оборудования (компрессор) может также включать анализ «что произойдет, если...?»

Что произойдет, если в компрессоре высокая температура?

Что произойдет при потере охладителя?

Что произойдет, если рециркуляция вокруг компрессора избыточна?

Что произойдет при утечке смазочного материала?

Что произойдет при поломке задвижки клапана?

Что произойдет, если поток в компрессоре недостаточен?

Что произойдет при избыточной степени сжатия?

Что произойдет, если повысится температура подачи?

Что произойдет, если в компрессоре возникнет локальное возгорание?

Что произойдет, если в систему подачи проникает жидкость?

Что произойдет, если в установку попадут твердые частицы или загрязняющие материалы?

Что произойдет при попадании воздуха при нарушении герметичности или ремонте?

Что произойдет при чрезмерном увеличении скорости или обратном вращении?

Что произойдет, если не откроется всасывающий клапан?

Что произойдет при избыточном рециркуляционном потоке?

Что произойдет, если заблокирован сброс?

Что произойдет при избыточном давлении в компрессоре?

Что произойдет, если обратное давление слишком велико?

Что произойдет при увеличении подающего напора?

Что произойдет, если потребность в отходящем потоке отсутствует?

Что произойдет, если давление не удастся контролировать?

Что произойдет, если всасывающий клапан закрыт?

Что произойдет, если подающий напор понижен или линия подачи неисправна?

Что произойдет в случае пониженного давления вследствие замедления скорости?

Что произойдет при остановке компрессора или ухудшении его эксплуатационных качеств?

Что произойдет при механических неполадках в компрессоре?

Что произойдет при поломке сцепления ведущего шкива?

Что произойдет, если вибрация ослабит сцепление?

Что произойдет при износе конструкционного материала или изоляции?

Что произойдет, если изоляция при проведении текущего ремонта не отвечает существующим требованиям?

Что произойдет, если не будут соблюдены процедуры запуска и текущего ремонта?

Что произойдет, если не работает система управления?

Что произойдет, если не работает система аварийной защиты?

Что произойдет, если система сброса не справится с избыточным давлением?

Что произойдет, если предохранительный клапан не открывается?

Что произойдет, если предохранительный клапан не закрывается?



Что произойдет, если поток через трубу сброса давления недостаточен?

Что произойдет при ухудшении качества обслуживания?

Что произойдет, если компрессор подвергнется внешнему воздействию?

Что произойдет при резком понижении температуры воздуха или другой экстремальной ситуации в окружающей среде?

**Карты контроля безопасности (checklists) или метод проверочного листа.**

Анализ при помощи карт (проверочных листов) контроля безопасности представляет собой более систематический подход, основанный на использовании стандартов (требований) безопасности (промышленной) и опыта специалистов.

Карта контроля безопасности (проверочный лист) состоит из ряда пунктов, которые подлежат проверке по конкретным параметрам, например использование определенного производственного оборудования или веществ. Берется список возможных опасностей и рассматривается каждый его пункт, с точки зрения применимости к рассматриваемой системе.

Метод проверочного листа – это метод сравнения, которое может быть получено:

- либо на основе опыта как такового (включая сопоставление с нормами и правилами);
- либо, для определенного типа предприятия, на основе использования зарекомендовавших себя методик.

Метод проверочного листа по своей сути является наиболее простым и эмпирическим средством использования уже имеющегося опыта при проектировании объектов или в ситуациях, когда необходимо удостовериться в том, что учтены все вопросы, указанные в списке.

Карты контроля безопасности можно разделить на отдельные темы:

- системы управления;
- физические и химические свойства;
- здания и их окружение;
- производственный процесс;
- и т.д.

Метод проверочного листа является основным методом идентификации опасностей, относящихся к свойствам материалов или, например, только к оборудованию.

Метод наиболее эффективен для постановки проблем и открытых вопросов, чем для вопросов, требующих ответа в виде «Да/Нет».

Проверочный лист также служит предметным указателем по тем вопросам, которые требуют внимания на каждой стадии жизненного цикла оборудования и сооружения. Пример предметного указателя:

- хранение сырья, полуфабрикатов и конечной продукции;
- обращение с материалами;
- производственное оборудование, сооружения и технологические процессы;
- защита персонала;
- средства управления, контроля и аварийной защиты;
- удаление отходов;
- приборы для отбора проб;
- текущий ремонт;
- противопожарная защита и др.

Пример предметной карты контроля безопасности приведен в таблице 3.1 по (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999).

Таблица 3.1. – Вопросы, требующие внимания в карте контроля безопасности, основанной на данных по хранению, обращению с материалами, производственному оборудованию, защите персонала, приборам контроля и противоаварийным установкам

Предметный указатель	Вопросы, требующие внимания
<b>Хранилище сырья, полуфабрикатов и готовой продукции</b>	
Резервуары-хранилища	Проектная сепарация, инерционность, строительные материалы
Накопители	Производительность, дренаж
Аварийные клапаны	Дистанционный контроль за опасными материалами
Инспекторские осмотры	Разрядники, предохранители
Технологический процесс	Предотвращение загрязнения, анализ
Спецификации	Химические, физические качества, устойчивость
Ограничения	Температура, время, количество

Продолжение таблицы 3.1

Предметный указатель	Вопросы, требующие внимания
<b>Обращение с материалами</b>	
Насосы	Эжекторные, реверсионные, определение конструкционных материалов
Проемы, коридоры, трубопроводы	Противопожарные, взрывобезопасные, вспомогательные
Конвейеры, дробилки	Стопорные устройства, инерционные, предохранительные
Технологический процесс	Разливы, утечки, обезвреживание
Распределительные устройства, кабели	Мощность, перекрестные соединения, нормативы, конструкционные материалы
<b>Производственное оборудование, сооружения и процессы</b>	
Технологический процесс	Запуск, нормальный режим, отключение, аварии
Соответствие нормам и правилам	Аудиты рабочих мест, вопросы экономии (времени, сырья и т.д.), предложения и указания
Потери на коммуникациях	Электричество, отопление, воздух для охлаждения, смесители
Контейнеры, резервуары	Конструкция, материалы, нормативы, доступ, конструкционные материалы
Идентификация	Контейнеры и резервуары, трубопроводы, переключатели, задвижки и клапаны
Предохранительные устройства	Реакторы, коммутаторы, стеклоизделия
Обзор несчастных случаев (инцидентов)	Предприятие, компания, отрасль
Осмотр, тестирование	Контейнеры и резервуары, предохранительные устройства, коррозия
Опасности	Возгорания, пожары, выход реактора из-под контроля
Электроэнергия	Классификация производственных площадей, соответствие требованиям и правилам очистки (соединений)
Технологический процесс	Описание, контрольные предписания
Производственные режимы	Температура, давление, потоки, коэффициенты, концентрации, плотность, уровни, время, последовательность

Продолжение таблицы 3.1

Предметный указатель	Вопросы, требующие внимания
Источники возгорания	Перекиси, ацетилены, трение, засоры, компрессоры, статическое электричество, клапаны, нагреватели
Соответствие требованиям безопасности	Теплоносители, горюче-смазочные материалы, поливочно-моечные и упаковочные устройства
Условия (пределы) безопасности	Охлаждение, загрязнение
<b>Защита персонала</b>	
Защита	Ограждения, персонал, душевые, аварийные выходы
Вентиляция	Общая, местная, воздухозаборы, режим
Воздействие внешней среды	Прочие (непроизводственные) процессы, общественная среда
Сооружения инфраструктуры	Изоляция: воздух, вода, инертные газы, пар
Руководство по определению опасностей	Токсичность, воспламеняемость, активность, коррозия, симптомы недомогания, первая медицинская помощь
Окружающая среда	Отбор проб, испарения, пыль, шум, радиация
<b>Механизмы управления и приборы аварийной защиты</b>	
Механизмы управления	Режимы, надежность (дублирование), аварийная защита
Калибровка, проверка	Частота, соответствие
Извещатели, сирены	Соответствие, ограничения, пожар, дым
Прерыватели, блокираторы	Тестирование, байпасы
Предохранительные устройства	Соответствие, размер вентиляционного отверстия, сбросы, дренаж, вспомогательные устройства
Аварийные мероприятия	Захоронение, затопление, замедление реакции, разбавление
Изоляция (локализация) процесса	Перекрышки, огнеупорные задвижки, очистка
Приборы	Качество воздуха, время срабатывания защиты, перезавод, конструкционные материалы

Окончание таблицы 3.1

<b>Удаление отходов</b>	
Люки	Ловушки пламени, реакции, подверженность воздействию, твердые вещества
Вентиляционные отверстия	Сбросы, рассеяние, радиация, туман
Предметный указатель	Вопросы, требующие внимания
Характеристики	Илы, осадки, загрязняющие материалы
<b>Оборудование по отбору проб</b>	
Точки отбора проб	Доступность, вентиляция, система клапанов и задвижек
Технологический процесс	Отбор проб, очистка
Пробы	Контейнеры, хранилища, удаление
Анализ	Процедуры, регистрация, обратная связь
<b>Ремонт и обслуживание оборудования</b>	
Обезвреживание	Растворы, оборудование, процесс
Отверстия резервуаров	Размер, доступ, препятствие к доступу
Технологический процесс	Доступ к резервуарам, сварка, вывод из эксплуатации
<b>Противопожарная защита</b>	
Противопожарные сооружения	Области возможного распространения огня, потребности в воде, распределительные системы, спринклеры, дренчеры, мониторы, инспекции, тестирование, технологический процесс, соответствие.
Огнетушители	Тип, месторасположение, обучение пользователю
Брандмауэры	Соответствие, состояние, двери, коридоры
Дренаж	Уклон, скорость дренирования
Действия в аварийных ситуациях	Пожарные расчеты, укомплектованность, учебное оборудование

Карта контроля безопасности – технологический процесс – **примеры:**

Безопасен ли технологический процесс при нормальных условиях?

- Выделяются ли токсичные пары?
- Адекватны ли меры безопасности?
- Присутствуют ли воспламеняемые пары в обычной концентрации?

- Ограничено ли выделение паров?
- Контролируются ли источники воспламенения?

Обуславливают ли нештатные условия функционирования:

- прекращение снабжения электроэнергией, водой, теплом и т.п.;
- механические сбои, неполадки и отказы оборудования?

Соответствует ли требованиям система аварийной вентиляции?

и т.п.

Карты контроля безопасности также могут составляться для проверки конкретных систем:

- вентиляционных;
- для удаления и переработки пыли;
- сброса давления;
- складских помещений или оборудования:
- химических реакторов;
- компрессоров
- и т.д.

**Пример.** На рисунке 3.1 представлен непрерывный технологический процесс получения диаммонийфосфата. В данном процессе раствор фосфорной кислоты и раствор аммиака поступают через вентили в реактор-смеситель. Аммиак и фосфорная кислота образуют диаммонийфосфат – неопасный продукт. Диаммонийфосфат поступает из реактора в открытый резервуар-хранилище. Вентили, установленные в резервуарах и реакторе, снабжены выпускными отверстиями, выходящими за пределы прилегающей рабочей площади.

*Условия реакции:*

- Если в реактор дается *слишком много фосфорной кислоты* (по сравнению с интенсивностью подачи аммиака), образуется продукт, не соответствующий техническим условиям, но *реакция сама по себе безопасна*.

- При *увеличении* интенсивности подачи *и аммиака и фосфорной кислоты одновременно* темпы высвобождения энергии могут возрасти, и реактор в соответствии с его характеристиками может *не справиться с повышением температуры и давления*.

Если в реактор дается *слишком много аммиака* (по сравнению с интенсивностью подачи фосфорной кислоты), непрореагировавший

аммиак может вытечь (перелиться через) резервуар с диаммонийфосфатом. В этом случае остаточный аммиак *попадет в прилегающее производственное помещение*, подвергнув опасности производственный персонал.

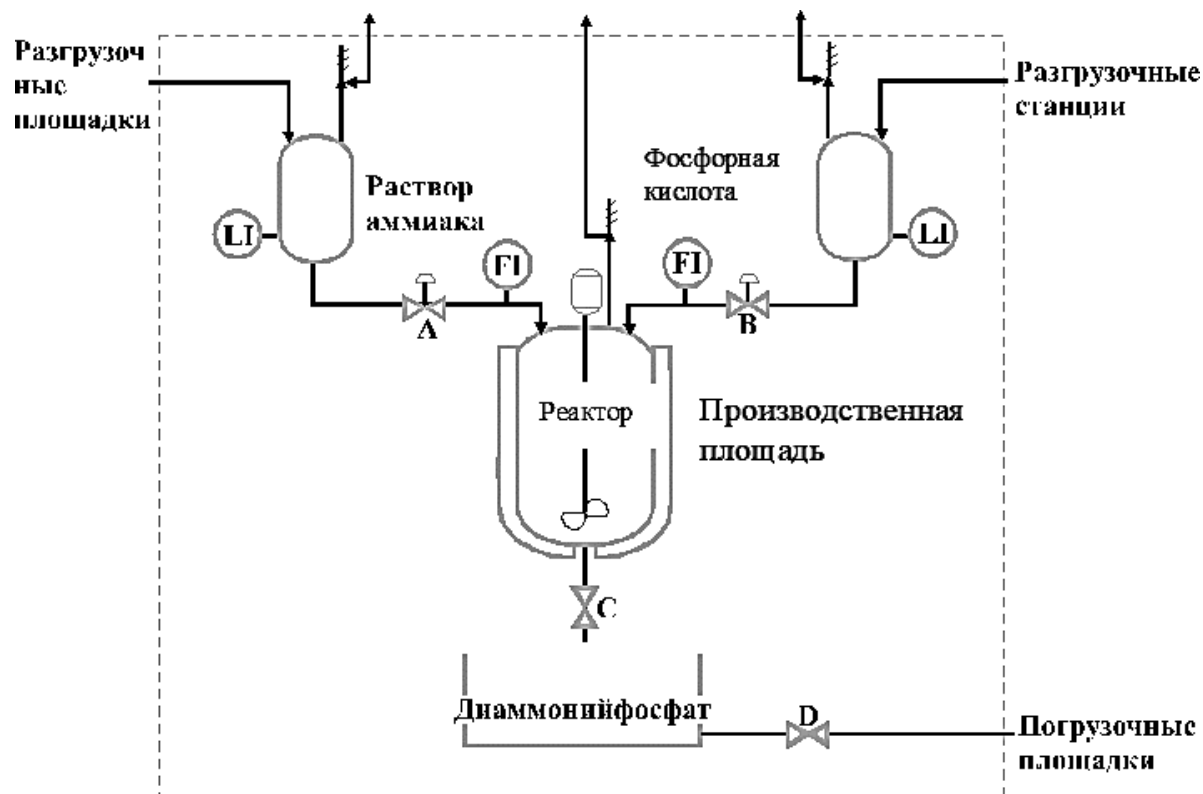


Рисунок 3.1. Технологический процесс получения диаммонийфосфата.

На производственной площадке установлены приборы для обнаружения аммиака и аварийные извещатели.

Пример качественной оценки опасности по методу карт контроля безопасности (проверочного листа) технологического процесса получения диаммонийфосфата представлен в таблице 3.2 по (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999).

Соответствующие лица, принимающие решения, изучают документацию и реализуют меры по устранению выявленных недостатков.

Другие примеры технологических карт контроля безопасности также можно найти в соответствующей литературе, например (CCPS, 1992; Lees, 1996).

Таблица 3.2. Пример качественной оценки опасности по методу карт контроля безопасности (проверочного листа) технологического процесса получения диаммонийфосфата

<b>Материалы</b>	
Все ли сырье соответствует оригинальным спецификациям?	Нет. Концентрация аммиака в растворе аммиака была увеличена для того, чтобы снизить интенсивность его закупок. Скорость подачи раствора в реактор была скорректирована с учетом более высокой концентрации аммиака
Произведена ли проверка всех квитанций на получение материалов?	Да. Прошлый опыт работы с поставщиком подтверждает его надежность. Маркировка грузовика и накладная водителя проверяются до начала разгрузки, но взятие проб материалов на определение их типа или фактической концентрации не проводится
Имеет ли производственный персонал доступ к спецификациям безопасности материалов?	Да. Эти спецификации можно получить круглосуточно в административном корпусе службы производственной безопасности
Правильно ли установлены и эксплуатируются средства противопожарной защиты и оборудование, обеспечивающее безопасность работ?	Нет. Расположение средств противопожарной защиты и оборудования, обеспечивающего безопасность работ, не изменилось, несмотря на возведение новой внутренней стены в производственном помещении. Из-за этой новой стены некоторые части помещения не могут быть надежно защищены имеющимися противопожарными средствами. Установленное оборудование находится в надлежащем состоянии и проверяется ежемесячно
<b>Оборудование</b>	
Производится ли проверка оборудования в соответствии с установленным графиком?	Да. Ремонтная бригада осмотрела производственное оборудование, в соответствии с правилами осмотра, установленными в организации. Однако статистика отказов и озабоченность, выраженная отделом ремонта дает



Продолжение таблицы 3.2

<b>Оборудование</b>	
	основание считать, что осмотр оборудования по обращению с кислотой проводится слишком редко
Производится ли проверка предохранительных клапанов в соответствии с установленным графиком?	Да. График проверки соблюдается
Производится ли испытание систем безопасности и перемычек в установленные промежутки времени?	Да. Отклонений от графика периодического осмотра не было. Однако осмотр и ремонт систем безопасности и перемычек осуществлялись во время производственного цикла, что противоречит политике компании
Имеются ли все необходимые запчасти для проведения текущего ремонта?	Да. Компания располагает ограниченным запасом необходимых запчастей в соответствии с политикой экономии издержек. Тем не менее запчасти для проведения профилактического ремонта и замены недолговечных деталей всегда в наличии. Другие изделия, за исключением крупногабаритного оборудования, доставляются по соглашению с местным дистрибьютором в течение 4 часов
<b>Технологические процессы</b>	
Соответствуют ли производственные операции действующему регламенту?	Да. Производственный регламент был обновлен 6 месяцев назад в письменной форме после внесения нескольких незначительных изменений в стадиях производства
Соблюдают ли работники все требования регламента?	Нет. Последние изменения в стадиях производства внедряются медленно. Операторы считают, что одно из изменений могло не учесть вопросы личной безопасности персонала
Должным ли образом подготовлен новый производственный персонал?	Да. Осуществляется широкая программа обучения с периодическим тестированием. Результаты обучения документально оформляются для каждого работника
Как происходит передача смены?	Пересменок операторов длится 30 мин, в течение которых следующая смена имеет возможность узнать текущее

## Окончание таблицы 3.2

<b>Технологические процессы</b>	
	положение дел в производственном процессе у предшествующей смены
Приемлемы ли бытовые условия на предприятии?	Да. Приемлемы
Используются ли разрешения на безопасную работу?	Да. Но они необязательно предусматривают остановку производственного процесса для проведения некоторых мероприятий (например, тестирование и ремонт компонентов системы безопасности)

### **Предварительный анализ опасностей (РНА)**

РНА представляет собой индуктивный метод анализа, задачей которого является идентификация опасностей, опасных ситуаций и событий, которые могут причинить вред данной деятельности, объекту или системе.

Предварительное выявление опасностей должно устанавливать степень опасности каждого проблемного участка предприятия, например хранилища химической продукции, погрузочно-разгрузочных площадок и т.д. Участки характеризуются определенным количеством и свойствами опасных веществ и/или производственных процессов, используемых на этих участках, позволяя, таким образом, определить зоны объекта, которые нуждаются в более детальном проведении анализа опасностей.

Чаще всего его принято проводить на ранней стадии разработки проекта, когда мало информации по деталям конструкции и рабочим процедурам, и зачастую он может быть предшественником последующих исследований. Кроме того, он может оказаться полезным в тех случаях, когда анализируются существующие системы или устанавливаются приоритеты опасностей, где обстоятельства препятствуют использованию более обширной совокупности технических приемов.

При проведении РНА вырабатывается перечень опасностей и опасных ситуаций общего характера посредством рассмотрения таких характеристик, как:

- используемые или производимые материалы и их способность вступать в реакцию;

- применяемое оборудование;
- условия окружающей среды;
- схема расположения;
- области контакта и взаимодействия между компонентами системы и т.д.

Один или несколько риск-аналитиков дают оценку степени (уровня) производственных опасностей, опасных ситуаций и в соответствии с выбранным критерием ранжируют их. Это ранжирование используется для установления приоритетов при выработке рекомендаций по повышению уровня безопасности и определения потребностей в более детальном анализе.

Полученные результаты могут быть представлены различными способами, например в виде таблиц и «деревьев».

Реализация данного метода завершается определением возможностей возникновения аварии, качественной оценкой величины возможного вреда или ущерба здоровью, который мог быть нанесен, и идентификацией возможных мер. РНА должен корректироваться на стадиях проектирования, изготовления и испытания для обнаружения новых опасностей, внесения поправок и его совершенствования.

### **Проверки концепции безопасности проекта**

Данный метод применяется только при первичных проверках. Он используется в химической промышленности на самой ранней стадии проектирования завода – до составления технологических карт и карт контроля безопасности. При помощи этого метода анализируются различные варианты и рассматриваются общие организационные вопросы. Осуществляется сбор общей информации об инцидентах, произошедших ранее как внутри, так и вне организации, об опасных свойствах химических веществ либо планируемых к использованию, либо их заменителей. Аналитической группой рассматриваются задачи проекта, возможные стадии производственного цикла, химические вещества, которые могут быть использованы на каждой стадии цикла, а также состав образующихся при этом отходов.

Целью проверки является оценка возможных опасностей, возникающих в процессе производства, предпочтительности использования того или иного химического процесса с точки зрения его опасности и конкретных законодательных актов, регулирующих деятельность

рассматриваемого предприятия. Именно в этот момент необходимо установить степень глубины и сроки всех последующих проверок безопасности. Проверка концепции безопасности проекта должна обеспечить проектировщикам обоснование необходимости и конкретного совершенствования проекта и гарантировать, что эти улучшения будут реализованы уже на стадии проектирования.

При разработке концепции безопасности проекта присущие веществам опасные свойства рассматриваются с точки зрения защиты здоровья и жизни персонала предприятия, воздействия на население и окружающую среду. Это полезный метод, стимулирующий использование подходов, отражающих внутренне присущие свойства безопасности объектов. Внутренне присущая объектам безопасность достигается путем рассмотрения сначала возможности замены данного вещества более безопасным, а затем возможности сокращения запасов применяемых опасных веществ.

### **Метод анализа ошибок персонала (HRA)**

*Метод анализа ошибок персонала* (Human Reliability Analysis – HRA) предназначен для качественной оценки событий, связанных с ошибками персонала. Он также может быть использован для разработки рекомендаций по снижению вероятности таких ошибок (Reliability, 1991; Services, 1990).

Ошибка персонала – это действие, которое выполняется или не выполняется при некоторых условиях. Это могут быть физические действия (поворот рукоятки) или действия, связанные с умственной деятельностью (диагностика отказов или принятие решения). Многие процессы содержат потенциальные возможности для ошибок персонала, в особенности в тех случаях, когда время, которым располагает оператор для принятия решений, ограничено. Вероятность того, что проблемы будут развиваться негативным образом, зачастую мала. Иногда действия со стороны персонала ограничиваются возможностью предотвращения начальной неисправности, прогрессирующей в направлении аварии.

HRA включает идентификацию условий, которые вызывают ошибки людей и оценку вероятностей таких ошибок. Преднамеренные действия в данном анализе в расчет не принимаются.

При помощи HRA идентифицируются разнообразные типы ошибочных действий, которые могут иметь место, в том числе следующие:

а) ошибка по оплошности, недосмотр, выразившийся в невыполнении требуемого действия;

б) ошибка несоответствия, которая может предусматривать:

- положение, когда требуемое действие выполняется несоответствующим образом;

- действие, выполняемое слишком большим или слишком малым усилием либо без требуемой точности;

- действие, выполняемое в неподходящее для него время;

- действие (или действия), выполняемое в неправильной очередности;

в) лишнее действие, ненужное действие, выполняемое вместо требуемого действия или в дополнение к нему.

В результате HRA выявляются действия, которые могут воссоздать предшествующие ошибки.

Для анализа ошибок персонала используют различные методики, содержащие:

- определение перечня задач (действий), которые решает (выполняет) или должен решать (выполнять) оператор;

- представление с помощью декомпозиции каждой такой задачи (действия) в виде комбинации элементарных действий с целью выявления среди них наиболее подверженных ошибкам и определения точек взаимодействия оператора и системы;

- использование данных, получаемых из записей о предшествующих событиях;

- определение наличия условий, влияющих на частоту ошибок, к которым относятся стрессы, уровень тренированности и качество систем отображения информации.

В целом, как указывается в ГОСТ Р 51901.1-2002, HRA может включать в себя следующие этапы:

- анализ задачи;

- выявление ошибки персонала;

- количественное определение влияния на надежность человеческого фактора.

Анализ задачи и выявление ошибки персонала необходимо начинать на стадии концепции и на ранних этапах проектирования и разработки. Они должны модернизироваться на более поздних стадиях развития системы.

**Анализ задачи (ТА).** Целью ТА в процессе HRA является подробное описание и определение характера задачи, подлежащей анализу, для выявления ошибки персонала и/или количественной оценки влияния на надежность человека. Анализ задачи может также проводиться для других целей, таких как оценка взаимодействия человека с машиной или планирование процедуры.

**Выявление ошибки персонала (HEI).** На данном этапе идентифицируются и описываются возможные ошибочные действия при исполнении задачи. Выявление ошибки персонала может включать выявление возможных последствий и причин ошибочных действий, а также предложение мер по снижению вероятности этой ошибки, совершенствованию перспектив для исправления и/или уменьшения последствий ошибочных действий. Результаты HEI, таким образом, обеспечивают ценный вклад в управление риском даже в том случае, если не проводится никакая количественная оценка.

**Количественная оценка влияния на надежность человеческого фактора (HRQ).** Целью HRQ является оценка вероятности правильного выполнения задачи или вероятности ошибочных действий. Некоторые технические приемы могут также предусматривать шаги по оценке вероятности или частоты определенных последовательностей нежелательных событий или нежелательных исходов.

Количественные характеристики ошибок персонала получают, например, с помощью «Метода прогноза частоты ошибок персонала» (Technique For Human Error Rate Prediction – THERP) или «Плана развития последовательности событий» (Accident Sequence Evaluation Program – ASEP) (Services, 1990).

Отметим, что в реализации методологии HRA заняты исследователи и практики, являющиеся, как правило, специалистами в сферах либо теории и практики надежности, либо психологии и человеческих факторов.

Как неоднократно указывалось, методы могут применяться изолированно или в дополнение друг к другу, причем, как будет продемонстрировано далее, методы качественного анализа могут включать количественные критерии риска (в основном, по экспертным оценкам,

с использованием, например, матрицы «частота – тяжесть последствий» для ранжирования опасности). По возможности полный количественный анализ риска должен использовать результаты качественного анализа опасностей.

### **3.2. Характеристика качественных методов оценок опасностей, использующих количественные критерии**

#### **Анализ вида и последствий отказов (FMEA)**

*Анализ вида и последствий отказов (АВПО) (Failure Mode and Effects Analysis – FMEA)* применяется для качественного анализа опасности рассматриваемого объекта или системы. Анализ видов и последствий отказов (FMEA) является методом систематического анализа системы для идентификации видов потенциальных отказов, их причин и последствий, а также влияния отказов на функционирование системы (системы в целом или ее компонентов и процессов). Термин «система» использован для описания аппаратных средств, программного обеспечения (с их взаимодействием) или процесса. Под технической системой в зависимости от целей анализа могут пониматься как совокупность технических устройств, так и отдельные технические устройства или их элементы. Рекомендуется проводить анализ на ранних стадиях разработки, когда устранение или снижение последствий и количества видов отказов является экономически наиболее эффективным. Существенной чертой этого метода является рассмотрение каждого аппарата (установки, блока, изделия) или составной части системы (элемента) на предмет того, как он может стать неисправным (вид и причина отказа) и какое было бы воздействие отказа на техническую систему.

До применения FMEA необходимо провести иерархическую декомпозицию системы (аппаратных средств с программным обеспечением или процесса) на основные элементы. Полезно использовать простые блок-схемы, иллюстрирующие декомпозицию (см.: ГОСТ Р 51901.14-2007 (МЭК 61078:2006)). Анализ при этом начинают с элементов самого нижнего уровня системы. Последствие отказа на нижнем уровне может стать причиной отказа объекта на более высоком уровне. Анализ проводят снизу вверх по восходящей схеме, пока не

будут определены конечные последствия для системы в целом. Собственно, анализ АВПО может быть начат, как только система может быть представлена в виде функциональной блок-схемы с указанием ее элементов.

Традиционно существуют достаточно большие различия в процедурах, способах проведения и представления результатов FMEA (см., например: ГОСТ Р 51901.12-2007; Greenberg, Gramer, 1991; Stephenson, 1991; Henley, Kumamoto, 1981; Klaassen, van Peppen, 1989; McCormick, 1981; Lees, 1980; Procedures, 1977; Hammer, 1972; Wagoner, 1988; Lambert, 1978; Guidelines, 1999; Procedures, 1980; Jordan, 1982).

Обычно анализ выполняют, идентифицируя виды отказов, соответствующие причины, непосредственные и итоговые последствия. Аналитические результаты могут быть представлены в виде рабочей таблицы, содержащей наиболее существенную информацию о системе в целом и деталях, учитывающих ее особенности, в частности о путях потенциальных отказов системы, компонентов и видах отказов, которые могут быть причиной отказа системы, а также причинах возникновения каждого вида отказа.

Проведение анализа может быть разбито на ряд этапов:

- определение границ системы для анализа;
- осознание требований и функций системы;
- определение критерия отказа/работоспособности;
- определение видов отказов и последствий отказов каждого объекта в отчете;
- описание каждого последствия отказа;
- составление отчета.

Символическое представление структуры функционирования системы, особенно в виде схемы, очень полезно при проведении анализа. Необходимо разработать простые схемы, отражающие основные функции системы. В схеме линии соединения блоков представляют собой входы и выходы для каждой функции. Характер каждой функции и каждого входа должен быть точно описан. Для описания различных фаз эксплуатации системы может потребоваться несколько схем.

В соответствии с продвижением проектирования системы может быть разработана схема с блоками, представляющими реальные компоненты или составные части. Такое представление дает дополнительную информацию для более точной идентификации потенциальных видов отказов и их причин.



Блок-схемы должны отражать все элементы, их отношения, резервирование и функциональные взаимосвязи между ними. Это обеспечивает прослеживаемость функциональных отказов системы. Для описания альтернативных режимов эксплуатации системы может потребоваться несколько блок-схем. Могут потребоваться отдельные схемы для каждого режима эксплуатации. Как минимум, каждая блок-схема должна содержать:

а) декомпозицию системы на основные подсистемы, включая их функциональные взаимосвязи;

б) все соответственно отмеченные входы и выходы и идентификационные номера каждой подсистемы;

в) все резервирования, предупреждающую сигнализацию и другие технические особенности, которые обеспечивают защиту системы от отказов.

Важно, чтобы оценка всех объектов в пределах границ системы на самом нижнем уровне для идентификации всех потенциальных видов отказов была согласована с целями анализа. Затем проводят исследования, позволяющие определить возможные отказы, а также последствия отказов для подсистем и функций системы.

Каждый отказ рассматривается как независимый случай, без какого-либо отношения к другим отказам, за исключением тех, которые оказывают непосредственное прямое воздействие. Однако для особых обстоятельств могут быть рассмотрены общие причины отказов более чем для одной системы. В очень небольшом числе установок для процессов могут иметь место более трех одновременных критичных отказов, не приводящих к выпуску. Имеется незначительное число задокументированных случаев катастрофических инцидентов, произошедших на установке для процесса, которые были вызваны одновременным отказом двух или трех абсолютно независимых систем. Во многих ситуациях формулировка всех комбинаций из одного и двух событий, способствующих инциденту, определяет все, что может быть обосновано опытом анализа предыдущих инцидентов. Эти комбинации могут быть идентифицированы за приемлемое время, если руководствоваться следующим (Guidelines, 1999; Lees, 1996; Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999):

1. Разделить установку на группы дискретных подсистем, каждая из которых должна быть достаточно небольшой для того, чтобы можно

было быстро определить, имеет ли данная комбинация отказов потенциал для возникновения инцидента в системе или процесс разрешится внутри подсистемы. Типичная подсистема, например, может состоять из ректификационной колонны, ее конденсатора, испарителя и регуляторов.

2. Перечислить и просмотреть все комбинации случаев отказов внутри каждой подсистемы, рассматривая только принципиальные функциональные режимы отказов для каждого устройства. Например, управляющий клапан может давать отказ при открывании или закрывании. Контролер может дать отказ при выполнении своей функции управления или сработать преждевременно. Для дальнейшего анализа составляется список всех комбинаций отказов, результатом которых может быть, например:

- выпуск из оборудования внутри подсистемы (трещина в резервуаре или в канале, вентиляции, переполнение и т.п.);
- нарушение хода процесса (высокое/низкое давление, температура, скорость потока, потеря энергии и т.п.) внутри подсистемы, которое может быть передано на одну или несколько других подсистем протекания процесса или на линии управления, которые связывают подсистемы между собой. При формулировании комбинаций из двух или трех событий отказов, которые должны быть перечислены для рассмотрения, не рекомендуется комбинировать те события, которые не могут способствовать возникновению одной и той же физической проблемы. Например, одновременные отказы системы отключения из-за высокого и низкого давления или датчиков тревоги на одном и том же сосуде не могут вместе способствовать образованию высокого давления в этом сосуде. Это сокращает число комбинаций событий отказов, требующих рассмотрения, из числа возможных комбинаций.

3. Если обнаружены комбинации отказов, которые передаются на другие подсистемы, эти комбинации должны быть учтены и при анализе других подсистем.

Успешное функционирование системы зависит от функционирования критических элементов системы. Для оценки функционирования системы необходимо идентифицировать ее критические элементы. Эффективность процедур идентификации видов отказов, их причин и последствий может быть повышена с помощью подготовки списка ожидаемых видов отказов на основе следующих данных:

- назначения системы;
- особенностей элементов системы;
- режима работы системы;
- требований к эксплуатации;
- ограничений по времени;
- воздействий окружающей среды;
- рабочих нагрузок.

Различным типам систем соответствуют различные списки. Пример списка общих видов отказов приведен в таблице 3.3.

Таблица 3.3. Пример списка общих видов отказов

Номер вида отказа	Наименование вида отказа
1	Отказ в процессе функционирования
2	Отказ, связанный с несрабатыванием в установленное время
3	Отказ, связанный с прекращением работы в установленное время
4	Преждевременное включение

Фактически каждый вид отказов можно отнести к одному или нескольким из указанных общих видов. Однако эти общие виды отказов имеют слишком широкую область анализа. Следовательно, список необходимо расширить, чтобы сузить группу отказов, отнесенную к исследуемому общему виду отказов. Требования к параметрам управления входами и выходами, а также потенциальные виды отказов должны быть идентифицированы и описаны на структурной схеме надежности объекта. Необходимо отметить, что один вид отказов может иметь несколько причин.

*Причины* отказов для каждого потенциального вида отказов должны быть идентифицированы и описаны. Так как вид отказов может иметь несколько причин, наиболее вероятные независимые причины каждого вида отказов должны быть идентифицированы и описаны.

Идентификация и описание причин отказов не всегда необходимы для всех видов отказов, идентифицированных при проведении анализа. Идентификация и описание причин отказов и предложений по их устранению должны быть выполнены на основе изучения

последствий отказов и их тяжести. Чем тяжелее последствия вида отказов, тем более точно должны быть идентифицированы и описаны причины отказов. В противном случае можно потратить ненужные усилия на идентификацию причин таких видов отказов, которые не влияют на функционирование системы или имеют очень незначительные последствия.

Причины отказов могут быть определены на основе анализа эксплуатационных отказов или отказов в процессе испытаний. Если проект является новым и не имеет прецедентов, причины отказов могут быть установлены экспертными методами,

*Последствия* каждого вида отказов для функционирования элементов, функции или статуса системы должны быть идентифицированы, оценены и зарегистрированы. Последствия отказа могут воздействовать на следующий и, в конечном счете, на высший уровень анализа системы. Поэтому кроме локальных последствий для рассматриваемого элемента системы на каждом уровне последствия отказов должны быть оценены для следующего, более высокого уровня.

При идентификации последствий для системы в целом последствия возможного отказа для высшего уровня системы определяют и оценивают на основе анализа на всех промежуточных уровнях. Последствия высшего уровня могут быть результатом многократных отказов. Например, отказ устройства безопасности приводит к катастрофическим последствиям для системы в целом только в случае отказа устройства безопасности одновременно с выходом за допустимые пределы главной функции системы, для которой предназначено устройство безопасности. Эти последствия, являющиеся результатом многократных отказов, должны быть указаны в рабочих таблицах.

*Тяжесть последствий отказа* является оценкой значимости влияния последствий вида отказа на функционирование объекта. Классификация тяжести последствий отказа, зависящая от особенностей применения FMEA, разрабатывается с учетом нескольких факторов:

- характеристики системы в соответствии с возможными отказами, особенностями пользователей или окружающей среды;
- функциональных параметров системы или процесса;
- любых требований заказчика, установленных в контракте;
- законодательных требований и требований безопасности;
- требований, связанных с гарантийными обязательствами.

В таблице 3.4 приведен пример качественной классификации тяжести последствий при выполнении одного из типов FMEA.

Таблица 3.4. Пример качественной классификации тяжести последствий

Номер класса тяжести последствий отказа	Наименование класса тяжести последствий отказа	Описание последствия отказа для людей или окружающей среды
IV	Катастрофический	Вид отказа может привести к прекращению выполнения первичных функций системы и вызывает тяжелые повреждения системы и окружающей среды и/или гибель и тяжелые травмы людей
III	Критический	Вид отказа может привести к прекращению выполнения первичных функций системы и вызывает значительное повреждение системы и окружающей среды, но не представляет собой серьезной угрозы жизни или здоровью людей
II	Минимальный	Вид отказа может ухудшить выполнение функций системы без заметного повреждения системы или угрозы жизни или здоровью людей
I	Ничтожный	Вид отказа может ухудшить выполнение функций системы, но не вызывает повреждений системы и не создает угрозы жизни и здоровью людей

Для оценки последствий или критичности отказов должна быть определена частота или вероятность появления каждого вида отказа. Для определения вероятности появления вида отказа, помимо опубликованной информации об интенсивности отказов, очень важно рассмотреть реальные условия функционирования каждого компонента (экологические, механические и/или электрические нагрузки), характеристики которого вносят свой вклад в вероятность реализации отказа. Вероятность реализации видов отказов для системы можно оценивать с использованием:

- данных ресурсных испытаний;

- доступных баз данных об интенсивностях отказов;
- данных эксплуатационных отказов;
- данных об отказах аналогичных объектов или компонентов аналогичного класса.

Оценки вероятности появления отказа FMEA относят к определенному периоду времени. Обычно это гарантийный период или установленный срок службы объекта или продукции. Применение частоты и вероятности появления отказа рассмотрено ниже при описании анализа критичности.

После идентификации причин видов отказов на основе оценок их появления и тяжести последствий оценивают рекомендованные действия.

Блок-схема, приведенная на рисунке 3.2, обобщенно представляет общую процедуру анализа.

**Представление результатов** анализа по методу FMEA должно быть выполнено в обусловленной системной форме, чтобы избежать каких-либо пропусков и повысить полноту анализа. Одним из способов повышения тщательности и эффективности представления результатов является разработка постоянного формата для фиксирования результатов анализа. Это помогает систематизировать имеющуюся информацию и определить уровень детализации исследования.

**Первый пример** возможного образца таблицы стандартного формата для обработки данных анализа по рассматриваемому методу приведен в таблице 3.5 по (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999).

Заполнение таблицы 3.5 рекомендуется начинать с граничной системы, обозначенной на справочном чертеже или блок-схеме, и затем продолжать производить заполнение покомпонентно по порядку их взаимодействия в технологическом процессе. Каждая единица оборудования может быть отмечена на справочном чертеже или в перечне оборудования после внесения данных в таблицу. Все возможные отказы должны быть оценены для каждого компонента или системы, внесенной в анализ по методу FMEA, перед тем как перейти к оценке следующего компонента.

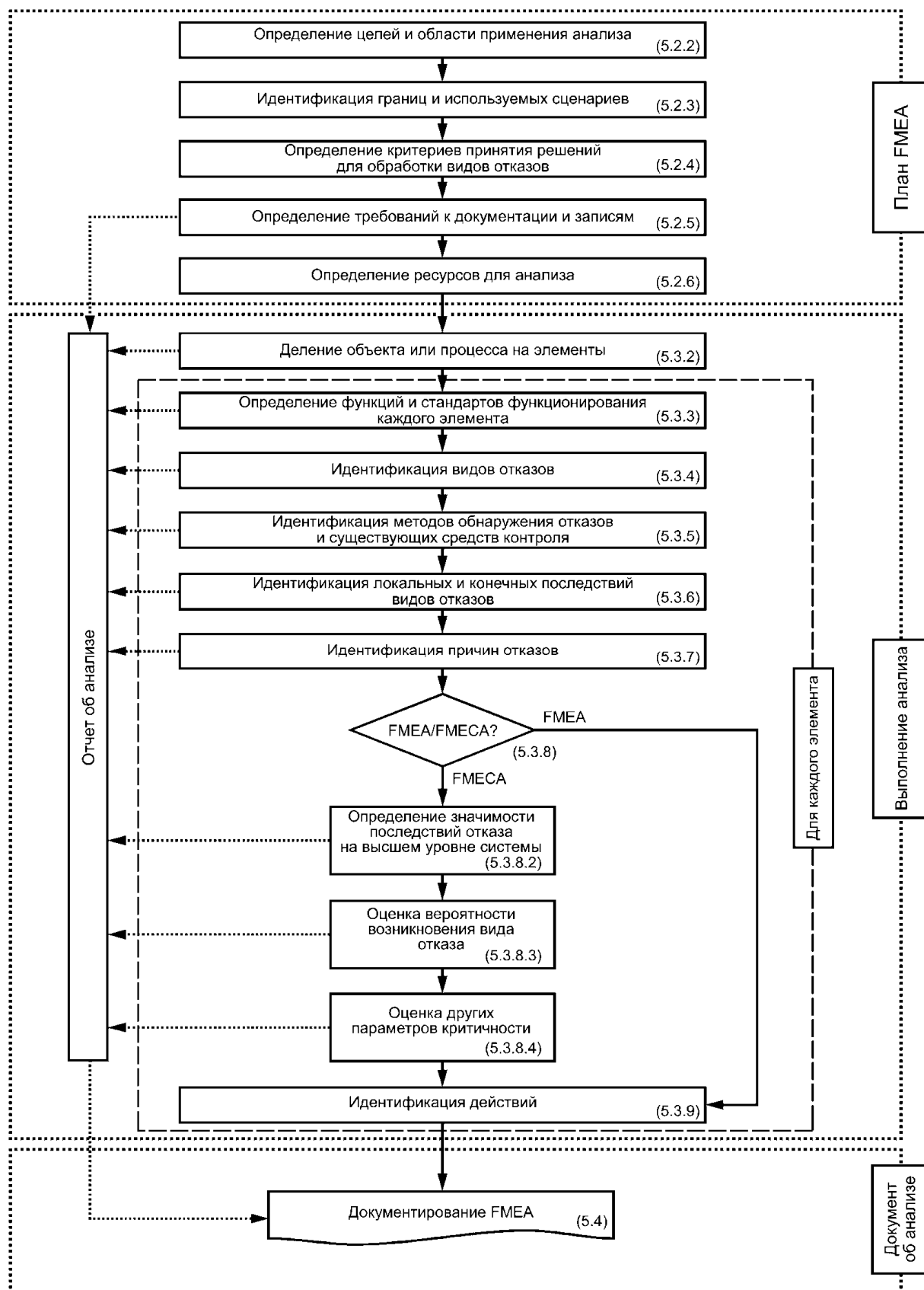


Рисунок 3.2. Блок-схема проведения анализа FMEA (ГОСТ Р 27.303-2021)

Таблица 3.5. Типовая форма для представления результатов анализа по методу FMEA

Дата: _____			№ страницы ..... из .....			
Предприятие: _____			Система: _____			
Ссылки: _____			Составител(ь)и: _____			
Позиция	Наименование	Описание	Вид отказа	Последствия отказа	Меры защиты	Действия

В типовой таблице должны быть отражены следующие позиции (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999).

**1. Маркировка оборудования.** Маркировка должна помогать различать однотипное оборудование (например, двухмоторные вентили), функционально задействованное в рамках одной и той же системы. Номера оборудования или идентификационные номера из системы чертежей, а также на маршрутной технологической карте обычно уже имеются и их применяют для подготовки информации. Маркировка оборудования должна соответствовать той же маркировке, что и на системном чертеже или технологической карте, но можно применять и свою систему обозначений, если она будет понятна участникам анализа и совместима с маркировкой на чертежах, технологических картах или в перечне оборудования.

**2. Описание оборудования.** В описание оборудования должны быть включены: тип оборудования, эксплуатационная конфигурация и другие характеристики для обслуживания (такие как высокая температура, высокое давление, защита от коррозии), которые могут повлиять на вид отказа и последствия.

**3. Виды отказов.** Необходимо перечислить все виды отказов для каждого компонента, который согласуется с описанием оборудования. Рассматривая нормальное эксплуатационное состояние оборудования, необходимо также рассмотреть многофункциональность, которая может изменить обычный эксплуатационный статус оборудования. Например, в перечень видов отказа нормально закрытого вентиля могут быть включены:

- заклинивание вентиля в закрытом положении (если не удастся открыть, когда это требуется);
- вентиль ошибочно приходит в открытое положение;
- внешнее подтекание вентиля;



- внутренняя протечка вентиля;
- трещины на корпусе вентиля.

**4. Последствия.** Для каждого обозначенного отказа необходимо описать как немедленные последствия отказа на месте, так и последующее воздействие отказа на другое оборудование, в том числе на всю систему или технологический процесс. Например, немедленное последствие от протечки прокладки у насоса проявляется в утечке жидкости в зоне установки насоса. Если же жидкость горючая, то она может загореться, так как насос является источником искрообразования. Пламя в свою очередь может повредить рядом установленное оборудование, а также угрожать безопасности обслуживающего персонала в этой зоне. Ключ к выполнению взаимосвязанного анализа по данному методу лежит в обеспечении единообразного базового подхода к оценке отказов.

**5. Меры защиты.** Для каждого обозначенного отказа необходимо описать любые меры защиты или мероприятия, которые связаны с системой и могут снизить частоту или вероятность определенных отказов или смягчить последствия отказа. Например, установка блокировки реактора в случае повышенного давления может снизить вероятность событий, обусловленных повышенным давлением, ведущим к повреждению реактора, в то же время правильно подобранный по размеру выпускной вентиль может смягчить последствия от любого избыточного давления в реакторе.

**6. Действия.** Для каждого обозначенного отказа необходимо перечислить любые предложенные корректирующие действия для снижения частоты или возможных последствий, связанных с отказом. Например, для реактора может быть предложена установка аварийной сигнализации об избыточном давлении. Корректирующие действия могут быть предложены для конкретного компонента оборудования и быть сконцентрированы на причинах или последствиях конкретных отказов или могут быть предложены действия, влияющие на все отказы.

**Другой пример** типовой формы для представления результатов анализа по методу FMEA согласно ГОСТ Р 51901.12-2007 приведен в таблице 3.6.

**Рекомендации по заполнению рабочей таблицы** согласно ГОСТ Р 51901.12-2007 содержатся в последней строке таблицы 3.6.

Таблица 3.6. Типовая форма для представления результатов анализа по методу FMEA согласно ГОСТ Р 51901.12-2007

Конечный объект: Период и режим эксплуатации:		Объект: Пересмотр:						Подготовлен: Дата:			
Объект	Описание объекта и его функций	Вид отказа (неисп- равности)	Код вида отказа (неисп- равности)	Возмож- ные причины отказа (неисп- равно- сти)	Локаль- ные последст- вия отказа (неисправ- ности)	Итоговые послед- ствия отказа (неисп- прав- ности)	Метод обнару- жения отказа	Условия компенсации отказа	Класс тяжести отказа	Частота или ве- роятность появления отказа	Заме- чания
Должны иденти- фицировать тему анализа, содер- жат ссылки на блок-схему или другие приложе- ния, краткое описание объекта и его функции	Опи- сание видов отказа объ- екта	Исполни- вание иденти- фикатора для каждого вида отказа объекта об- легчит под- ведение ито- гов анализа	Наибо- лее ве- роятные при- чины видов отказов	Краткое описание послед- ствий вида отказа	Краткое описа- ние по- след- ствий вида от- каза для объекта в целом <sup>1</sup>	Краткое описа- ние метода обнару- жения вида отказа <sup>2</sup>	Особенности конструкции, которые смягча- ют последствия или сокращают количество отка- зов конкретного вида, например резервирование <sup>3</sup>	Уровень тяжести, установ- ленный аналити- ками	Установ- ленная ча- стота или веро- ятность появления конкрет- ного вида отказа <sup>4</sup>	Наблю- дения и реко- мента- ции	

<sup>1</sup> Для некоторых исследований FMEA желательно оценить последствия отказа на промежуточном уровне. В этом случае последствия указывают в дополнительном столбце «Следующий более высокий уровень сборки».

<sup>2</sup> Метод обнаружения может быть реализован автоматически встроенным тестом, предусмотренным конструкцией, или может требовать применения диагностических процедур с привлечением персонала по эксплуатации и техническому обслуживанию. Важно идентифицировать метод обнаружения видов отказа для обеспечения выполнения корректирующих действий.

<sup>3</sup> Компенсация средствами технического обслуживания или действиями оператора также должна быть здесь указана

<sup>4</sup> Масштаб частоты должен соответствовать ее значению (например, отказы за миллион часов, отказы за пробег в 1000 км и т.д.)

Последний столбец рабочей таблицы должен содержать все необходимые замечания для разъяснения остальных записей. Возможные будущие действия, такие как рекомендации по улучшению конструкции, могут быть зарегистрированы и затем указаны в отчете. Этот столбец может также включать в себя следующее:

- a) любые необычные условия;
- b) последствия отказов резервного элемента;
- c) описание критических свойств проекта;
- d) любые замечания, расширяющие информацию;
- e) ссылки на другие записи для последовательного анализа отказа;
- f) существенные требования к техническому обслуживанию;
- g) доминирующие причины отказов;
- h) доминирующие последствия отказа;
- i) принятые решения, например по анализу проекта, и др.

Таким образом, документирование результатов анализа по методу FMEA представляет собой систематизированный и взаимосвязанный процесс их оформления в табличной форме. При этом, как указывалось выше, форматы представления результатов могут быть различными, но обязательно должны включать описание видов отказов, последствий и рекомендуемых действий.

Еще один пример формата представления результатов приведен в таблице 3.7 по (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999).

**Пример.** Пример, взятый из (ГОСТ Р 51901.12-2007), иллюстрирует применение метода FMEA к системе двигатель-генератор. Цель исследования ограничена только системой и касается последствий отказов элементов, связанных с электропитанием двигателя-генератора или любых других последствий отказов. Это определяет границы анализа. Приводимый пример частично иллюстрирует представление системы в виде блок-схемы. Первоначально выделено пять подсистем (рисунок 3.3), и одна из них – система подогрева, вентиляции и охлаждения – представлена на более низких уровнях структуры по отношению к уровню, на котором было решено начать FMEA (рисунок 3.4). Блок-схемы также показывают систему нумерации, используемую для ссылок в рабочих таблицах FMEA. Для одной из подсистем двигателя-генератора показан пример рабочей таблицы (таблица 3.8), соответствующей рекомендациям ГОСТ Р 51901.12-2007.

Таблица 3.7. Пример результирующей таблицы исследования по методу FMEA для перерабатывающего завода (см.: Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999 и приводимые там ссылки на источники)

Компонент I	Вид отказа II	Влияние на другие компоненты системы III	Влияние на систему в целом IV	Класс тяжести последствий* V	Частота отказа VI	Метод обнаружения VII	Корректирующие действия и предложения VIII
Вентиль регулировки давления	Отказ в работе при открытой задвижке	Повышение нагрузки на регулятор температуры, поступление газа вследствие потери горячей воды	Потеря горячей воды, поступление большого количества холодной воды, большое потребление газа	1	Вполне возможно	Наблюдение за вентилем	Отключение подачи воды, замена вентиля
	Отказ в работе при закрытой задвижке	Влияния нет	Влияния нет	1	Возможно	Проверка вручную	Последствий не несет при автономном отказе
Вентиль подачи газа	Отказ в работе при открытой задвижке	Нагреватель работает. Открывается вентиль	Повышение температуры воды и возрастание	3	Вполне возможно	Вода на выходе из крана очень горячая. Наблюдение	Открыть кран горячей воды для снижения давления.

\* 1 – очень малые последствия; 2 – незначительные последствия; 3 – критические последствия; 4 – катастрофические последствия.

Компонент I	Вид отказа II	Влияние на другие компоненты системы III	Влияние на систему в целом IV	Класс тяжести последствий* V	Частота отказа VI	Метод обнаружения VII	Корректирующие действия и предложения VIII
		регулировки давления	давления. Вода → пар			за открытием вентиля регулировки давления	Перекрыть подачу газа. Компенсация за счет вентиля регулировки давления
Вентиль подачи газа	Отказ в работе при закрытой задвижке	Нагреватель отключается	Система прекращает производить горячую воду	1	Мало-вероятно	Наблюдения за температурой воды на выходе из крана (температура очень низкая)	См. выше
Регулятор температуры	Прибор не реагирует на повышение температуры выше установленного уровня	Вентиль подачи газа и нагреватель работают. Отключается вентиль регулировки давления	Очень высокая температура воды Вода → пар	3	Мало-вероятно	Наблюдения за кранами	Компенсация за счет вентиля регулировки давления. Открыть кран горячей воды для снижения давления. Отключить подачу газа

Компонент I	Вид отказа II	Влияние на другие компоненты системы III	Влияние на систему в целом IV	Класс тяжести последствий* V	Частота отказа VI	Метод обнаружения VII	Корректирующие действия и предложения VIII
	Прибор не реагирует на понижение температуры ниже установленного уровня	Вентиль подачи газа и нагреватель отключены	Очень низкая температура воды	1	Маловероятно		
Газоход	Блокирован	Неполное сгорание в нагревателе	Снижение производительности. Образование токсичных газов	4	Маловероятно	Возможно возникновение характерного запаха продуктов неполного сгорания	Не существует компенсирующего устройства. Полное отключение системы.
Вентили регулировки давления и подачи газа	Отказ в работе при закрытой задвижке	Нагреватель работает, давление нарастает	Регулирующий клапан не способен	4	Вероятно	Проверка клапана регулировки давления.	Открыть кран горячей воды. Отключить

Компонент I	Вид отказа II	Влияние на другие компоненты системы III	Влияние на систему в целом IV	Класс тяжести последствий* V	Частота отказа VI	Метод обнаружения VII	Корректирующие действия и предложения VIII
	Отказ в работе при открытой задвижке		снизить давление. Вода → пар Если давление не может быть установлено на нужный уровень, происходит большое поступление холодной воды, система может быть переполнена		Вполне возможно	Проверка температуры воды на выходе из кранов (слишком высокая температура)	подачу газа. Нужное давление может быть установлено путем подачи холодной воды



Рисунок 3.3. Диаграмма подсистем двигателя-генератора

В заключение данного подраздела отметим, что FMEA чрезвычайно эффективен, если его используют для анализа элементов, которые вызывают отказ системы в целом или нарушение основной функции системы. Однако FMEA может быть трудным и утомительным для сложных систем, имеющих много функций и состоящих из различных наборов компонентов. Эти сложности увеличиваются при наличии многочисленных режимов эксплуатации, разных подходов по техническому обслуживанию и ремонту. Кроме того, в общем случае в методе FMEA каждый вид отказа рассматривают как независимый. Таким образом, эта процедура не вполне подходит для рассмотрения зависимых отказов или отказов, являющихся следствием последовательности нескольких событий. Для анализа таких ситуаций рекомендуется применять другие методы, такие как марковский анализ (см.: ГОСТ Р МЭК 61165-2019) или анализ дерева неисправностей (см.: ГОСТ Р 27.302-2009).



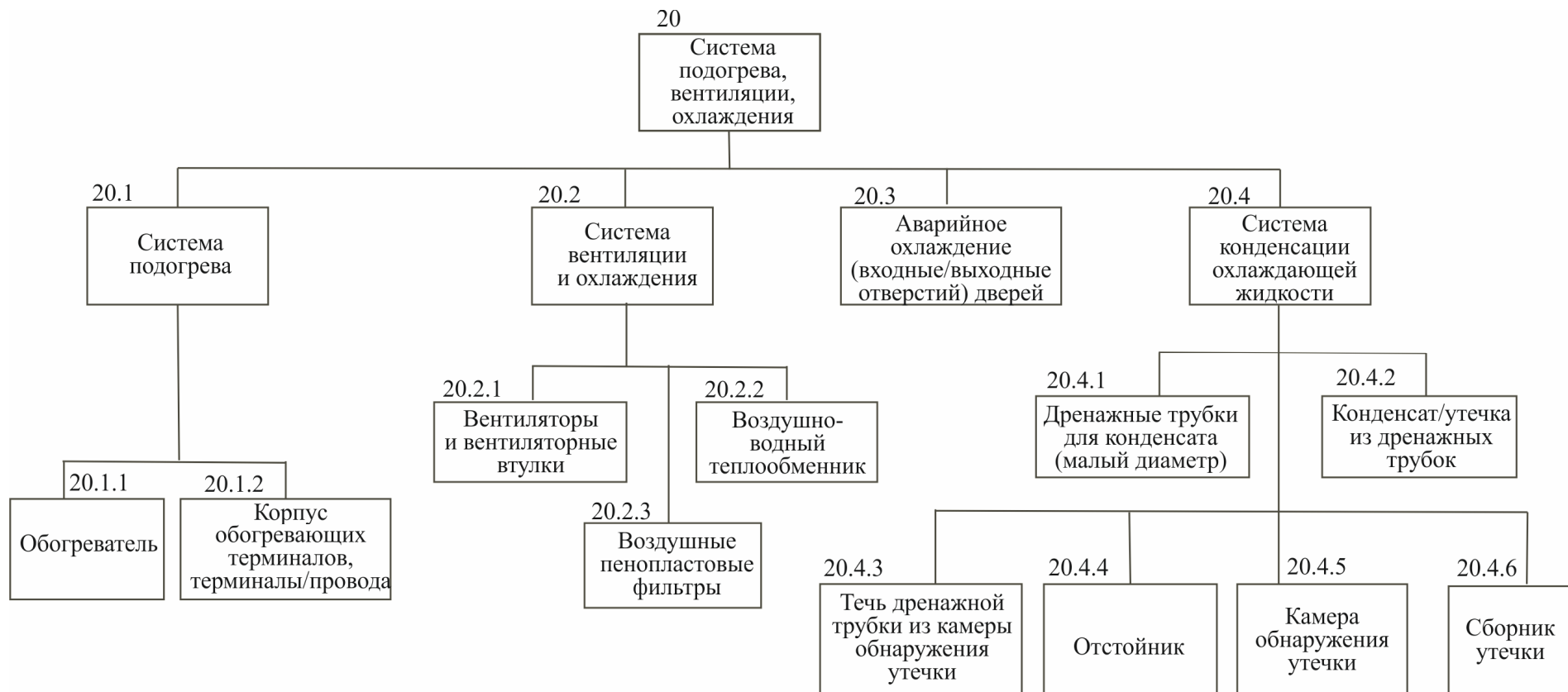


Рисунок 3.4. Диаграмма системы нагрева, вентиляции, охлаждения

Таблица 3.8. Пример рабочей таблицы для одной из подсистем двигателя-генератора, соответствующий рекомендациям ГОСТ Р 51901.12-2007

Система 20 – Система подогрева, вентиляции и охлаждения												
Объект	Компонент	Функция	Вид отказа (неисправности)	Последствия отказа								Замечания
							1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20.1	Система подогрева (от 12 до 8 выключателей на каждом конце) только при неработающем механизме	Все										Примечание – механизм может перегреться, если обогреватели не выключаются автоматически
20.1.1	Обогреватели	Нагрев	а) Перегорание обогревателя	Пониженное нагревание	а) Температура менее чем на 5°C выше температуры окружающей среды	Одно короткое замыкание на землю не должно приводить к отказу системы				1,2		
			б) Короткое замыкание на землю из-за дефекта изоляции	Отсутствие нагревания – возможна конденсация	б) Применение плавкого предохранителя или проверенного выключателя				0,3	Одно короткое замыкание на землю не должно приводить к отказу системы		

Окончание таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20.1.2	Корпус обогревающих терминалов, кабель	Соединение с обогревателями	а) Перегревание терминала или кабеля одного/шести или всех обогревателей	Отсутствие или уменьшение нагрева, конденсация	Температура менее чем на 5°С выше температуры окружающей среды					0,5		
			б) Короткое замыкание на землю терминалов (прослеживание)	Отсутствие всего нагрева – конденсация	Проверенная поставка							
						Итого				2,0		

## Анализ видов, последствий и критичности отказов (FMECA)

Анализ вида и последствий отказа FMEA можно расширить до количественного анализа видов, последствий и критичности отказа (АВПКО) (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis – FMECA). FMECA включает в себя методы ранжирования частоты и тяжести последствий видов отказов. Сочетание тяжести последствий и частоты возникновения отказов является мерой, так называемой «критичностью». Другими словами, в этом случае каждый вид отказа ранжируется с учетом двух составляющих критичности – частоты (или вероятности) и тяжести последствий отказа. Определение параметров критичности необходимо для выработки рекомендаций и позволяет установить приоритетность контрмер в процессе управления рисками.

*Критичность* имеет множество определений и способов измерения, большинству из которых присущ близкий смысл: воздействие или значимость вида отказа, который необходимо устранить или смягчить его последствия.

Можно выделить два основных метода оценки критичности: концепцию приоритетности риска RPN и построение матрицы критичности и/или карты рисков или матрицы принятия решений.

**Концепция приоритетности риска RPN.** Одним из методов количественной оценки критичности является определение значения *приоритетности риска* (Risk Priority Number – RPN). Риск в этом случае оценивают субъективной мерой тяжести последствий и вероятностью возникновения отказа в течение заданного периода времени (используемого для анализа). В некоторых случаях, когда этот способ неприменим, необходимо обратиться к более простой форме качественного анализа FMEA.

В качестве общей меры потенциального риска R в некоторых подходах FMECA используют величину

$$R = S \times P,$$

где S – значение тяжести последствий, т.е. степени влияния отказа на систему или пользователя (безразмерная величина); P – вероятность реализации отказа (безразмерная величина).

В ряде случаев дополнительно выделяют уровень обнаружения отказа для системы в целом, вводя дополнительно параметр, характеризующий возможность обнаружения отказа D (также безразмерная величина), при определении значения приоритетности риска RPN:

$$RPN = S \times O \times D,$$

где  $O$  – вероятность появления отказа для заданного или установленного периода времени (эта величина может быть определена как ранг, а не фактическое значение вероятности появления отказа);  $D$  – характеризует возможность обнаружения отказа и представляет собой оценку шанса идентифицировать и устранить отказ до появления последствий для системы.

Значения  $D$  обычно ранжированы в обратном порядке по отношению к вероятности появления отказа или тяжести отказа. Чем выше значение  $D$ , тем менее вероятно обнаружение отказа. Более низкая вероятность обнаружения соответствует более высокому значению  $RPN$  и более высокой приоритетности вида отказа. Используют различные диапазоны значений для  $S$ ,  $O$  и  $D$ , например от 1 до 4 или 5, или 10. Применяются как дискретные шкалы, так и непрерывные.

**Пример.** Приведем *пример определения рангов для  $S$ ,  $O$  и  $D$*  при определении приоритетности риска  $RPN$  в автомобильной промышленности (ГОСТ Р 51901.12-2007).

В таблице 3.9 воспроизведен пример ранжирования тяжести последствий. Ранг тяжести последствий назначают для каждого вида отказа на основе влияния последствий отказа на систему в целом, ее безопасность, выполнение требований, целей и ограничений, а также на основе вида транспортного средства как системы. Определение ранга тяжести, приведенное в таблице 3.9, считается точным для значений тяжести 6 и выше, определение ранга тяжести от 3 до 5 может быть субъективным и зависит от особенностей задачи.

Таблица 3.9. Пример ранжирования тяжести последствий в автомобильной промышленности

Тяжесть последствий	Критерий	Ранг S
Отсутствует	Нет последствий	1
Очень незначительная	Отделка (шумность) объекта не соответствует требованиям. Дефект замечают требовательные клиенты (менее 25%)	2
Незначительная	Отделка (шумность) объекта не соответствует требованиям. Дефект замечают 50 % клиентов	3

Окончание таблицы 3.9

Тяжесть последствий	Критерий	Ранг S
Очень низкая	Отделка (шумность) объекта не соответствует требованиям. Дефект замечают большинство клиентов (более 75%)	4
Низкая	Транспортное средство работоспособно, но система комфорта/удобства работает на ослабленном уровне, малоэффективна. Клиент испытывает некоторую неудовлетворенность	5
Умеренная	Транспортное средство/узел работоспособны, но система комфорта/удобства неработоспособна. Клиент испытывает дискомфорт	6
Высокая	Транспортное средство/узел работоспособно, но на сниженном уровне эффективности. Клиент очень неудовлетворен	7
Очень высокая	Транспортное средство/узел неработоспособны (потеря основной функции)	8
Опасная с предупреждением об опасности	Очень высокий уровень тяжести последствий, когда потенциальный вид отказа влияет на безопасность работы транспортного средства и/или вызывает несоответствие обязательным требованиям безопасности с предупреждением об опасности	9
Опасная без предупреждения об опасности	Очень высокий уровень тяжести последствий, когда потенциальный вид отказа влияет на безопасность работы транспортного средства и/или вызывает несоответствие обязательным требованиям без предупреждения об опасности	10

В таблице 3.10, заимствованной из ГОСТ Р 51901.12-2007, приведен пример ранжирования отказов в автомобильной промышленности в соответствии с частотой и вероятностью появления.

В таблице 3.10 значение частоты появления отказа – это количество отказов на 1000 транспортных средств в течение заданного интервала времени (гарантийный период, срок службы транспортного средства и др.). Она задает расчетную или оценочную вероятность появления вида отказа за исследуемый период времени.

В таблице 3.11, также заимствованной из ГОСТ Р 51901.12-2007, приведен пример ранжирования вероятности обнаружения отказа, т.е. вероятности того, что с помощью аппаратуры, процедур верификации, предусмотренных проектом, будут обнаружены возможные виды отказов

за время, достаточное для предотвращения отказов на уровне системы в целом. При применении к процессам – это вероятность того, что у серии действий по контролю процесса есть возможность обнаружения и изоляции отказа прежде, чем он повлияет на последующие процессы или на готовую продукцию. В таблице 3.11 воспроизведен один из подходов, используемых в автомобильной промышленности.

Таблица 3.10. Пример ранжирования отказов в автомобильной промышленности в соответствии с частотой и вероятностью появления

Характеристика появления вида отказа	Ранг О	Частота появления отказа	Вероятность
Очень низкая – отказ маловероятен	1	< 0,010 на 1000 транспортных средств/объектов	$\leq 10^{-5}$
Низкая – относительно мало отказов	2	0,1 на 1000 транспортных средств/объектов	$10^{-4}$
	3	0,5 на 1000 транспортных средств/объектов	$5 \cdot 10^{-4}$
Умеренная – отказы возможны	4	1 на 1000 транспортных средств/объектов	$10^{-3}$
	5	2 на 1000 транспортных средств/объектов	$2 \cdot 10^{-3}$
	6	5 на 1000 транспортных средств/объектов	$5 \cdot 10^{-3}$
Высокая – наличие повторных отказов	7	10 на 1000 транспортных средств/объектов	$10^{-2}$
	8	20 на 1000 транспортных средств/объектов	$2 \cdot 10^{-2}$
Очень высокая – отказ почти неизбежен	9	50 на 1000 транспортных средств/объектов	$5 \cdot 10^{-2}$
	10	> 100 на 1000 транспортных средств/объектов	$\geq 10^{-1}$

В таблице 3.12, воспроизведенной из ГОСТ Р 51901.12-2007, приведен в качестве примера небольшой фрагмент результирующей таблицы по проведенному обширному исследованию методом FMECA с вычислением RPN. Фрагмент относится к электропитанию автомобиля и его связи с аккумуляторной батареей.

Таблица 3.11. Пример ранжирования вероятности обнаружения отказа в автомобильной промышленности

Характеристика обнаружения	Критерий – возможность обнаружения вида отказов на основе предусмотренных операций контроля	Ранг D
Практически стопроцентно	Предусмотренный проектом контроль почти всегда обнаруживает потенциальную причину/механизм и следующий вид отказа	1
Очень хорошее	Очень высок шанс, что предусмотренный проектом контроль обнаружит потенциальную причину/механизм и последующий вид отказа	2
Хорошее	Высокий шанс, что предусмотренный проектом контроль обнаружит потенциальную причину/механизм и последующий вид отказа	3
Умеренно хорошее	Умеренно высокий шанс, что предусмотренный проектом контроль обнаружит потенциальную причину/механизм и последующий вид отказа	4
Умеренное	Умеренный шанс, что предусмотренный проектом контроль обнаружит потенциальную причину/механизм и последующий вид отказа	5
Слабое	Низкий шанс, что предусмотренный проектом контроль обнаружит потенциальную причину/механизм и последующий вид отказа	6
Очень слабое	Очень низкий шанс, что предусмотренный проектом контроль обнаружит потенциальную причину/механизм и последующий вид отказа	7
Плохое	Маловероятно, что предусмотренный проектом контроль обнаружит потенциальную причину/механизм и последующий вид отказа	8
Очень плохое	Почти невероятно, что предусмотренный проектом контроль обнаружит потенциальную причину/механизм и последующий вид отказа	9
Практически невозможно	Предусмотренный проектом контроль не может обнаружить потенциальную причину/механизм и последующий вид отказа или контроль не предусмотрен	10



Таблица 3.12. Фрагмент результирующей таблицы по проведенному обширному исследованию методом FMESA для электропитания автомобиля с вычислением RPN (ГОСТ Р 51901.12-2007)

Объект/Функция			Потенциальный вид отказа	Потенциальные последствия отказа		Ранг тяжести	Класс	Потенциальная причина(ы)/ механизм отказа	Точная(ые) причина(ы)/ механизм отказа	Ранг появления	Действия по предотвращению	Действия по обнаружению	Ранг обнаружения	RPN	Рекомендуемое действие	Ответственный и дата выполнения	Результаты действий				
Подсистема	Составная часть	Компонент		Локальные последствия	Итоговые последствия												Предпринятые действия	Ранг	Ранг	Ранг	RPN
Электропитание																					
	V1																				
		D1	Короткое замыкание	Клемма батареи + замыкает на землю	Утечка батареи, поездка невозможна	10		Внутренний дефект компонента	Разрушение материала	3	Выбор компонента более высокого качества и мощности	Оценочные и контрольные испытания на надежность	1	30							
		D1	Разрыв электрической цепи	Нет резервной защиты от обратного напряжения	Незаметные	2		Внутренний дефект компонента	Трещина в сварке или полупроводнике	3	Выбор компонента более высокого качества и мощности	Оценочные и контрольные испытания на надежность	2	12							
		C9	Короткое замыкание	Клемма батареи + замыкает на землю	Утечка батареи, поездка невозможна	10		Внутренний дефект компонента	Разрушение диэлектрика или трещина	3	Выбор компонента более высокого качества и мощности	Оценочные и контрольные испытания на надежность	1	30							
		C9	Разрыв электрической цепи	Нет фильтра электромагнитных помех EMI	Работа объекта не соответствует требованиям	2		Внутренний дефект компонента	Обнажение диэлектрика, утечка, пустота или трещина	2	Выбор компонента более высокого качества и мощности	Оценочные и контрольные испытания на надежность	1	4							
		L1	Разрыв электрической цепи	Нет V1	Объект неработоспособен. Нет предупреждающей индикации	9		Внутренний дефект компонента	Разрушение материала	2	Выбор компонента более высокого качества и мощности	Оценочные и контрольные испытания на надежность	1	18							
		R91	Разрыв электрической цепи	Нет напряжения для включения электрической цепи	Объект неработоспособен. Нет предупреждающей индикации	9		Внутренний дефект компонента	Трещина в сварке или материале	2	Выбор компонента более высокого качества и мощности	Оценочные и контрольные испытания на надежность	1	18							

Значение приоритетности риска RPN можно использовать для установления приоритетов при планировании действий, направленных на уменьшение риска, т.е. ранжируют приоритетности действий, направленных на обеспечение наивысшего уровня безопасности для заказчика (потребителя, клиента). Высокий приоритет назначают для больших значений RPN. При принятии решения о мерах воздействия на риск учитывают значение тяжести видов отказа, подразумевая, что при равных или близких значениях RPN в первую очередь это решение следует применять к видам отказов с более высокими значениями тяжести отказов.

Например, вид отказа с высоким значением тяжести, низкой интенсивностью появления и очень высоким значением обнаружения (например, 10, 3 и 2) может иметь намного более низкий RPN (в приведенном случае 60), чем вид отказа со средними значениями всех перечисленных величин (например, 5 в каждом случае), и соответственно  $RPN = 125$ . Поэтому часто используют дополнительные процедуры для гарантии того, что видам отказов с высоким рангом тяжести (например, 9 или 10) придано первостепенное значение и меры по их устранению приняты в первую очередь. В этом случае для решения следует руководствоваться еще и рангом тяжести, а не только RPN. Во всех случаях для принятия более обоснованного решения необходимо учитывать ранг тяжести наряду с RPN.

Подчеркнем, что концепция RPN имеет следующие недостатки:

- промежутки в диапазонах значений: 88 % диапазонов пусты, только 120 из 1000 значений использованы;
- неоднозначность RPN: несколько комбинаций различных значений параметров приводят к одинаковым значениям RPN;
- чувствительность к небольшим изменениям: малые отклонения одного параметра оказывают большое влияние на результат, если другие параметры имеют большие значения (например,  $9 \times 9 \times 3 = 243$  и  $9 \times 9 \times 4 = 324$ , в то время как  $3 \times 4 \times 3 = 36$  и  $3 \times 4 \times 4 = 48$ );
- неадекватная шкала: таблица появления отказов является нелинейной (например, отношение между двумя последовательными рангами может быть и 2,5, и 2);
- неадекватный масштаб RPN: разница в значениях для RPN может казаться незначительной, в то время как фактически является весьма существенной. Например, значения  $S = 6$ ,  $O = 4$ ,  $D = 2$  дают  $RPN = 48$ , а значения  $S = 6$ ,  $O = 5$  и  $D = 2$  дают  $RPN = 60$ . Второе значение RPN

не вдвое больше, в то время как фактически для  $O = 5$  вероятность появления отказа вдвое больше, чем для  $O = 4$ . Поэтому исходные значения для RPN не следует сравнивать линейно;

- ошибочные выводы на основе сравнения RPN, поскольку шкалы являются порядковыми, а не относительными.

Поэтому анализ результатов, получаемых с использованием концепции RPN требует осторожности и внимания. Правильное применение метода требует анализа значений тяжести, появления и обнаружения до формирования заключения и проведения корректирующих мер.

### **Матрицы критичности/риска**

Прежде всего следует отметить, что в литературе встречаются различные терминологические обозначения, по существу, одного и того же подхода. Суть подхода заключается в построении матрицы в координатах «частота (вероятность) отказа – тяжесть последствий» с последующим расположением на ней видов отказа. Это позволяет определять критичность отказов и, в конечном итоге сравнивать риски, устанавливать приоритеты управления рисками и помогает выработке решений по воздействию на риск. Поэтому подобные матрицы называют матрицами критичности, матрицами риска, матрицами принятия решений и при нанесении на них конкретных видов отказов – картами риска.

В соответствии с FMECA каждое идентифицированное последствие отказа относят к соответствующему классу тяжести. Частоту появления событий вычисляют на основе данных об отказах или оценивают экспертно для исследуемой составной части. Класс тяжести последствий и частота или вероятность появления события вместе составляют величину или класс критичности. Критичность может быть представлена в виде матрицы критичности, как иллюстративно показано на рисунке 3.5.

В матрице критичности, представленной на рисунке 3.5, предполагается, что тяжесть последствий увеличивается с увеличением ее значения. В этом случае IV соответствует наивысшей тяжести последствий (гибель человека и/или потеря функции системы, травмы людей). Кроме этого, предполагается, что на оси ординат вероятность появления вида отказа возрастает снизу вверх.

Часто при составлении матрицы критичности применяют следующую шкалу для вероятности:

- 1 или E: практически невероятный отказ, вероятность его появления изменяется в интервале:  $0 \leq P_i < 0,001$ ;

- 2 или D: редкий отказ, вероятность его появления изменяется в интервале:  $0,001 \leq P_i < 0,01$ ;
- 3 или C: возможный отказ, вероятность его появления изменяется в интервале:  $0,01 \leq P_i < 0,1$ ;
- 4 или B: вероятный отказ, вероятность его появления изменяется в интервале:  $0,1 \leq P_i < 0,2$ ;
- 5 или A: частый отказ, вероятность его появления изменяется в интервале:  $0,2 \leq P_i < 1$ .

Вероятность появления				
5 (A)				Высокий риск
4 (B)		Вид отказа 1		
3 (C)				
2 (D)			Вид отказа 2	
1 (E)	Низкий риск			
	I	II	III	IV

Рисунок 3.5. Иллюстрация матрицы критичности (ГОСТ Р 51901.12-2007)

В примере, приведенном на рисунке 3.5, вид отказа 1 имеет более высокую вероятность появления, чем вид отказа 2, который имеет более высокую тяжесть последствий. Решение о том, какому виду отказа соответствует более высокий приоритет, зависит от вида шкалы, классов тяжести и частоты и используемых принципов ранжирования.

Следует иметь в виду, что не существует универсального введения матрицы критичности/риска. Определения могут существенно различаться для различных задач.

Ростехнадзором (подобно крупным нефтяным компаниям, таким как Exxon или Shell) рекомендуется (таблица 3.13) применять систему классификации критичности событий по критериям «вероятности-тяжести последствий», конкретизируя ее для каждого объекта с учетом его специфики (Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах (ОПО)», утвержденное приказом Ростехнадзора от 11.04.2016).

Таблица 3.13. Матрица «частота-тяжесть последствий»

Частота возникновения событий, год <sup>-1</sup>	Частота возникновения отказа в год	Тяжесть последствий отказа			
		Катастрофического	Критического	Некритического	С пренебрежимо малыми последствиями
Частое событие	>1	A	A	A	C
Вероятное событие	1–10 <sup>-2</sup>	A	A	B	C
Возможное событие	10 <sup>-2</sup> – 10 <sup>-4</sup>	A	B	B	C
Редкое событие	10 <sup>-4</sup> – 10 <sup>-6</sup>	A	B	C	D
Практически невероятное событие	<10 <sup>-6</sup>	B	C	C	D

Выделяются четыре группы объектов риска, которым может быть нанесен ущерб от наступления события: персонал, население, имущество (оборудование, сооружения, здания, продукция и т.п.), окружающая среда.

Возможны, например, такие варианты тяжести последствий отказов:

- катастрофический отказ – приводит к смерти людей, существенному ущербу имуществу, наносит невосполнимый ущерб окружающей среде;
- критический / некритический отказ – угрожает / не угрожает жизни людей, приводит (не приводит) к существенному ущербу имуществу, окружающей среде;
- отказ с пренебрежимо малыми последствиями – отказ, не относящийся по своим последствиям ни к одной из первых трех категорий.

Категории (критичность) событий для принятия решений:

**A** – обязателен количественный анализ риска и/или требуются *особые* меры обеспечения безопасности;

**B** – желателен количественный анализ риска и/или требуется принятие *определенных* мер безопасности;

С – рекомендуется проведение качественного анализа опасностей или принятие *некоторых* мер безопасности;

Д – анализ и принятие специальных (дополнительных) мер безопасности *не требуется*.

Систему классификации отказов по критериям частоты (вероятности) – тяжести последствий согласно Руководству по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах (ОПО)», утвержденному приказом Ростехнадзора от 11.04.2016, следует конкретизировать для каждого объекта или технического устройства с учетом его специфики.

Отметим, что в данном случае частота измеряется количественно, тяжесть последствий – качественно. Если же удастся градуировать последствия количественно, то тогда матрицу можно охарактеризовать как матрицу принятия решений.

В качестве **примера** приведем следующую матрицу для принятия решений «частота-тяжесть последствий (размер ущерба)» (таблица 3.14), в которой распределение размера ущерба по уровням критичности произведено экспертно исходя из опыта проведения анализа риска зарубежных предприятий нефтегазового комплекса. На матрице принятия решений (см. таблицу 3.14) выделена красным цветом область жесткого регулирования риска, желто-зеленым цветом – область экономического регулирования и контроля риска, зеленым – область пренебрежимого риска с отсутствием необходимости регулирования риска.

Отметим, что в таблице 3.14 усилен критерий принятия решений для «частых событий с пренебрежимо малыми последствиями» (категория С по классификации Ростехнадзора соответствующей ячейки таблицы 3.14 заменена на В), как это принято в международной практике анализа риска.

В таблице 3.14 под пренебрежимо малым понимается ущерб имуществу в размере до 10 тыс. долл. США, за границу катастрофического ущерба принята величина 100 млн долл. США, поскольку на практике часто к катастрофическим относят события с ущербом более 100 млн долл. США. Разбиение шкалы частот оставлено таким, как предложено в Руководстве по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах (ОПО)», утвержденном приказом Ростехнадзора от 11.04.2016.

Таблица 3.14. Матрица принятия решений «Частота-тяжесть последствий (размер ущерба)» для объектов нефтегазового комплекса

Частота возникновения события, 1 / год		Размер ущерба (Тяжесть последствий)			
		катастрофические более 100 млн долл. США	критические 1–100 млн долл. США	некритические 10–1000 тыс. долл. США	пренебрежимо малые до 10 тыс. долл. США
Частое событие	> 1	А	А	А	В
Вероятное событие	$1 - 10^{-2}$	А	А	В	С
Возможное событие	$10^{-2} - 10^{-4}$	А	В	В	С
Редкое событие	$10^{-4} - 10^{-6}$	А	В	С	Д
Практически невероятное событие	$< 10^{-6}$	В	С	С	Д

Отметим, что *задание количественного диапазона областей критичности по ущербу есть вопрос управленческого компромисса*. Приведенный пример – условный, поскольку реальная статистика по частоте и распределению величины ущерба для реальных объектов может изменить представленные пределы критичности по ущербу имуществу.

Наконец, если на матрице риска или матрице принятия решений расположить конкретные события, отказы или виды отказов, тогда она превращается в карту рисков. Построение карты рисков будет далее рассмотрено отдельно.

В заключение данного раздела подчеркнем, что сочетание частоты и тяжести последствий характеризует риск, но он отличается от обычно применяемых показателей риска в рамках количественного вероятностного анализа меньшей строгостью и требует меньше усилий для оценки. FMESA позволяет провести относительное ранжирование вкладов в совокупный риск и для несложных технических систем или систем с низким риском FMESA может быть экономически более эффективным и подходящим методом по сравнению с количественными методами вероятностного анализа риска (Probabilistic Risk Analysis – PRA), которые

применяются в отношении сложных или высокорисковых технических систем. По этой причине FMECA не должен использоваться как единственный метод принятия решения о приемлемости риска для системы с высоким риском или высокой сложностью, даже если оценка частоты и тяжести последствий основана на заслуживающих доверие данных. Это должно быть задачей вероятностного анализа риска, где учитывается больше влияющих факторов, параметров, их взаимодействий (например, время выдержки, вероятность предотвращения последствий, скрытые отказы механизмов обнаружения отказов и др.).

### **Анализ опасности и работоспособности (HAZOP)**

HAZOP – это сокращение английских слов «HAZard» и «Operability», что в переводе означает дословно «опасность (угроза)» и «работоспособность (оборудования и технологий)». Методология исследований HAZOP была разработана в 60-х годах прошлого столетия Имперским химическим трестом (ICI – Imperial Chemical Industries) в Великобритании.

В методе АОР – «Анализ опасности и работоспособности» (Hazard and operability study – HAZOP) (Химмельблау, 1983; Reliability, 1991; Services, 1990) исследуется влияние отклонений технологических параметров (температуры, давления и пр.) от регламентных режимов с точки зрения возможности возникновения опасности. Процедура применения данного метода заключается в получении ответов на вопросы: «Что может произойти в системе при изменении ее параметров, чем это изменение может быть вызвано и как противодействовать его влиянию?».

Данный метод основан на том, что развивающиеся или уже существующие неполадки проявляются в той или иной мере в отклонениях переменных процесса от обычно наблюдаемого уровня. Применение метода начинается с исследования структуры системы и протекающих в ней процессов, а также с анализа каждого возможного отклонения переменных от нормального значения; затем выявляются возможные причины и следствия этих отклонений. Результаты исследований для каждого из параметров процесса заносятся в специальные таблицы (Теряев, Бурдаков, Елохин и др., 1992).

АОР по сложности и качеству результатов соответствует уровню АВПО, АВПКО.



При возникновении необходимости проведения исследований HAZOP существует возможность выбора из двух подходов – исследования HAZOP производственного оборудования или исследования HAZOP производственных процессов, т.е. анализ т.н. диаграмм P&ID (Process and Instrumentation Diagrams) – распределения ресурсов и оборудования по процессу производства (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999).

Если исследование HAZOP нацелено на изучение производственных процессов, оборудования и его функционирования, основой исследований должны стать схемы и чертежи производственного процесса. Выявленные отклонения и их последствия должны указывать те области, где были допущены ошибки при проектировании или технические неисправности на каком-либо участке. Если исследование HAZOP нацелено на изучение оборудования в части использования его персоналом, основой проведения этих исследований должны стать производственные действия персонала. Исследования в данной области позволяют выявить возможность возникновения неправильных действий при осуществлении каких-либо технологических процессов (рисунок 3.6).

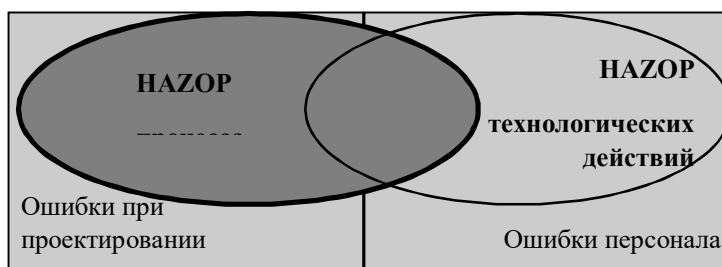


Рисунок 3.6. HAZOP технологического процесса и технологических действий

Исследования HAZOP проводятся группой, как правило, состоящей из 5–10 человек, в которую входят представители проектных, производственных, эксплуатационных структур и организаций, занимающихся вопросами промышленной безопасности. Подготовке и проведению совещаний группы HAZOP в (ГОСТ Р 27.012-2019 (МЭК 61882:2016)) уделено достаточно много внимания.

На совещаниях группы HAZOP выполняются исследования HAZOP. Для того чтобы группа HAZOP работала эффективно, необходимо снабдить ее хорошим рабочим базисом, правильным и подробным описанием производственного объекта и технологических процессов

и действий. Важно понимать, что в ходе исследований HAZOP невозможно выявить все имеющиеся отклонения и ошибки, которые могут послужить причиной возникновения аварийной ситуации на предприятии. Результат исследований будет зависеть от профессионализма и способности участников совещания представлять потенциальные отклонения. Группа HAZOP исследует каждый элемент (и характеристику, где это уместно) для выявления такого отклонения от целей проекта, которое может вести к нежелательным последствиям.

При изучении каждого параметра производственного процесса в методе HAZOP предпринимаются четыре важных шага (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999):

- оцениваются различные отклонения в производственном процессе и возможные последствия этих отклонений;
- при выявлении нежелательных последствий изучаются причины отклонений, приводящих к этим нежелательным последствиям;
- предлагаются мероприятия по повышению безопасности на объекте, определяется их целесообразность и эффективность при предотвращении или смягчении последствий;
- оцениваются проектные решения на предмет их приемлемости или необходимости проводить дальнейшие исследования, проверять оборудование, устанавливать дополнительное оборудование или производить изменения существующего регламента технологического процесса.

Диаграмма R&ID распределения ресурсов и оборудования по процессу производства может служить основой при делении производственного объекта на участки. Пример R&ID диаграммы процесса разгрузки жидкого хлора из железнодорожной цистерны приведен на рисунке 3.7 по (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999).

При этом должны приниматься во внимание следующие факторы:

- задачи и функции участка;
- перечень технологического оборудования на участке;
- используемые вещества;
- число фаз производства;
- виды последствий, выделенные для рассмотрения.

Если целью исследования HAZOP является выявление возможных аварий, которые могут нанести ущерб вне территории предприятия, объект, как правило, делится на более крупные участки, по сравнению с

ситуацией, когда рассматриваются нежелательные последствия внутри предприятия.

Перед началом проведения исследований HAZOP необходимо решить, на какие типы последствий будет обращать внимание. Если этого не сделать, совещания HAZOP могут продлиться дольше ожидаемого.

Можно выделять, например, следующие типы последствий:

- пострадавшие вне зоны предприятия;
- пострадавшие сотрудники предприятия;
- последствия для окружающей среды;
- материальный ущерб;
- уменьшение производительности;
- воздействие на близлежащие предприятия и др.

Под нежелательными последствиями, например, могут пониматься следующие:

- один или более смертельных исходов среди персонала;
- пять или более травмированных сотрудников;
- один или более пострадавших вне предприятия;
- эвакуация персонала за пределы предприятия;
- потеря более 1 млн рублей;
- загрязнение продукции или территории;
- материальный ущерб, причиняемый близлежащим объектам, и др.

В случае если четко определены нежелательные подлежащие изучению последствия, время на проведение исследования оптимизируется. Если в анализ HAZOP включается выявление потенциальных срывов технологического процесса, включая неопасные происшествия, исследования HAZOP могут оказаться занимающими много времени.

Существует несколько основных правил разделения производства на участки:

- любой основной компонент технологического процесса должен составлять один участок;
- для каждого входа и выхода между основными компонентами технологического процесса необходимо создать новый участок;
- для каждого ответвления производственной линии должны быть предусмотрены дополнительные участки.

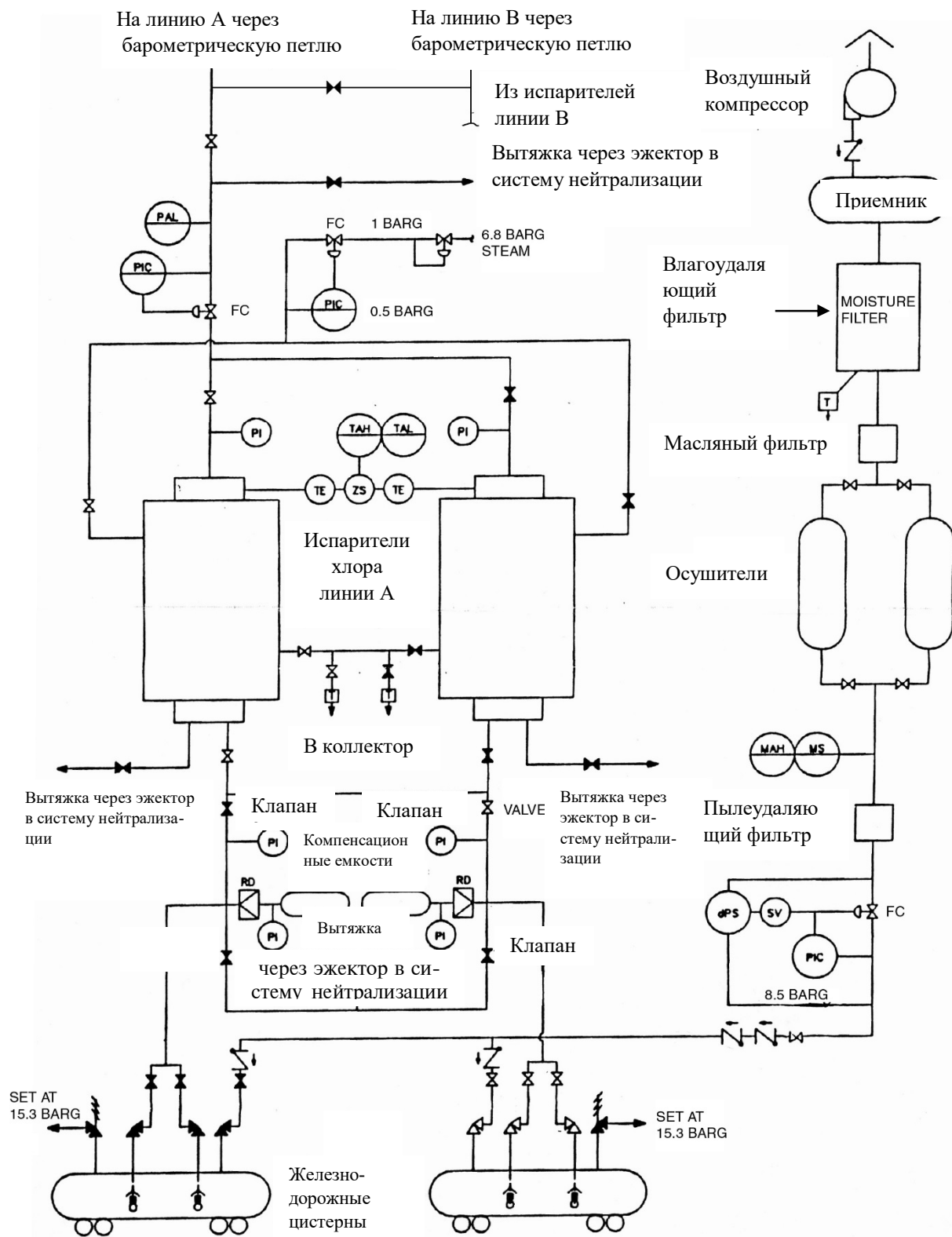


Рисунок 3.7. Пример диаграммы P&D процесса разгрузки жидкого хлора из железнодорожной цистерны (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999)

Основными компонентами технологического процесса могут быть реакторы, колонны, технологические емкости, контейнеры, насосы, компрессоры, фильтры, теплообменники и т.д.

Опытный руководитель HAZOP может сократить количество участков с тем, чтобы избежать повторного анализа одних и тех же проблем. Например, насосы, обогреватели и теплообменники могут быть включены в один участок с трубами, подключенными к оборудованию.

Участки рассматриваются согласно последовательности технологических операций. Главный технологический маршрут исследуется в первую очередь. В процессе исследований при переходе от одного участка к другому необходимо постоянно помнить о возможных воздействиях отклонений, выявленных в начале и в конце технологического процесса.

Каждый участок характеризуется параметром процесса и набором ключевых слов. Параметры процесса включают в себя давление, температуру, концентрацию и т.д. Каждый параметр процесса может иметь отклонения от заданных позиций. Отклонения определяются *ключевыми словами*.

При характеристике отклонения используются ключевые слова «нет», «больше», «меньше», «также как», «другой», «иначе чем», «обратный» и т.п. Применение ключевых слов помогает исполнителям выявить все возможные отклонения. Конкретное сочетание этих слов с технологическими параметрами определяется спецификой производства. Примерное содержание ключевых слов следующее:

«НЕТ» – отсутствие прямой подачи вещества, когда она должна быть;

«БОЛЬШЕ (МЕНЬШЕ)» – увеличение (уменьшение) значений режимных переменных по сравнению с заданными параметрами (температуры, давления, расхода);

«ТАКЖЕ КАК» – появление дополнительных компонентов (воздух, вода, примеси);

«ДРУГОЙ» – состояние, отличающееся от обычной работы (пуск, остановка, повышение производительности и т.д.);

«ИНАЧЕ ЧЕМ» – полное изменение процесса, непредвиденное событие, разрушение, разгерметизация оборудования;

«ОБРАТНЫЙ» – логическая противоположность замыслу, появление обратного потока вещества.

В таблице 3.15 представлены комбинации некоторых наиболее часто встречаемых производственных параметров и ключевых слов согласно (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999).

Таблица 3.15. Параметры процесса, ключевые слова, отклонения

Параметры процесса	Ключевые слова						
	Нет	Низкий	Высокий	Часть	Дополнительно	Другой	Обратное
1	2	3	4	5	6	7	8
Подача/расход	Нет подачи	Низкая подача	Высокая подача	Недостающий ингредиент	Включения	Ошибочный выбор вещества	Противоток
Уровень	Пусто	Низкий уровень	Высокий уровень	Низкий поверхностный уровень	Высокий поверхностный уровень	—	—
Давление	Атмосферное давление	Низкое давление	Высокое давление	—	—	—	Вакуум
Температура	—	Низкая температура Замораживание	Высокая температура	—	—	—	Самоохлаждение
Перемешивание	Нет перемешивания	Недостаточное перемешивание	Интенсивное перемешивание	Нестабильное перемешивание	Образование пены	—	Разделение фаз

### Окончание таблицы 3.15

1	2	3	4	5	6	7	8
Реакция	Нет реакции	Медленная реакция	Бурная реакция	Незавершенная реакция	Побочная реакция	Ошибочная реакция	Разложение
Другое	Ухудшение состояния сооружений	Незначительный выброс/ сброс	Разрыв	–	–	Техобслуживание при запуске, отключении	–

Например, если ключевое слово «высокий» применяется к параметру «температура», отклонению может быть дана характеристика «высокая температура»:

Параметр процесса + Ключевое слово = Отклонение

В данном случае «высокая температура» – это не точное определение, оно означает, что существующая температура выше температуры, заданной при проектировании объекта. Когда исследования HAZOP проводятся с целью изучения осложнений в технологическом процессе, можно также рассмотреть отклонения от нормального эксплуатационного режима.

Ключевые слова могут употребляться в самом широком значении, например ключевые слова «низкий (-ая, -ое)» или «высокий (-ая, -ое)» означают краткий или длительный при употреблении с ключевым словом, обозначающим время.

В таблице 3.15 представлен далеко не полный перечень отклонений. Также могут быть рассмотрены такие параметры процесса, как концентрация, рН, вязкость и т.д. Данные, приведенные в таблице 3.15, иллюстрируют главным образом то, что существует большое количество отклонений. В данном случае очень важно, чтобы руководитель группы HAZOP имел возможность выбора необходимых параметров процесса и ключевых слов. Как правило, руководитель группы HAZOP решает, какие ключевые слова использовать в процессе исследований.

Отметим, что в (ГОСТ Р 27.012-2019 (МЭК 61882:2016)) вместо «ключевые слова» употребляется термин «управляющие слова». Основные управляющие слова и их значения приведены в таблице 3.16,

дополнительные управляющие слова приведены в таблице 3.17. Дополнительные управляющие слова могут использоваться для облегчения идентификации отклонений.

Таблица 3.16. Основные управляющие слова и их значения

Управляющее слово	Значение
НЕ или НЕТ	Полное отрицание целей проекта
БОЛЬШЕ	Увеличение количества
МЕНЬШЕ	Уменьшение количества
ТАК ЖЕ, КАК	Качественное изменение/увеличение
ЧАСТЬ	Качественное изменение/уменьшение
ЗАМЕНА	Логическая противоположность целям проекта
ДРУГОЙ, ЧЕМ	Полная замена

Таблица 3.17. Дополнительные управляющие слова

Управляющее слово	Значение
РАНО	Относится ко времени
ПОЗДНО	Относится ко времени
ПРЕЖДЕ	Относится к порядку или последовательности
ПОСЛЕ	Относится к порядку или последовательности

Некоторые примеры различных типов отклонений и соответствующих управляющих слов приведены в таблице 3.18 согласно (ГОСТ Р 27.012-2019 (МЭК 61882:2016)).

Таблица 3.18. Примеры отклонений и соответствующих управляющих слов

Тип отклонения	Управляющее слово	Пример для промышленного процесса	Пример для программируемой электронной системы
Отрицательный	Нет	Цель не достигнута даже частично, например нет потока	Данные или сигналы управления не проходят
Количественные изменения	Больше	Количественное увеличение, например более высокая температура	Данные передаются с более высокой скоростью, чем требуется
	Меньше	Количественное уменьшение, например снижение температуры	Данные передаются с более низкой скоростью, чем требуется



Окончание таблицы 3.18

Тип отклонения	Управляющее слово	Пример для промышленного процесса	Пример для программируемой электронной системы
Качественные изменения	Так же, как	Выполнение другой операции/ шага	Присутствует дополнительный или ошибочный сигнал
	Часть	Достигнута часть цели, например, только часть предназначенной жидкости переместилась	Данные или сигналы управления неполны
Замена	Перемена	Имеется обратный поток в каналах и обратные химические реакции	Неуместные сигналы или данные
	Другой, чем	Результат не соответствует первоначальной цели, например, применен другой; материал	Данные или сигналы управления неверные
Время	Рано	Функция выполняется раньше, чем нужно, например охлаждение или фильтрация	Сигналы поступают слишком рано
	Поздно	Функция выполняется позднее, чем нужно, например охлаждение или фильтрация	Сигналы поступают слишком поздно
Порядок или последовательность	Прежде, чем	Функция выполняется слишком рано в последовательности действий, например, смешивание или нагревание	Сигналы поступают раньше, чем требуется
	После	Функция выполняется слишком поздно в последовательности, например смешивание или нагревание	Сигналы поступают позже, чем требуется

Метод идентификации опасностей HAZOP основан на поэтапной проверке процесса. Алгоритм анализа должен соответствовать технологическому маршруту или последовательности, обусловленной темой анализа, от входов к выходам. Как отмечается в (ГОСТ Р 27.012-2019 (МЭК 61882:2016)), имеются две возможные последовательности проведения

анализа: «сначала элемент» и «сначала управляющее слово», как показано на рисунках 3.8 и 3.9 соответственно.

На рисунке 3.10 приведен другой пример рекомендуемой согласно (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999) схемы алгоритма исследовательского процесса HAZOP.

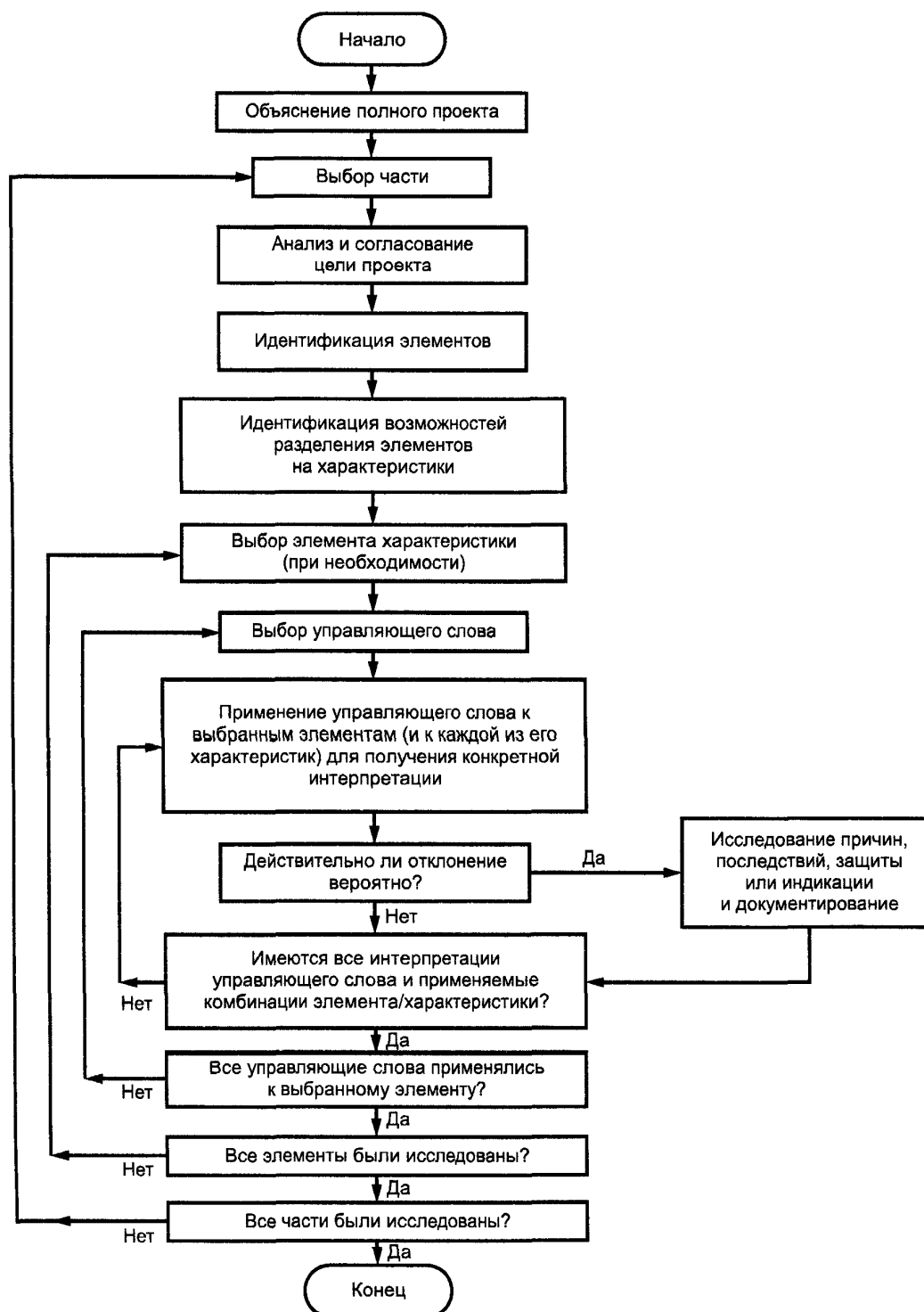


Рисунок 3.8. Последовательность процедур анализа HAZOP по типу «сначала элемент».

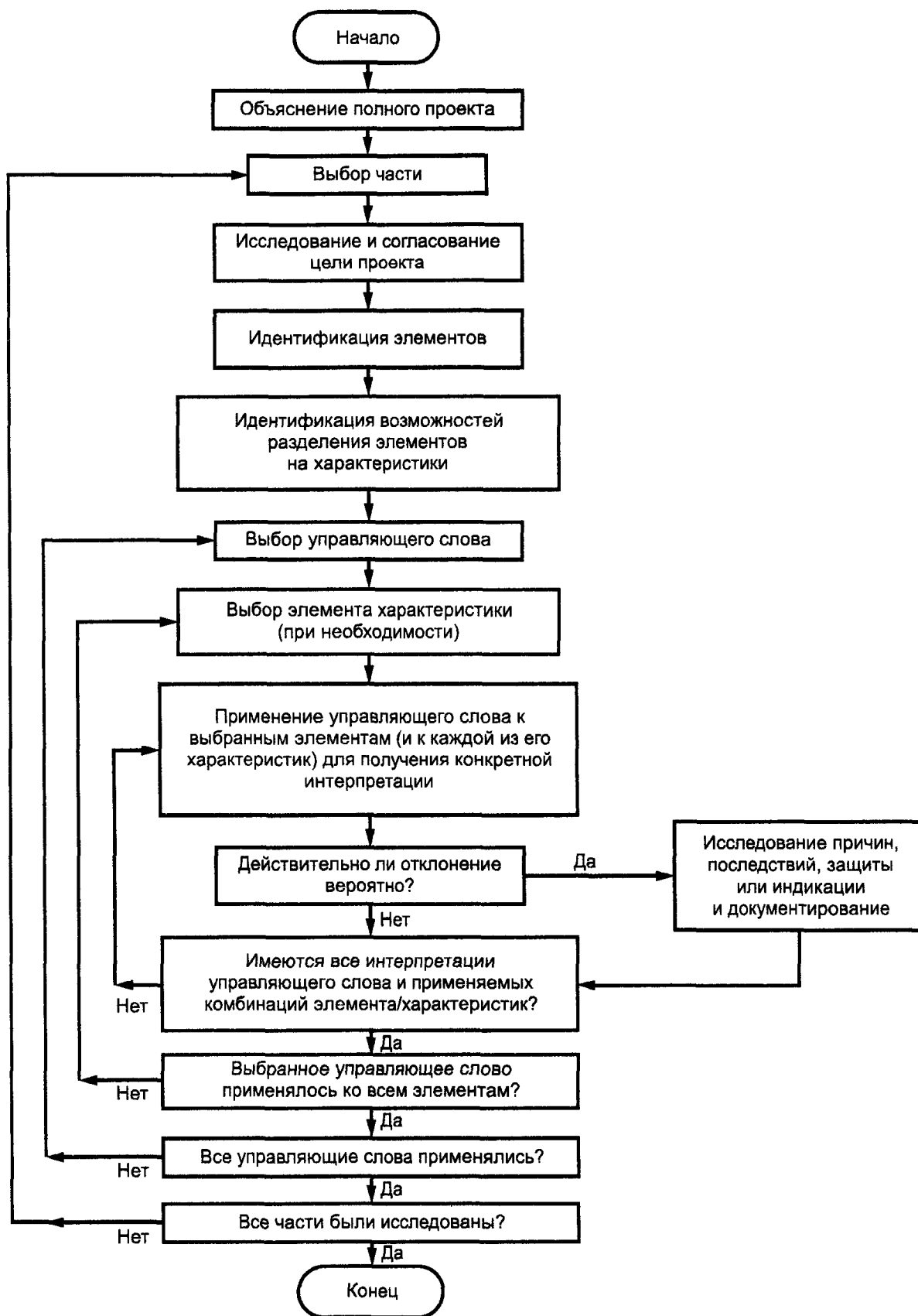


Рисунок 3.9. Последовательность процедур анализа HAZOP по типу «сначала управляющее слово»

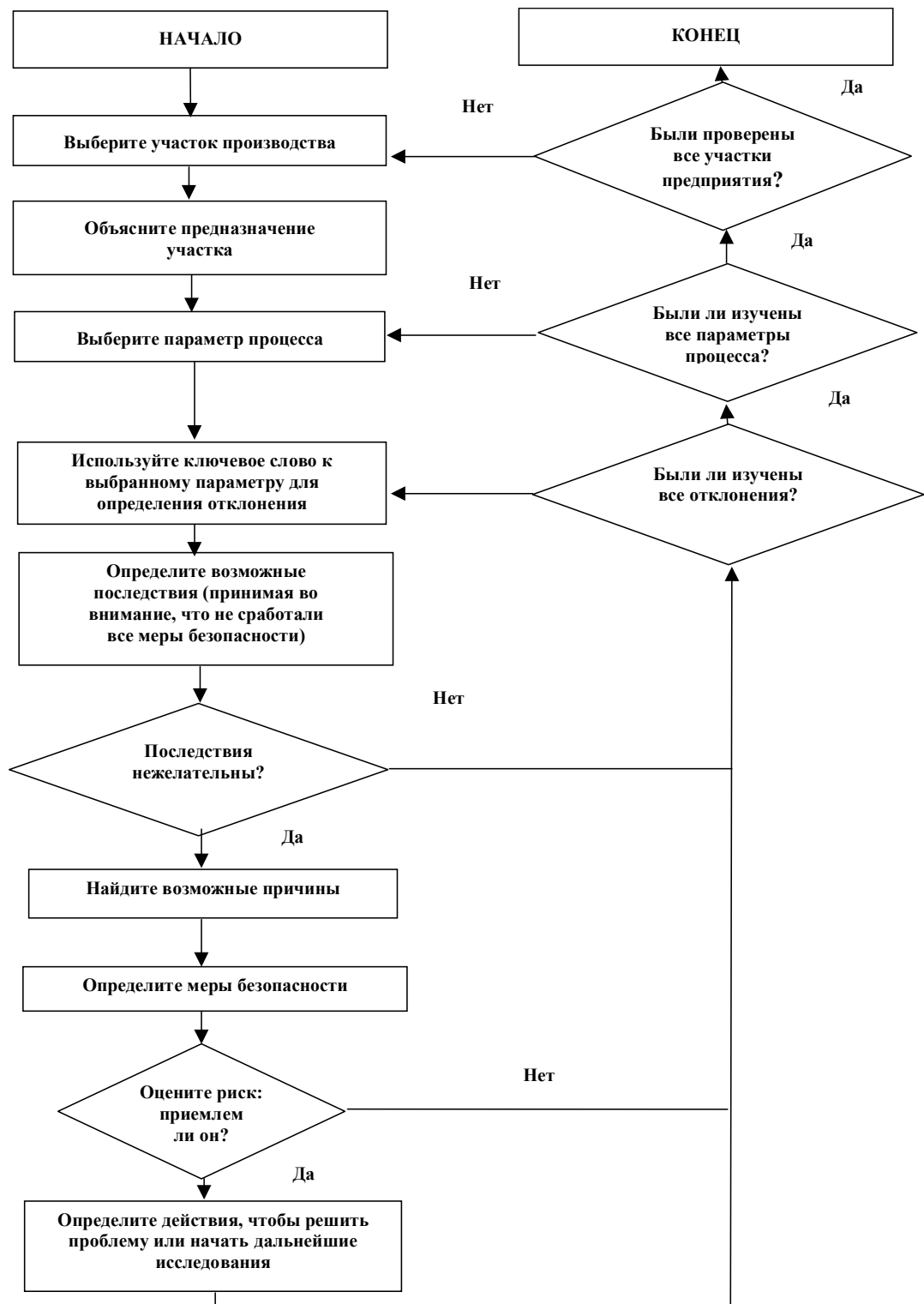


Рисунок 3.10. Схема исследовательского процесса HAZOP согласно (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999)

Основным достоинством исследования HAZOP является то, что он представляет собой систематический, упорядоченный и *документированный* подход. Для записи результатов исследования и последующих действий должна быть разработана или принята рабочая таблица.

Существует два основных вида регистрации HAZOP: полный и частичный. Полная регистрация заключается в записи всех результатов применения каждого ключевого/управляющего слова к каждой части или элементу в описании проекта. Этот способ регистрации используют в случае, если необходимо, чтобы исследование было полным и удовлетворяло наиболее строгим требованиям. Частичная регистрация заключается в записи только идентифицированных опасностей, проблем работоспособности и последующих действий. Частичная регистрация позволяет формировать более управляемую документацию. Однако эти документы не отражают всех деталей исследования. Частичная регистрация может привести к повторению исследований в будущем. Поэтому частичная регистрация удовлетворяет минимальным требованиям и должна использоваться с осторожностью.

Независимо от принятого варианта регистрации рабочая таблица должна содержать необходимые сведения и удовлетворять требованиям исследования.

Схема рабочей таблицы зависит от того, является ли она частью компьютеризированной документации или заполняется вручную.

Форма, заполняемая вручную, обычно состоит из заголовка и столбцов.

Заголовок в общем случае содержит следующую информацию: проект, объект исследования, цели проекта, исследуемая часть системы, список членов группы, исследуемый рисунок или документ, дата, номера страниц и т.д.

Заголовки столбцов для таблиц, заполняемых *в процессе исследования*, могут быть следующими:

- номер по порядку;
- элемент;
- ключевое/управляющее слово;
- отклонение;
- причина;
- последствия;
- требуемое действие.

Может быть зарегистрирована также дополнительная информация, например обеспечение безопасности, серьезность последствий, комментарии и ранжирование риска.

Пример фрагмента рабочей таблицы по (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999) приведен в таблице 3.19.

Еще один пример фрагмента возможных выводов исследования HAZOP воспроизведен в таблице 3.20 по (ГОСТ Р 27.012-2019). Пример относится к процессу производства, в котором вещества *A* и *B* непрерывно перемещаются при помощи насоса из соответствующих резервуаров в реактор для соединения и формирования продукта *C* (рисунок 3.11).

При полном описании проекта схема (см. рисунок 3.11) должна была бы включать много не приводимых на ней деталей (воздействие давления, температуры, колебаний, время реакции, совместимость насосов и т.д.). Исследуемая часть процесса – непрерывное перемещение вещества *A* из резервуара в реактор с более высокой скоростью перемещения, чем скорость перемещения вещества *B*. При составлении рабочей таблицы (таблица 3.20) использован частичный способ регистрации и зафиксированы только значащие отклонения. После исследования этой части системы переходят к другой части (линии перемещения вещества *B*) и процесс повторяется. В конечном счете, исследуются все части системы, а результаты регистрируются.

Другие примеры могут быть найдены в (ГОСТ Р 27.012-2019; Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999; Process, 1996; Guidelines, 1999; Crawley, et.al, 2000; Knowlton, 1992).

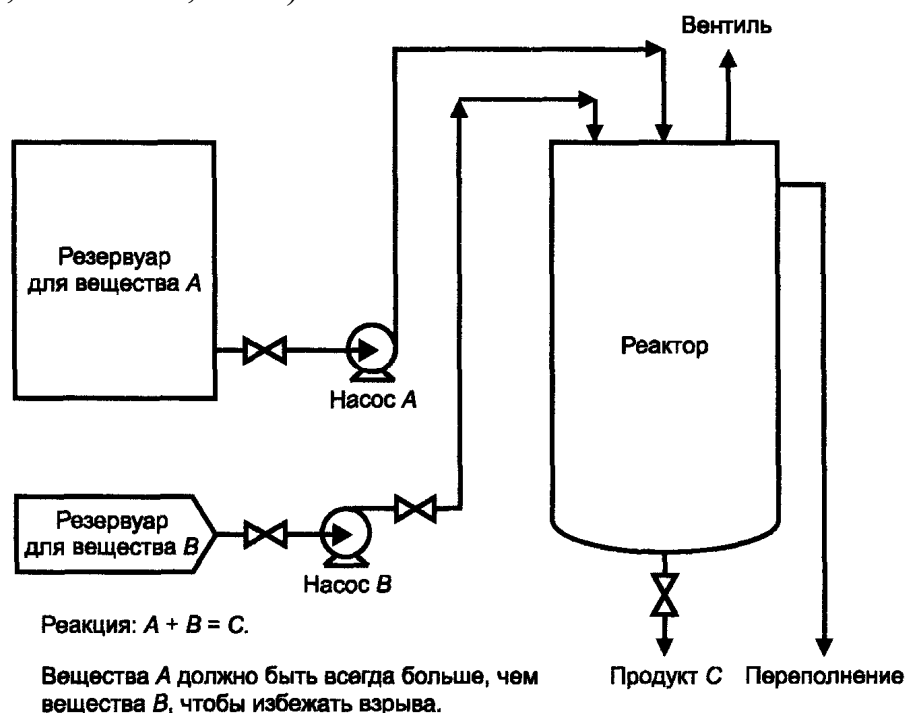


Рисунок 3.11. Схема процесса для примера исследования HAZOP (ГОСТ Р 27.012-2019)

Таблица 3.19. Пример фрагмента рабочей таблицы исследования HAZOP по (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999)

Завод XXXXX		Расчетное давление: XXX		Режим: <del>Запуск</del> , Рабочий, <del>Отключение</del>	
Секция завода: XXXXX		Расчетная температура: XXX			
Группа HAZOP: XXX, XXX, XXX		Дата: X/X XX		Схема №: XXXX-XXXX	
				Проверка №. XX	
Секция	Отклонение	Причина	Последствие	Меры безопасности	Действия/Рекомендации
1. Сепаратор	1.1 Высокий уровень	Неисправный уровнемер	Возможно переполнение сепаратора жидкостью, выше уровня газоотводной трубы. Это может вызвать противоток жидкости в компрессор. Возможен прорыв компрессора.	На сепараторе установлены автономные сигнализаторы: один для определения высокого уровня и один для определения максимально высокого уровня	Наличие сигнальных приборов не подразумевает автоматических действий. Необходимо найти лучшее решение проблемы. Например, установление барабана между сепаратором и компрессором и/или автоматическое отключение подачи в сепаратор в случае обнаружения максимально высокого уровня
	1.2 Низкий уровень		Не выявлены		
	1.3 Высокое давление		(Резервуар не прорвется, поскольку давление не может превысить расчетное)		
	1.4 Низкое давление		Не выявлены		

Таблица 3.20. Пример фрагмента оформления рабочей таблицы примера исследования HAZOP для процесса, изображенного на рисунке 3.11 (ГОСТ Р 27.012-2019)

Заголовок исследования: ПРИМЕР ПРОЦЕССА						Лист 1 из 3			
Рисунок (номер):		Пересмотр (номер):				Дата: 17 декабря 1998			
Состав группы: LB, DH, EK, NE, MG, JK						Дата заседания: 15 декабря 1998			
Рассматриваемая часть: ЛИНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВЕЩЕСТВА А ОТ РЕЗЕРВУАРА ДО РЕАКТОРА									
Цель проекта:			Вещество: А. Действие: непрерывное перемещение вещества А с большей скоростью, чем скорость перемещения вещества В. Источник: резервуар для вещества А. Адресат: Реактор						
Порядковый номер	Управляющее слово	Элемент	Отклонение	Возможные причины	Последствия	Существующие меры безопасности	Оценка ситуации	Требуемые действия	Ответственный за выполнение действий
1	НЕТ	Вещество А	Нет вещества А	Резервуар пуст	Нет потока вещества А в реактор. Взрыв	Нет	Недопустимая ситуация	Рассмотреть возможность установки сигнала тревоги низкого уровня вещества, а также реле сверхнизкого уровня для остановки насоса В	MG
2	НЕТ	Перемещение вещества А со скоростью, большей перемещения вещества В	Вещество А не перемещается	Насос А остановлен, линия перекрыта	Взрыв	Нет	Недопустимая ситуация	Необходимо измерять скорость перемещения вещества А, обеспечить сигнал низкой скорости потока и установить реле скорости потока для остановки насоса В	JK
3	БОЛЬШЕ	Вещество А	Резервуар заполняется сверх установленной нормы	Заполнение резервуара из танкера	Резервуар переполнен, вещество попало в область рядом с резервуаром	Нет	Ситуация была бы обнаружена при исследовании резервуара	Рассмотреть возможность установки сигнала высокого уровня вещества А при отсутствии предварительной идентификации	EK
4	БОЛЬШЕ	Перемещение вещества А	Перемещено большее количество вещества А	Неправильный размер рабочего колеса насоса	Возможно сокращение производительности	Нет		Проверить поток и характеристики насоса в течение ввода системы в действие.	JK
			Превышение скорости потока вещества А	Неправильно установлен насос	Продукция будет содержать избыток вещества А			Пересмотреть процедуру ввода системы в действие	



## Продолжение таблицы 3.20

Заголовок исследования: ПРИМЕР ПРОЦЕССА						Лист 2 из 3				
Рисунок (номер):			Пересмотр (номер):			Дата: 17 декабря 1998				
Состав группы: LB, DH, EK, NE, MG, JK						Дата заседания: 15 декабря 1998				
Рассматриваемая часть: ЛИНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВЕЩЕСТВА А ОТ РЕЗЕРВУАРА ДО РЕАКТОРА										
Цель проекта:			Вещество: А. Действие: непрерывное перемещение вещества А с большей скоростью, чем скорость перемещения вещества В. Источник: резервуар для вещества А. Адресат: Реактор							
Порядковый номер	Управляющее слово	Элемент	Отклонение	Возможные причины	Последствия	Существующие меры безопасности	Оценка ситуации	Требуемые действия	Ответственный за выполнение действий	
5	МЕНЬШЕ	Вещество А	Меньшее количество вещества А	Низкий уровень вещества А в резервуаре	Неисправная всасывающая головка насоса. Возможно завихрение потока, приводящее к взрыву. Нарушение потока вещества А	Нет	Недопустимая ситуация	Рассмотреть возможность установки сигнала тревоги низкого уровня вещества А, а также реле сверхнизкого уровня для остановки насоса В	MG	
6	МЕНЬШЕ	Перемещение вещества А со скоростью, меньшей перемещения вещества В	Снижение скорости потока вещества А	Линия частично заблокирована; утечка вещества А; снижение производительности насоса	Взрыв	Нет	Недопустимая ситуация	Необходимо измерять скорость перемещения вещества А и установить сигнал низкой скорости потока и реле скорости потока для остановки насоса В	JK	
7	ТАК ЖЕ, КАК	Вещество А	Имеется другой жидкий материал, аналогичный веществу А, также перемещаемый в накопительный резервуар	Вещество в резервуаре загрязнено	Неизвестны	Содержание всех резервуаров проверяют и анализируют до загрузки в резервуар	Приемлемая ситуация	Проверить эксплуатационные действия персонала	LB	
8	ТАКЖЕ, КАК	Перемещение вещества А	В случае перемещения вещества А происходят коррозия, эрозия, кристаллизация или разложение	Необходимо провести более детальное исследование						NE

### Окончание таблицы 3.20

Заголовок исследования: ПРИМЕР ПРОЦЕССА							Лист 3 из 3		
Рисунок (номер):		Пересмотр (номер):		Дата: 17 декабря 1998					
Состав группы: LB, DH, EK, NE, MG, JK		Дата заседания: 15 декабря 1998							
Рассматриваемая часть: ЛИНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВЕЩЕСТВА <i>A</i> ОТ РЕЗЕРВУАРА ДО РЕАКТОРА									
Цель проекта:		Вещество: <i>A</i> . Действие: непрерывное перемещение вещества <i>A</i> с большей скоростью, чем скорость перемещения вещества <i>B</i> . Источник: резервуар для вещества <i>A</i> . Адресат: Реактор							
Порядковый номер	Управляющее слово	Элемент	Отклонение	Возможные причины	Последствия	Существующие меры безопасности	Оценка ситуации	Требуемые действия	Ответственный за выполнение действий
9	ТАКЖЕ, КАК	Реактор	Утечка в реактор	Неисправность линии клапана или уплотнения	Загрязнение окружающей среды	Принятый способ установки трубопровода	Условно приемлемая ситуация	Установить датчик, обеспечивающий отключение потока, как можно ближе к реактору	DH
			Внешние утечки из реактора		Возможен взрыв				
10	ЗАМЕНА	Перемещение вещества <i>A</i>	Поток вещества из реактора в накопительный резервуар (обратное направление потока)	Давление в реакторе выше необходимого для нормальной работы насоса	Загрязнение резервуара материалом из реактора	Нет	Неудовлетворительная ситуация	Рассмотреть возможность установки невозвратного клапана на трубопроводе	MG
11	ДРУГОЙ, ЧЕМ	Вещество <i>A</i>	В резервуаре находится другое вещество (не вещество <i>A</i> )	В резервуаре находится опасное вещество	Неизвестны. Зависят от свойств вещества	Содержимое резервуара проверяют и анализируют до разгрузки	Приемлемая ситуация	-	-
12	ДРУГОЙ, ЧЕМ	Реактор	Внешняя утечка. В реактор не поступают вещества	Поломка линии	Загрязнение окружающей среды. Возможен взрыв	Обеспечение целостности трубопровода	Ситуация может быть опасной. Необходимо перепроектирование трубопровода	Установить реле потока со скоростью срабатывания, достаточной для предотвращения взрыва	MG

Заголовки столбцов для таблиц, заполняемых *после заседания рабочей группы HAZOP*:

- рекомендуемые действия;
- ранжирование приоритета/риска;
- ответственность за действие;
- статус;
- комментарии.

Существуют *пакеты программ*, которые упрощают задачу регистрации данных и подготовки отчетов (Redmill, et.al, 1999). Есть несколько различных компьютерных систем отчетности HAZOP. Эти программы, как правило, оперируют нумерацией записей в отчете HAZOP, основанной на информации по всем секциям. Преимуществом таких программ является то, что записи по HAZOP становятся доступны (почти) сразу после завершения исследования HAZOP. Пользование данными программами подразумевает наличие у пользователя определенных навыков администратора HAZOP. В случае отсутствия таковых исследования могут занять больше времени, чем использование отчетов HAZOP без помощи компьютера.

Оформление с помощью компьютера обладает большой гибкостью в размещении и представлении информации и подготовке требуемых документов, таких как:

- рабочие таблицы;
- отчеты о причинах и/или последствиях;
- отчеты о предстоящих действиях с обязанностями персонала и статусом.

Специальные формы документов могут быть также разработаны на основе использования доступных систем обработки текстов.

**Выводы HAZOP** должны включать следующую информацию (ГОСТ Р 27.012-2019):

- подробные данные об идентифицированных опасностях и проблемах работоспособности вместе с подробными данными об условиях для их обнаружения и/или уменьшения;
- рекомендации по дальнейшим исследованиям аспектов проекта, использующих различные методы (при необходимости);
- действия, необходимые для определения источников неопределенности, обнаруженных при исследовании;

- рекомендации для уменьшения последствий выявленных проблем, основанные на знаниях группы о системе (области исследований);
- примечания, которые обращают внимание на специфические моменты технического обслуживания и эксплуатации;
- список членов группы, присутствующих на каждом заседании;
- перечень всех частей, рассматриваемых в процессе анализа вместе с объяснением, когда каждая из них была исключена;
- перечень всех рисунков, спецификаций, листов данных, сообщений и других данных, используемых группой.

При частичной регистрации эти выводы обычно приводят в краткой форме в рабочих таблицах HAZOP. При полной регистрации требуемые выводы можно сделать по рабочим таблицам.

Таким образом, в процессе анализа для каждой составляющей опасного производственного объекта или технологического блока определяются возможные отклонения, причины и указания по их недопущению. Результаты анализа представляются на специальных технологических листах (таблицах). Степень опасности отклонений может быть определена количественно путем оценки вероятности и тяжести последствий рассматриваемой ситуации **по критериям критичности** аналогично методу АВПКО (FMESCA).

В таблице 3.21 представлен пример фрагмента результатов анализа опасности и работоспособности цеха холодильно-компрессорных установок по (Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах (ОПО)»). В процессе анализа для каждой установки, производственной линии или блока определены возможные отклонения, причины, последствия и рекомендации по обеспечению безопасности. При характеристике каждого возможного отклонения использованы ключевые слова: «нет», «больше», «меньше», «так же как», «другой», «иначе чем», «обратный» и т.п.

В таблице 3.21 представлены также экспертные балльные оценки:

- вероятности возникновения рассматриваемого отклонения В;
  - тяжести последствий Т;
- показателя критичности  $K = B + T$ .

Таблица 3.21. Перечень отклонений при применении метода изучения опасности и работоспособности компрессорного узла цеха холо-дильно-компрессорных установок (фрагмент результатов)

Ключе- вое слово	Откло- нение	Причины	Послед- ствия	В	Т	К	Рекомен- дации
МЕНЬ- ШЕ	НЕТ ПОТОКА ВЕЩЕСТВА	1. Разрыв трубопровода	Выброс аммиака	2	4	6	Установить систему аварийной сигнали- зации
		2. Отказ в системе э/питания	Опасно- сти нет	3	1	4	Повысить надежность системы резервиро- вания
БОЛЬ- ШЕ	ПОВЫШЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ НАГНЕТАНИЯ КОМПРЕС- СОРА	3. Закрыт нагнетатель- ный клапан	Разруше- ние компрес- сора и выброс аммиака	1	2	3	Заменить реле давления, предохрани- тельный и обратные кла- пана
		4. Отсутствует или недоста- точная подача воды на кон- денсатор	Как в п. 3	1	2	3	
		5. Наличие большого ко- личества воз- духа в конден- саторе	Образо- вание взрыво- опасной смеси	1	3	4	
	ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУ- РЫ НАГНЕ ТАТЕЛЬНОГО КОМПРЕС- СОРА	6. Нет протока воды через охлаждаемую рубашку компрессора	Разруше- ние компрес- сора с выбро- сом аммиака	1	2	3	Установить реле температуры на компрессорах ВД и НД
		7. Чрезмерный перегрев па- ров аммиака на всасывании	Как в п. 6	1	2	3	

Ключевое слово	Отклонение	Причины	Последствия	В	Т	К	Рекомендации
МЕНЬШЕ	ПОНИЖЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ВСАСЫВАНИЯ	8. Повышенная производительность компрессора	Опасности нет	1	1	2	Проверить реле давления

Показатели В и Т определялись по 4-балльной шкале (балл, равный 4, соответствует максимальной опасности). Отклонения, имеющие *повышенные значения критичности*, далее рассматриваются *более детально*, в том числе *при построении сценариев аварийных ситуаций и количественной оценке риска*.

### 3.3. Метод барьерных диаграмм

Метод построения и анализа барьерных диаграмм излагается в большей степени по материалам (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999).

Барьер – это мера безопасности, которая может предотвратить возникновение аварии, остановить развитие аварии или ограничить последствия аварии.

Цель построения барьерных диаграмм состоит в определении в сложной последовательности событий, которые могли бы привести к аварии, «слабых» мест, где необходимо установить дополнительные защитные меры. Барьерные диаграммы иллюстрируют последовательность развития аварии. Они сопровождаются изображением альтернативных путей развития аварии и к каким окончательным последствиям это может привести. На диаграммах обычно изображаются последовательности событий, которые могут происходить наиболее часто, или те, которые могут вызвать серьезные последствия. На диаграмме также показываются защитные меры (барьеры безопасности), которые предназначены для предотвращения дальнейшего развития неблагоприятных событий.

На рисунке 3.12 приведен иллюстративный пример барьерной диаграммы. Надежность каждого барьера и частота инициирующих событий были оценены и переведены в «баллы». Общее число баллов в каждой последовательности развития аварии обычно сравнивается с принятыми критериями приемлемости. Барьерные диаграммы в этом смысле могут быть использованы в определенной мере для определения уровня безопасности на предприятии и того, насколько этот уровень приемлем.

DIP og DAP Kemi  
Барьерная диаграмма № DAP001

Завод: DAP  
Система: Система DAP  
Область деятельности:  
эксплуатация/запуск/обслуживание

Бланк HAZOP:  
Дата:  
№ инспекционной проверки

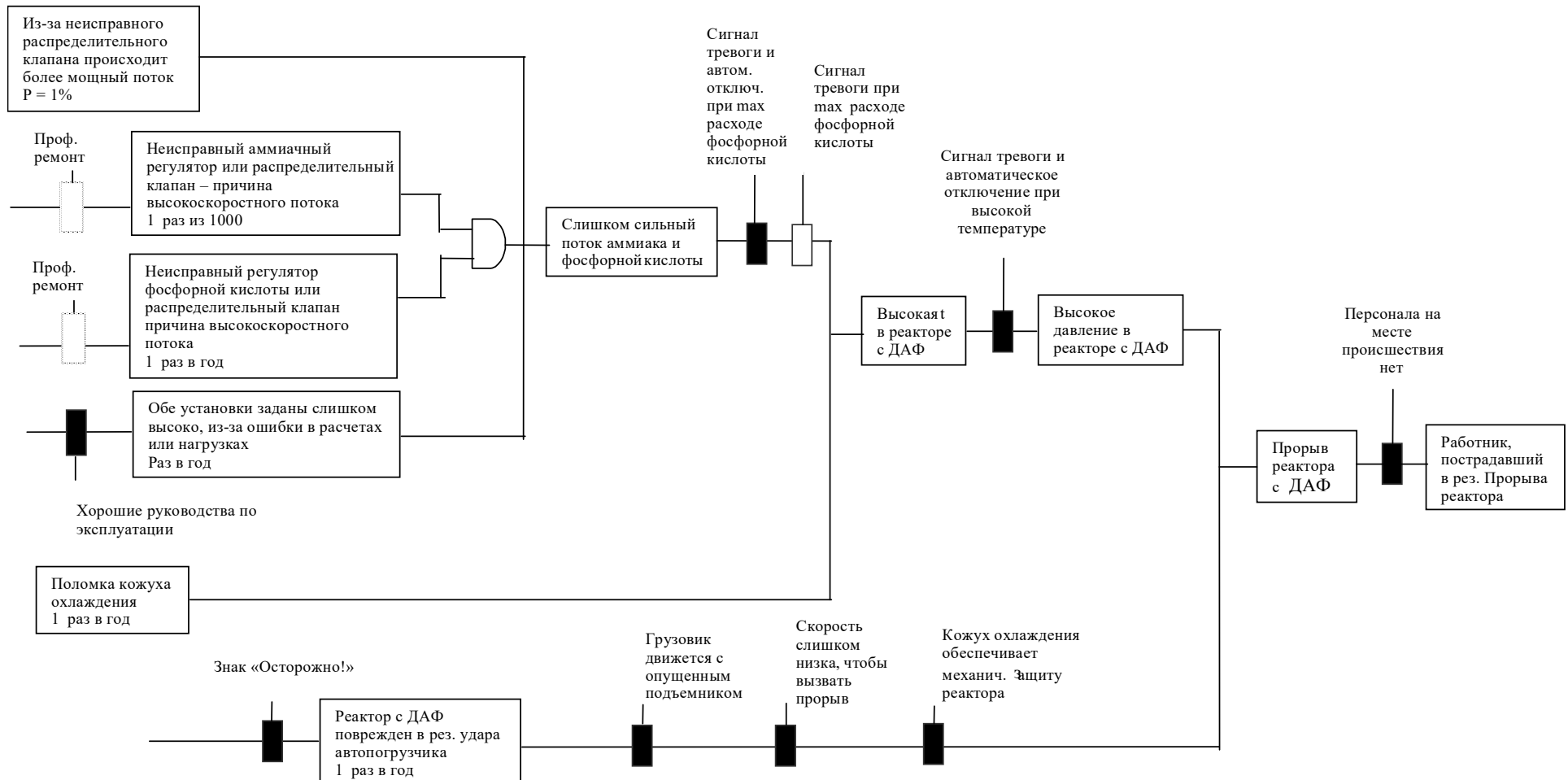


Рисунок 3.12. Иллюстративный пример барьерной диаграммы безопасности

В качестве барьеров могут выступать элементы специальной защиты или это могут быть части какого-то устройства или оборудование, например предохранительный клапан или система аварийной остановки, которая вступает в действие автоматически при превышении заданных технологических параметров.

Барьеры также могут включать в себя предписания или административные инструкции, определяющие действия персонала, такие как проверка оборудования и приборов или запрет на эксплуатацию оборудования в определенных нестандартных условиях.

Барьеры могут представлять собой комбинацию «технического обеспечения» и «программного обеспечения», например аварийная сигнализация повышения температурного режима, с последующей реакцией оператора, который, как предполагается, нажимает аварийную кнопку, когда слышит этот аварийный сигнал.

### Виды барьеров безопасности

Различают следующие *виды барьеров безопасности*:

- активные / пассивные
- полные / частичные
- автоматические / требующие вмешательства персонала

На барьерных диаграммах барьеры изображаются так, как показано на рисунке 3.13.



Рисунок 3.13. Условные обозначения барьеров с различными характеристиками

Если не предполагается количественная оценка барьеров (то есть, присваивания им баллов, как будет рассмотрено далее), то более надежные барьеры могут быть заштрихованы черным цветом, а менее надежные – белым. Это позволяет пользователю быстро уловить, где находятся слабые места на том или ином предприятии. Если барьерные баллы



устанавливаются, то штриховка может быть выполнена в другом виде. Например, штриховка может быть различной для барьеров, обеспечивающих нормальную работу, в частности для барьеров «автоматического действия» и барьеров, требующих вмешательства персонала. Некоторые примеры, приведенные ниже, показывают, как можно установить различия для разных видов барьеров.

Очень важно с самого начала определиться, насколько необходимо различать виды барьеров и какими условными обозначениями пользоваться для обозначения различных видов барьеров.

### **Полные и частичные барьеры**

Для отличия защитных мер, которые осуществляются автоматически или вручную (требуют действий персонала предприятия), барьеры могут быть подразделены на полные и частичные барьеры.

*Полные барьеры* – это барьеры, которые действуют эффективно при всех аварийных ситуациях, для которых они предназначены (пока эти барьеры не выйдут из строя). Например, аварийный сигнал и связанную с ним предписанную процедуру, требующую ручного отключения, можно считать полным барьером.

*Частичный барьер* – это барьер, который может не всегда срабатывать. Например, аварийный сигнал, требующий от персонала анализа ситуации и принятия решения об остановке предприятия, будет считаться частичным барьером.

Полные барьеры обычно более надежные, чем частичные.

### **Пассивные и активные барьеры**

Для того, чтобы оттенить индивидуальную надежность барьеров, их подразделяют на пассивные и активные.

*Пассивный барьер* – это барьер, который функционирует без необходимости активации. Пассивные барьеры часто обладают большой надежностью. Например, подсыпка со стороны днища емкости для хранения, достаточная по своим размерам, чтобы удержать все содержимое емкости и предохранить любые утечки может считаться пассивным барьером.

Пассивные барьеры – обычно полные барьеры.

*Активный барьер* состоит из 2 компонент:

- одна – для определения внештатной или аварийной ситуации;
- другая – для выполнения действия, которое остановит дальнейшее развитие аварийной ситуации.

Например, в качестве активного барьера может служить устройство измерения давления с аварийной сигнализацией при превышении давления и связанные с этим предписанные процедуры, требующие от персонала предпринять аварийное отключение при появлении аварийной ситуации. Инструкции персоналу могут также включать оценку ситуации и связанное с ней возможное отключение.

Активные барьеры могут быть частичными или полными.

### **Автоматические барьеры и барьеры, управляемые персоналом**

Для выделения степени автоматизации систем безопасности на предприятии барьеры можно подразделить на автоматические и барьеры, управляемые персоналом.

*Автоматический барьер* – такой, который работает без вмешательства человека. Например, распределительный клапан или аварийная система в сочетании с автоматическим отключением будут рассматриваться автоматическими барьерами.

*Барьер, управляемый персоналом*, требует человеческого вмешательства. Например, прописанная процедура, требующая дополнительной закачки воды в реактор через шланг, будет рассматриваться как барьер, управляемый персоналом.

Определение степени надежности автоматических барьеров по сравнению с барьерами, управляемыми персоналом, требует учета многих параметров.

## **Барьерные диаграммы**

### **Структура барьерных диаграмм**

Барьерные диаграммы изображаются сначала в таком виде, как показано на рисунке 3.14. На схеме с левой стороны указываются возможные причины аварийной ситуации, а в правой части указываются последствия. Положение, до которого развивается авария, может быть указано в центре схемы, между причинами и последствиями.

### **Логические условия «И» и «ИЛИ»**

Может оказаться, что ряд различных причин могут привести к одному и тому же аварийному последствию. Такое положение проиллюстрировано на рисунке 3.14, где указаны три разные причины: «Причина 1», «Причина 2» и «Причина 3».

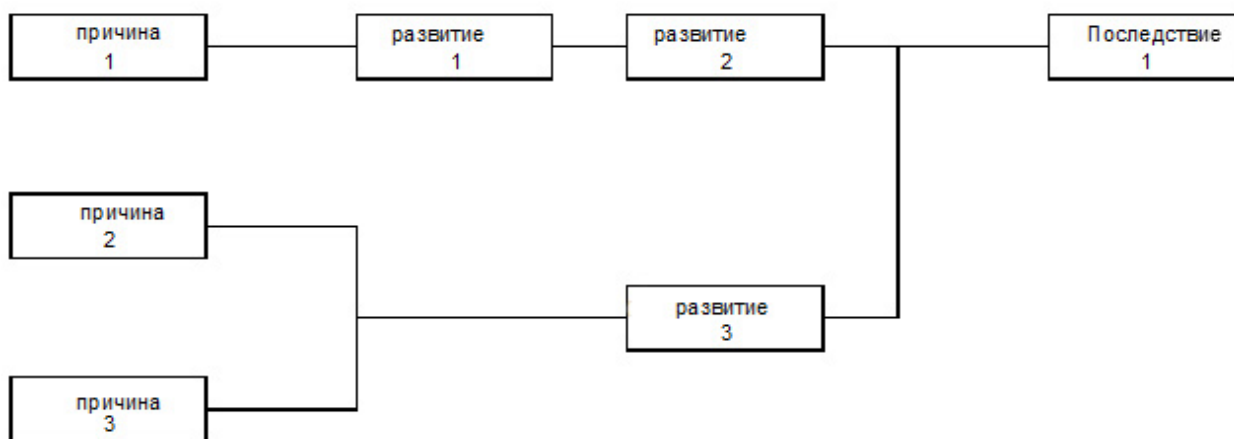


Рисунок 3.14. Структура барьерной диаграммы

Любая из этих трех причин (или поодиночке, или все вместе) может вызвать аварийное последствие. Эта комбинация получила название логического условия («калитки» или «ворот») «ИЛИ». Принятая символика для условия «ИЛИ» приведена на рисунке 3.15, но в барьерных диаграммах она может не использоваться, поскольку проще показать два или больше ответвлений и соединить их вместе, как показано в левой нижней части рисунка 3.15.

В большинстве случаев даже единичной причины или отказа достаточно для запуска аварийной последовательности событий. Однако в ряде случаев аварийные последствия возникают в результате комбинации причин или отказов, все из них должны проявляться в одно и то же время. Такая комбинация известна как логическое условие «И». Символ для логического условия «И» приведен на рисунке 3.15.

Барьеры, как было определено выше, – это меры безопасности, направленные на прекращение или остановку дальнейшего развития аварийной ситуации. Они показываются на структурной схеме барьерной диаграммы. Та же самая структурная схема барьерной диаграммы, изображенная на рисунке 3.15, приведена на рисунке 3.16 с демонстрацией барьеров.

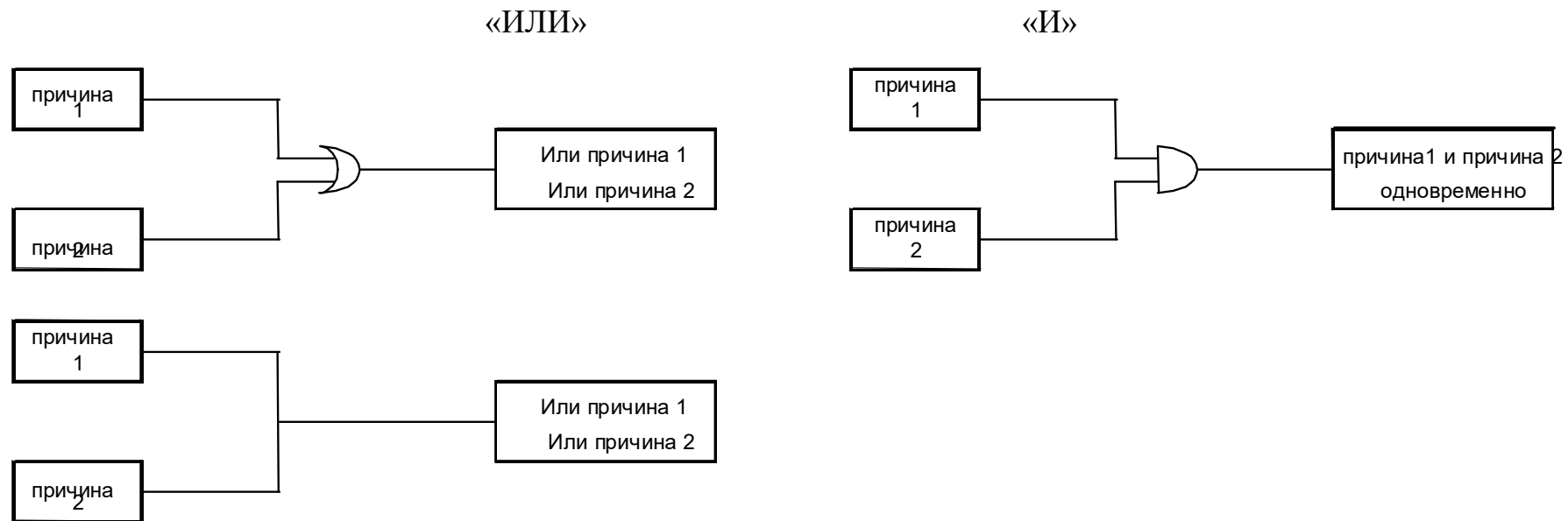


Рисунок 3.15. Обозначения логических условий «ИЛИ» и «И» в барьерных диаграммах

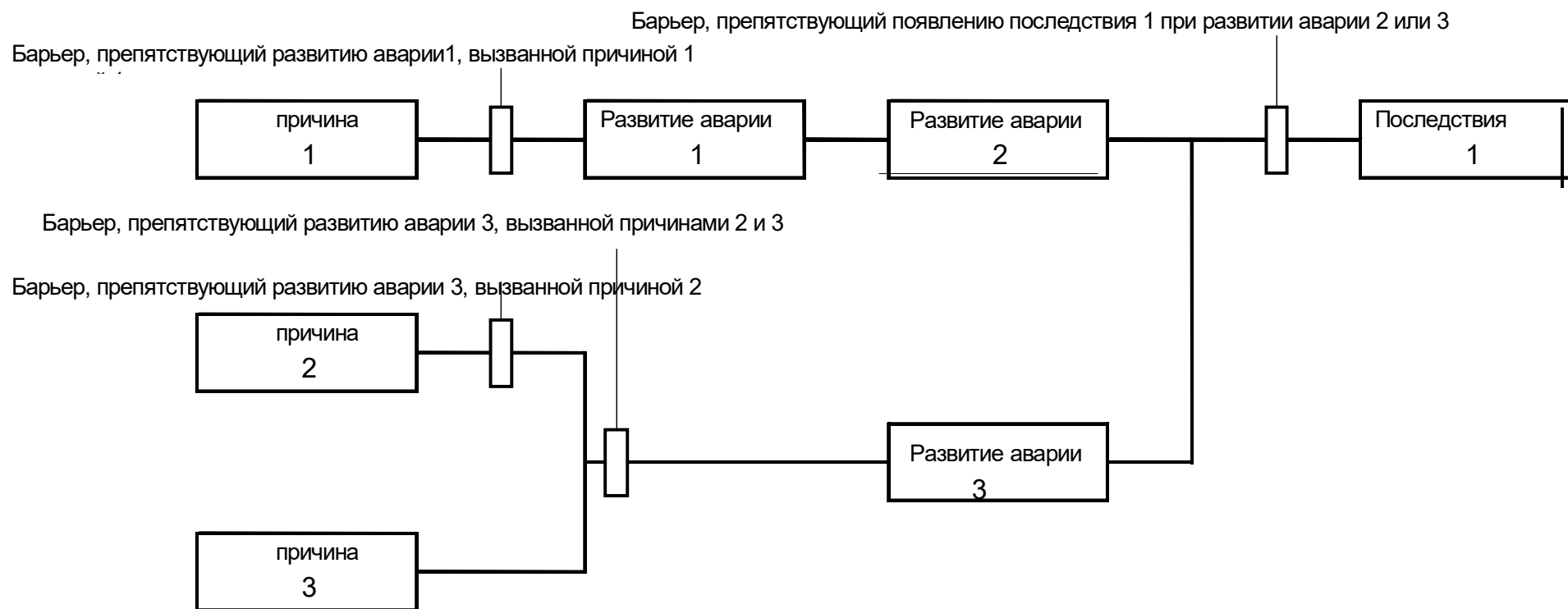


Рисунок 3.16. Барьерная диаграмма с указанием барьеров

## Детальный анализ барьеров

### Эффект барьеров

Некоторые барьеры ограничивают последствия аварийной ситуации без устранения всех нежелательных последствий. Такого рода барьеры могут быть изображены так, как на рисунке 3.17. Если барьер срабатывает, то возникает следствие под номером 2, если нет, то следствия под номером 1.

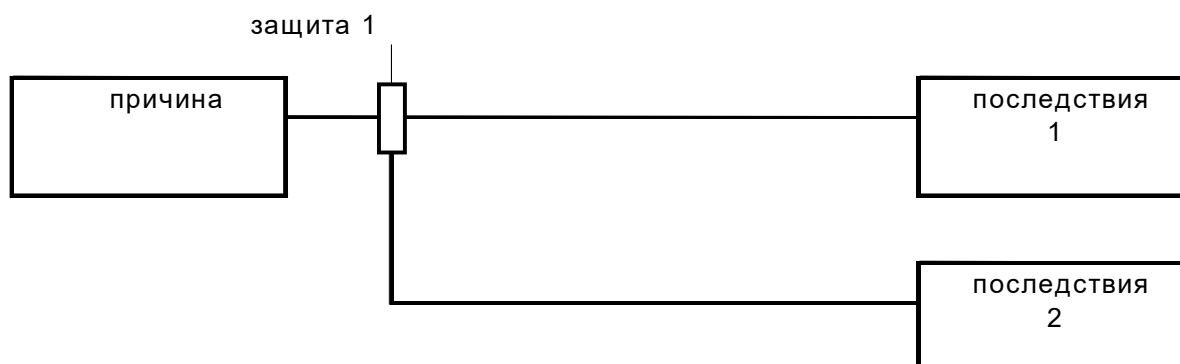


Рисунок 3.17. Барьеры, которые ограничивают, но не устраняют последствия аварии

Аварийная сигнализация и подобное простое оборудование, которое лишь подает сигнал о том, что что-то случилось, только тогда полезно, если сопровождается соответствующим действием, позволяющим вернуть предприятие в нормальное рабочее состояние. Определяющим фактором надежности аварийной сигнализации является сочетание действующей аварийной сигнализации и последующего успешного действия.

На барьерной диаграмме это показывается следующим образом (рисунке 3.18):

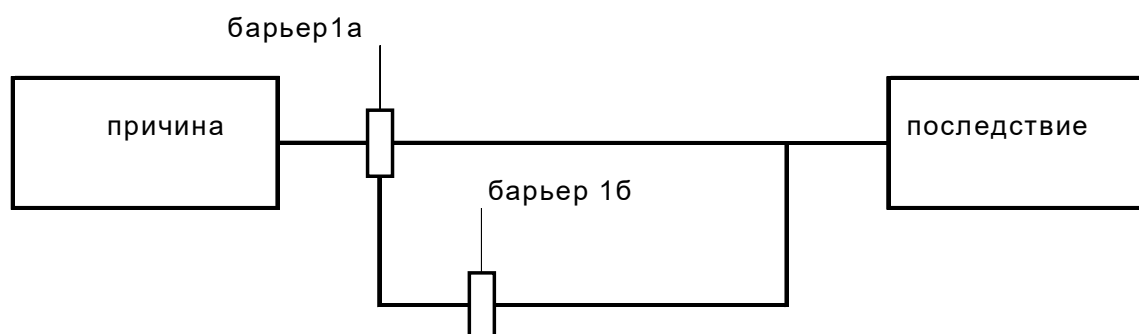


Рис. 3.18. Барьер, описывающий обнаружение (1а) и действие (1б)

Барьеры, которые описывают обнаружение опасных условий (Барьер 1а), и действия, позволяющие вернуть предприятие в рабочий режим (Барьер 1б).

Барьер 1а отражает обнаружение опасной ситуации (например, отключатель при превышении давления плюс аварийная сигнализация). В случае отказа этого барьера опасная ситуация не будет обнаружена и персонал не предпримет необходимых действий для обеспечения безопасности предприятия. Поэтому могут иметь место аварийные последствия.

Если защитное устройство работает, то опасные условия будут определены. Барьер 1б свидетельствует о действии, предпринятом персоналом для защиты предприятия от возникновения аварийных последствий. Если действие было неудачным, то наступят последствия.

Линия, идущая вниз из центра «днища» барьера (рисунок 3.18), указывает на то, что произойдет, если барьер функционирует нормально. Линия, идущая направо от центра правой части барьера, указывает на то, что произойдет при неправильном функционировании барьера.

### **Построение барьерных диаграмм**

Рассмотрим некоторые руководящие принципы построения барьерных диаграмм (которые могут строиться, например, на основе результатов анализа HAZOP и заполненных форм рабочих таблиц HAZOP).

Возможен следующий подход.

**Выбор последствий** – выбираются те последствия, которые могут оказаться настолько серьезными, что требуется описание возможных последовательностей развития событий.

**Планирование числа барьерных диаграмм и их содержания** может осуществляться следующим образом. Для каждого выбранного последствия:

- находятся и отмечаются (в формах HAZOP) примеры этих последствий;
- подсчитывается число различных причин, вызывающих это последствие;
- на каждой барьерной диаграмме предусмотрено место для отражения от 5 до 8 причин и последствий аварийной ситуации. Если насчитывается большее число причин, то потребуются построение более чем одной барьерной диаграммы. Если требуется построение более чем одной барьерной диаграммы, обычно поступают так, чтобы содержание

каждой схемы являлось логическим продолжением каждой из них, так, чтобы последовательности, имеющие общие барьеры, были отражены на той же диаграмме.

### ***Некоторые рекомендации***

Различные производственные участки анализируемого предприятия, исследуемые отдельно при проведении анализа HAZOP, должны быть показаны на отдельных барьерных диаграммах. Если же имеется более чем 5–8 возможных причин для каждого производственного участка предприятия, то каждая диаграмма может сопровождаться «дополнительной» колонкой данных из формы HAZOP.

Последствия от аварийной ситуации могут быть приведены в привязке к «причинам». Например, «выброс из-за коррозии». Этот метод полезен, если «причина» имеет место на производственном участке, который находится на приличном расстоянии от участка, где проявляются последствия.

**Структура барьерных диаграмм.** Далее рисуется структура барьерной диаграммы. Графические схемы должны строиться так, чтобы причины или обстоятельства, которые приводят к аварийной однотипной ситуации, были сгруппированы вместе.

**Нанесение барьеров.** Далее находятся меры безопасности, указанные в формах HAZOP, и наносятся на соответствующие барьерные диаграммы.

При этом ***искусственные барьеры*** – условия, присутствие которых необходимо для наступления аварии, также могут быть отображены в виде барьерных диаграмм (с легендой).

Например, анализ HAZOP может показать, что:

авария возможна лишь в том случае, когда температура становится «экстремально высокой», но это невозможно при использовании неочищенных сырьевых материалов в технологическом процессе.

Эта ситуация может быть отражена на барьерной диаграмме добавлением барьера с легендой:

«Неочищенные сырьевые материалы обычно исключают возможность экстремальных температур».

Это фактически означает, что экстремально высокая температура может возникнуть, только если неочищенные сырьевые материалы были не нормального качества (т.е. имелись загрязнения или на предприятие были поставлены не те материалы). Возможность осуществления



ситуации «ненормальных сырьевых материалов» необходимо принимать во внимание с использованием логического условия «ИЛИ» с расположением «причин» с левой стороны графической барьерной диаграммы.

Включение условий, требуемых для аварии, необходимо производить осторожно, так как это может привести к ошибкам при простановке баллов на барьерных диаграммах.

**Время.** На барьерной диаграмме течение времени принимается идущим слева направо в направлении развития аварии. Иногда бывает, что на барьерной диаграмме удобно показать барьеры, покрывающие несколько причин на том же общем направлении, даже несмотря на то, что барьер не будет функционировать при наступлении одновременно всех обозначенных причин аварийных ситуаций.

**Подкрашивание барьеров.** Если для условного обозначения барьеров используется различная тонировка, то легенда этих условных обозначений должна быть приведена в нижней части барьерной диаграммы.

## Балльная система

### Барьерные оценочные баллы

Барьерные диаграммы могут быть использованы для получения общего представления о том, какая последовательность событий может ожидаться наиболее часто или какие из них могут привести к наиболее серьезным последствиям. Этот обзорный анализ, в свою очередь, может быть использован для выявления тех цепочек событий, в которых требуются дополнительные меры безопасности.

Иницирующим событиям и барьерам могут быть приписаны баллы, в соответствии с ожидаемой частотой (для иницирующих событий) или вероятности отказов (для барьеров). В дальнейшем можно идентифицировать последовательность событий с наименьшим числом оценочных баллов.

Для того, чтобы определить баллы, должны быть оценены следующие моменты:

- как часто ожидается проявление иницирующих событий;
- какова надежность и «пригодность» каждого барьера, вероятность отказа функционирования барьера или вероятность того, что барьер окажется непригодным для прерывания последовательности или цепочки развития аварии.

Величины частот и вероятностей, как правило, очень малы. Обычный порядок величины этих показателей 0,001 или 10<sup>-3</sup>. Использование напрямую этих значений в барьерных диаграммах не рекомендуется и была разработана специальная балльная система для иного представления частоты событий и надежности барьеров, примерный вариант которой представлен в таблице 3.22.

Таблица 3.22. Пример специальной балльной системы для частоты событий и надежности барьеров

Частоты инициирующих событий	Надежность барьеров или их пригодность
<ul style="list-style-type: none"> <li>• - 5 баллов для ежедневных событий;</li> <li>• - 2 балла для ежемесячных событий;</li> <li>• 0 баллов для ежегодных событий;</li> <li>• 1 балл для событий, происходящих примерно раз в три года;</li> <li>• 2 балла, для событий, происходящих примерно раз в десять лет;</li> <li>• 3 балла, для событий, происходящих примерно раз в тридцать лет;</li> <li>• и т.д.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 баллов для вероятности отказа 1 (т.е. 100 %);</li> <li>• 1 балл, для вероятности отказа 0,3;</li> <li>• 2 балла, для вероятности отказа 0,1 или 10<sup>-1</sup>;</li> <li>• 3 балла, для вероятности отказа 0,01 или 10<sup>-2</sup>;</li> <li>• и т.д.</li> </ul>

Частоты и вероятности комбинируются путем умножения, а барьерные баллы – путем сложения.

Умножая частоту инициирующих событий на вероятности отказа барьеров, получим новую величину частоты – частоты достижения аварийной последовательности своего конца.

Количество баллов в аварийной цепочке является тем самым грубой оценкой частоты того, что аварийная цепочка будет пройдена до последней стадии (аварии). Количество баллов может быть преобразовано обратно в годовую частоту, используя формулу:

$$h = 10^{-p/2}$$

Поэтому если аварийная ситуация имеет 12 баллов, то ожидаемая частота инициирующих событий будет равной  $10^{-(12/2)}=10^{-6}$  в год или 1 раз в миллион лет.

Для того, чтобы определить число баллов при заданной частоте, формулу можно преобразовать к виду:

$$p = -2 \lg h$$

### Эффективность барьеров (в баллах)

Барьер, когда это требуется, оценивается количеством баллов, зависящих от вероятности отказа его функционирования. Например, барьер, у которого 2 балла, будет способен снизить вероятность дальнейшего развития аварийной ситуации в 10 раз. Некоторые типичные примеры оценки эффективности барьеров в баллах представлены в таблице 3.23.

Таблица 3.23. Примеры оценки эффективности барьеров в баллах

Описание барьера	Применение / комментарии	Количество баллов
Пожарная стена	Предохраняет распространение огня в другие места, по крайней мере, в течение 60 минут	10
Обваловка (сборные пруды)	Сборные пруды, способные задержать наиболее крупные объемы возможных утечек (сбросов)	8
Резервуар для воды	Достаточный объем воды для тушения огня в случае наиболее крупных утечек (выброса)	6
Дисковое отключение при неполадке	Выпускает излишнее давление в атмосферу	6
Аварийный выпускной клапан	Выпускает излишнее давление в атмосферу	6
Аварийная сигнализация с автоприводом	Автозапуск инициирует эффективные меры безопасности	6
Аварийный прерыватель	Прерывает автоматически, является составной частью защиты установки при отказе	4
Аварийная сигнализация с ручным управлением	Тревожная сигнализация подает сигнал оператору, постоянно находящемуся в операционном зале, и оператор предпринимает соответствующие защитные меры	4
Регулярный осмотр	Осмотр на 100 % выполняется квалифицированным сотрудником при тщательном контроле качества. Интервалы между осмотрами зависят от вида оборудования	4
Нереверсивный вентиль	Обеспечивает движение потока в трубе в одном направлении	2

## **Степень точности в определении числа баллов**

Баллы выражаются в целых числах, поэтому степень точности в оценке частоты или вероятности определяется с коэффициентом 3 (больше/меньше в три раза). Оценка частот или вероятностей, таким образом, основана на порядках величин, не более.

### **Система обозначений**

Барьерные баллы обычно показываются на диаграмме ниже барьера и немного правее. Баллы, характеризующие частоту иницирующего события, располагаются в правой части от иницирующего события. Рисунок 3.19 является воспроизведением диаграммы с нанесенными баллами.

## **Арифметические правила**

### **Упрощенные барьерные диаграммы**

Если все логические условия на диаграмме – «ИЛИ», то правила просты. Каждую ветвь диаграммы можно рассматривать отдельно.

Если на диаграмме присутствует логическое условие «И», то баллы входных ветвей в логическую «калитку» «И» складываются. В этом случае одновременное присутствие двух причин необходимо для дальнейшего развития аварийной ситуации, при этом одна из присутствующих причин должна быть функцией той доли времени, когда эта причина присутствует. Этот случай проиллюстрирован на рисунке 3.20.

### **Детальные барьерные диаграммы**

При построении детальных барьерных диаграмм применяются специальные правила для определения эффективности или надежности барьеров, как описано в разделе 3.3.

*Эффективность барьера.* Если барьер ограничивает последствия аварии, но не предотвращает все нежелательные последствия, то барьерная диаграмма будет выглядеть, как это изображено на рисунке 3.21.

Сумма баллов в верхней ветви дает представление о частоте последствия 1. Эта величина рассчитана путем сложения частоты иницирующих событий (2 балла) с вероятностью отказа барьера 1, когда это необходимо (4 балла), что в сумме дает 6 баллов.

Сумма баллов в нижней ветви дает представление о частоте последствия 2. Эта величина рассчитана путем сложения частоты иницирующих событий (2 балла) с вероятностью отказа барьера 2 (2 балла), что в сумме дает 4 балла. Барьер 1 при этом не представляет никакой ценности в предотвращении последствия 2, даже если функционирует нормально, последствие 2 все равно может проявиться.

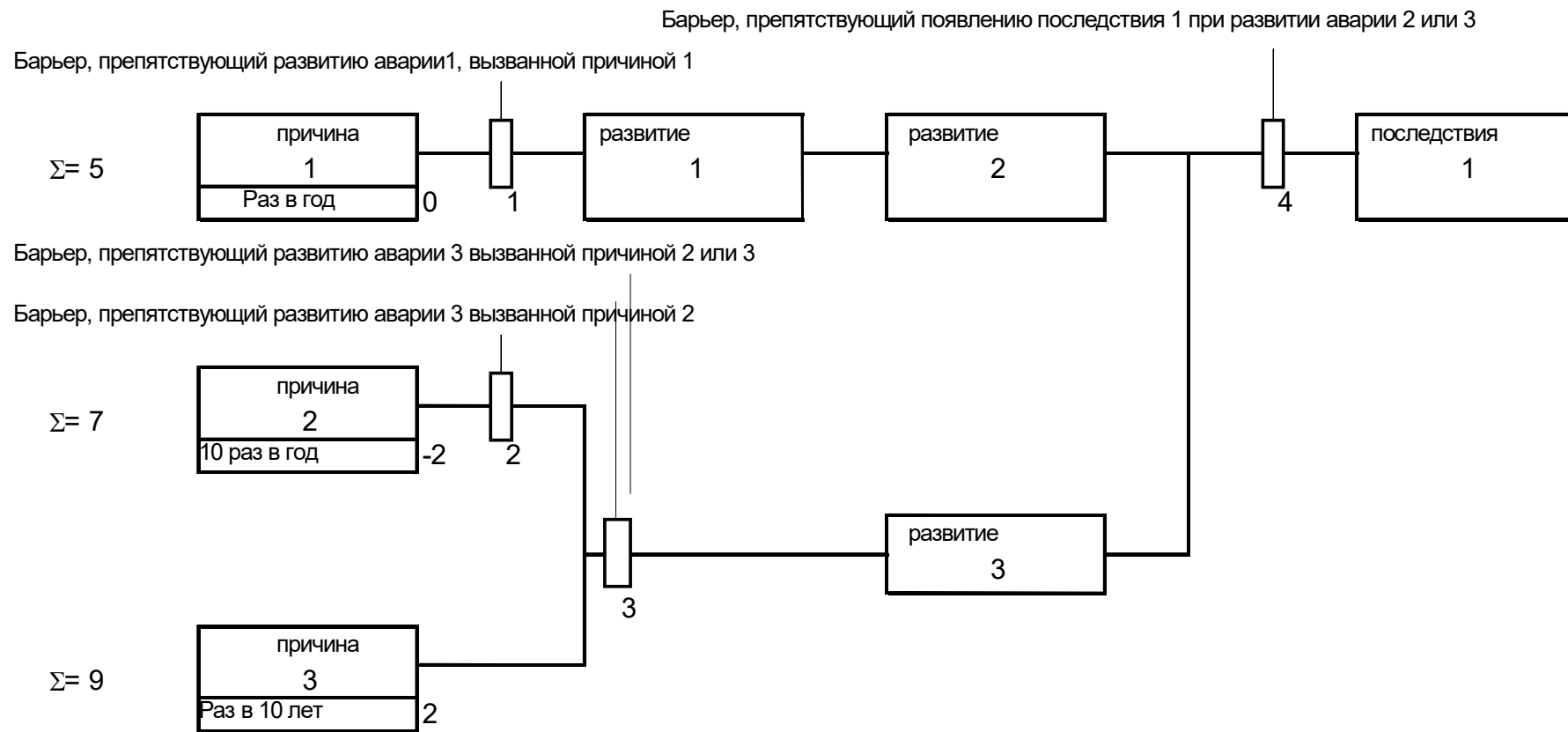


Рисунок 3.19. Барьерная диаграмма с указанием баллов

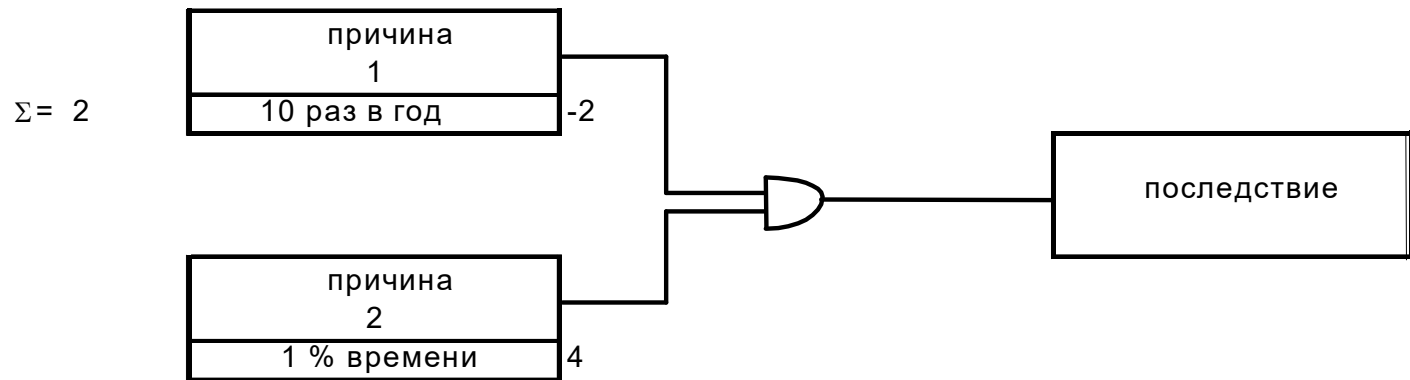


Рисунок 3.20. Суммирование баллов при логическом условии «И»

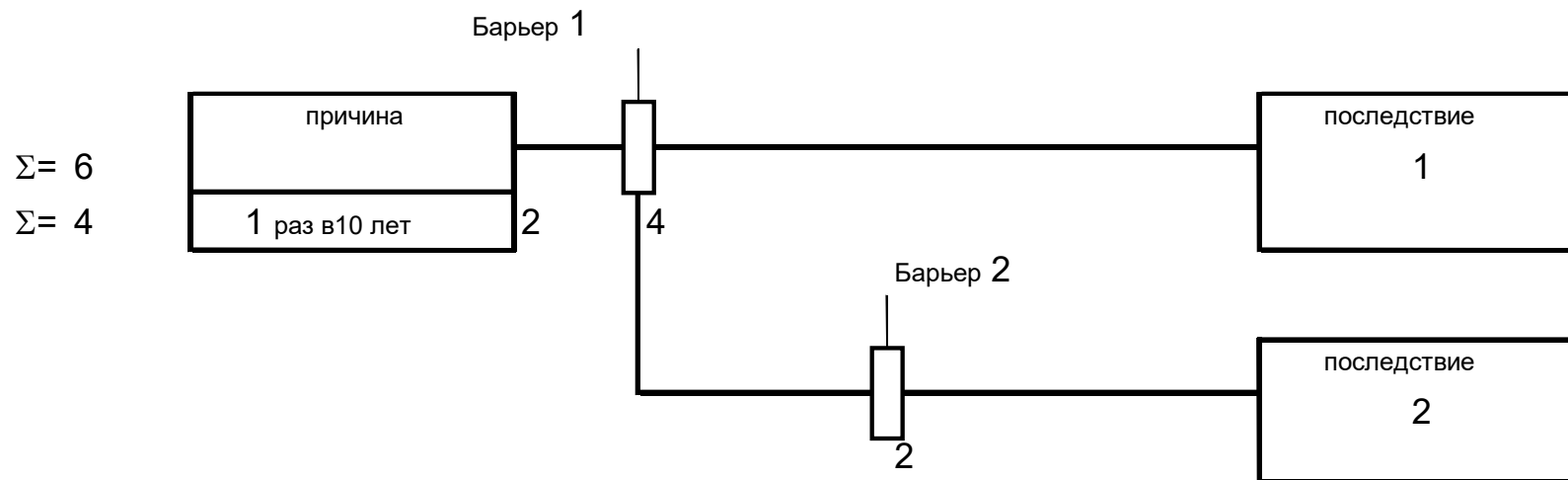


Рисунок 3.21. Суммирование баллов для различных возможных последствий

## Надежность барьера

Рисунок 3.22 повторяет рисунок 3.21, но с включением баллов.

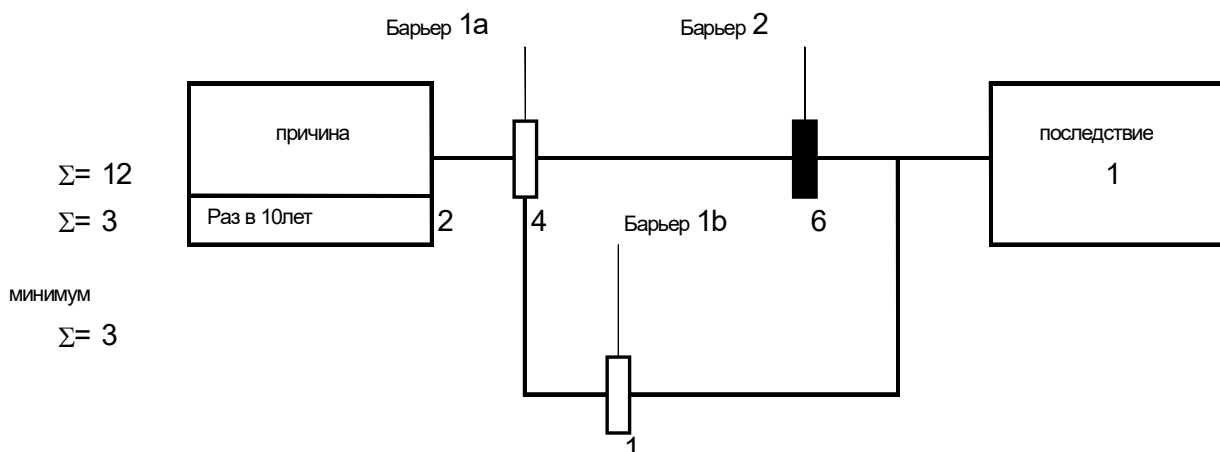


Рисунок 3.22. Детальные элементы анализа по обнаружению и вмешательству

Наиболее вероятным путем развития аварийной ситуации является ее обнаружение (барьер 1а) с последующим ручным вмешательством (барьер 1b). Барьер 1b имеет 1 балл, это означает, что в одном случае из трех возможен отказ в его функционировании.

Анализ предприятия показывает, что при активации барьера 1b теряется функциональная способность барьера 2. Если произойдет отказ барьера 1b, то развитие аварийной ситуации дойдет до последствия 1. Вероятность того, что аварийная ситуация не будет обнаружена, равна 0,01 (барьер 1 имеет 4 балла). Если это происходит, то должен вступить в действие барьер 2 (надежность 0,001 или 6 баллов). Это означает, что от надежности барьера 1b во многом зависит то, как часто может наступать последствие 1. Минимальное количество баллов в этой последовательности 3 (2 балла дает частота инициирующего события плюс 1 – надежность барьера 1b).

Верхняя ветвь диаграммы имеет 12 баллов, но это только указывает на низкую вероятность того, что, во-первых, не обнаружено аварийное событие и, во-вторых, барьер 2 не сработал.

### Неопределенность числа баллов

Неопределенность суммы баллов на данной ветви барьерной диаграммы ожидается в диапазоне – 2 балла. Это эквивалентно тому, что ожидаемые частоты последствий оцениваются с точностью до порядка величины (больше/ меньше в 10 раз).

## Оценка и определение приемлемости числа баллов

Проставленные баллы барьерам на барьерной диаграмме могут быть использованы для определения, насколько велика или приемлема степень (уровень) риска для аварийных последовательностей.

Для этого необходимо:

- оценить последствия каждой последовательности;
- установить критерий приемлемости, который определяет частоту, при которой данное последствие считается приемлемым.

### Оценка последствий

Возможно, чтобы оценить последствия необходимо будет выполнить целый ряд расчетов с использованием моделей оценки последствий, в других случаях последствия могут быть установлены на качественном уровне или из опыта, без проведения расчетов.

Анализ безопасности крупного предприятия с использованием метода барьерных диаграмм включает необходимость построения и исследования большого числа барьерных диаграмм с разнообразными последствиями. Некоторые последствия могут быть очень серьезными, с возможностью воздействия на население, в том числе приводящие к смертным случаям, другие – незначительные, вызывающие только небольшие неполадки при эксплуатации предприятия. Очевидно, что гораздо более серьезные меры безопасности должны быть предприняты в первом случае, чем в последнем.

Поэтому классификация последствий производится в соответствии с их тяжестью, как в других представленных выше методах качественной оценки опасностей.

Система классификации, используемая для оценки последствий, приписывает балл – значение «К» каждому последствию. Пример подобной 6-балльной классификации демонстрируется в таблице 3.24.

Таблица 3.24. Иллюстрация балльной системы классификации последствий

«К» - значение	Определение	Описание
0	Отсутствие последствий	Инциденты, которые являются рядовыми для технологического процесса предприятия или для выполняемой на нем работы и не вызывает сбоев или опасностей



### Окончание таблицы 3.24

«К» - значение	Определение	Описание
1	Незначительные последствия	Инциденты, приводящие к небольшим неполадкам, но не опасным и не вызывающим серьезных неприятностей функционированию предприятия или работам, проводимым на нем
2	Заметные последствия	Могут вызвать заметные неполадки для процесса функционирования предприятия или работе, производимой там. Нет травм среди персонала или воздействия на окружающую среду. Возможно небольшое повреждение оборудования вблизи места аварии
3	Существенные последствия	Возможны небольшие травмы у персонала и/или значительное загрязнение, или повреждение оборудования вблизи источника аварии
4	Серьезные последствия на предприятии	Серьезный инцидент, но не выходящий за пределы промплощадки. Возможность разрушения предприятия и оборудования, серьезные травмы и возможные смертные случаи среди персонала
5	Крупная авария с последствиями на предприятии и вне его	Серьезные травмы и возможные фатальные исходы среди большого количества персонала предприятия и/или крупные разрушения предприятия и оборудования. Воздействие на окружающую среду вне зоны предприятия, серьезные ранения и возможны фатальные исходы среди населения, загрязнение окружающей среды или повреждения имущества

### Критерии приемлемости

Ожидаемая частота инициирующих событий для аварийной последовательности (цепочки) выражаются числом случаев в год (см. раздел 3.3.4). Критерий приемлемости также должен выражаться в тех же единицах.

Приведем пример установления *«разумного» критерия приемлемости*. А именно:

крупные аварии с потенциально возможными летальными исходами или серьезными и длительными нарушениями здоровья у населе-

ния вне территории предприятия ( $K=5$ ) не должны быть чаще, чем раз в 10 000 лет или ( $10^{-4}$  в год).

Предположим, что при анализе по методике HAZOP будет выявлено 100 причин и, следовательно, 100 последовательностей, каждая из которых может привести к серьезным последствиям (с « $K=5$ »). Каждая из последовательностей, заканчивающаяся последствиями с « $K=5$ », должна иметь частоту  $\frac{1}{100}$  от общей приемлемой частоты для событий класса « $K=5$ ». В этом случае каждая последовательность, заканчивающаяся последствиями « $K=5$ », будет приемлемой, только если ее частота будет меньше, чем  $\frac{1}{100} \cdot 10^{-4}$  или  $10^{-6}$  в год. А это эквивалентно 12 барьерным баллам.

Если при анализе по методике HAZOP будет выявлено 10 причин, ведущих к крупным авариям (а не 100), то каждая последовательность будет приемлемой, если ее частота меньше чем  $\frac{1}{10} \cdot 10^{-4}$  или  $10^{-5}$  в год. А это эквивалентно 10 оценочным баллам.

Для менее серьезных аварий ( $K=4$  или меньше) приемлемой будет частота события более чем  $10^{-4}$  в год. Фактический устанавливаемый критерий зависит от последствий каждой аварийной последовательности. Как правило, общая приемлемая частота аварий класса « $K$ » может увеличиваться в 100 раз на каждое понижение класса последствий. Это будет эквивалентно снижению на не более чем 4 барьерных балла.

### **Барьерные диаграммы с баллами и критериями приемлемости**

Рисунок 3.23 демонстрирует барьерные диаграммы с баллами и критериями приемлемости.

Видно, что критерий приемлемости не был выполнен для верхней аварийной последовательности, вызванной «причиной 1». В двух других ответвлениях на графической схеме критерий соблюден.

В заключение данного подраздела отметим, что время и усилия, требуемые на подготовку барьерных диаграмм и отчета, – одного порядка с исследованием HAZOP, заполнением его форм и составлением предварительного отчета. И так же, как в методе HAZOP, реализация метода барьерных диаграмм предусматривает проведение совещаний с присутствием разработчиков HAZOP, на котором решают, какие последствия достаточно важные, чтобы их отразить на барьерной диаграмме,

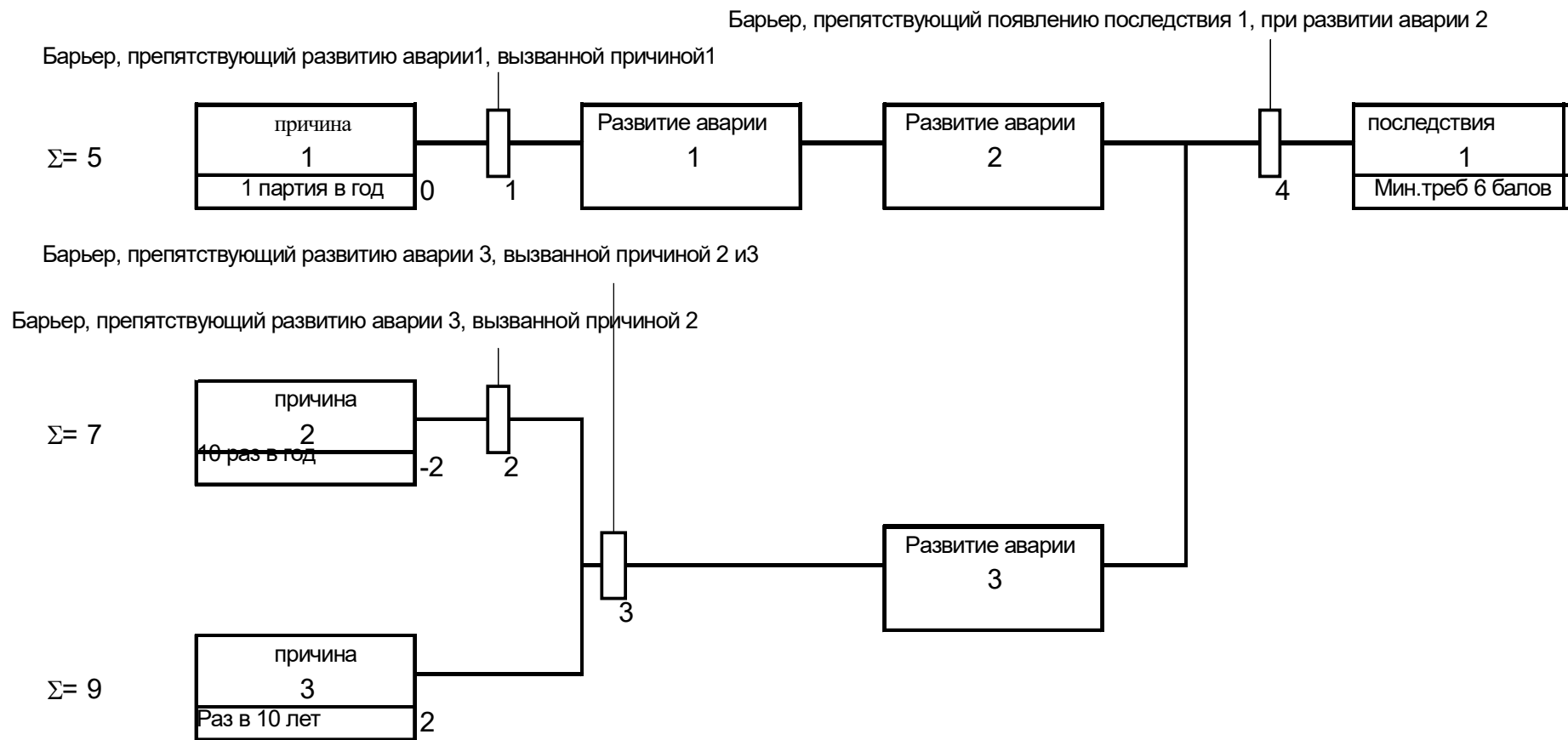


Рисунок 3.23. Барьерная диаграмма с баллами и критериями приемлемости

обсуждаются критерии приемлемости, рассматривается структура барьерных диаграмм и барьеры, которые можно установить, устанавливаются баллы для частоты и надежности барьеров. Барьерные диаграммы сами по себе могут быть использованы в качестве отчета, иногда сопровождаемого замечаниями. Замечания особенно важны, если требуются изменения или определены дополнительные барьеры.

### **3.4. Логико-вероятностные методы количественного анализа риска**

Методы количественного анализа риска, как правило, характеризуются расчетом нескольких показателей риска и могут включать один или несколько вышеупомянутых методов (или использовать их результаты).

Практика показывает, что крупные аварии, как правило, характеризуются комбинацией случайных событий, возникающих с различной частотой на разных стадиях возникновения и развития аварии (отказы оборудования, ошибки человека, нерасчетные внешние воздействия, разрушение, выброс, пролив вещества, рассеяние веществ, воспламенение, взрыв, интоксикация и т.д.). Для выявления причинно-следственных связей между этими событиями наиболее часто используют логико-вероятностные или логико-графические методы построения и анализа «деревьев отказов» и «деревьев событий».

#### **Методы построения и количественного анализа деревьев отказов (FTA)**

Методы анализа деревьев отказов используют для анализа сложных систем, включающих несколько функционально связанных или зависимых подсистем. Примерами систем, к которым обычно применяют анализ дерева отказов, являются объекты ядерной энергетики, самолеты, системы связи, промышленные, химические и другие объекты.

Дерево отказов – это графическое представление логических связей между отказами оборудования и авариями или чрезвычайными ситуациями техногенного характера.

Анализ дерева отказов (АДО) (Fault Tree Analysis – FTA) (Weber, 1984) или дерева неисправностей, как определяется в (ГОСТ Р 27.302-

2009), является одним из методов идентификации опасностей и количественного анализа риска. Анализ дерева отказов позволяет выявить пути реализации опасного события, однако в первую очередь нацелен на определение вероятностей или частот возникновения аварий.

### **Общая характеристика метода анализа деревьев отказов**

FTA основан на графическом логическом описании механизма отказов системы. Одним из главных достоинств метода FTA является систематичное, логически обоснованное построение множества отказов элементов системы, которые могут приводить к аварии. FTA требует от исследователя полного понимания функционирования системы и характера возможных отказов ее элементов.

До начала построения дерева отказов необходимо специально определить верхнее или головное событие (как правило, авария или отказ блока, всей системы). Дерево отказов представляет собой дедуктивное логическое построение, которое использует концепцию одного финального события с целью нахождения всех возможных путей, при реализации которых оно может произойти.

Для этого рассматривается, какие события или их комбинации могут привести непосредственно к возникновению финального или головного события. Затем каждое из этих событий рассматривается как вершина дерева и процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнут такой уровень детализации, на котором полученные события уже будут неделимы в принципе или по соображениям решения задачи, или в силу отсутствия необходимой информации, или из-за нежелания рассматривать слишком громоздкую структуру. Такие события называют базовыми, иницирующими, элементарными или исходными. Все остальные события – порожденными или промежуточными. Другими словами, данный метод является методом «обратного осмысливания», т.е. исследователь начинает с аварии или другого нежелательного головного или финального события (часто также называемого верхним нежелательным событием – ВНС) и рассматривает события, которые могут приводить к его реализации. Затем исследуются причины возникновения этих событий и т.д., до тех пор, пока не будут выявлены все первичные события.

**Пример** дерева «отказов/неисправностей» для аварийного генератора представлен на рисунке 3.29 (ГОСТ Р 27.302-2009).

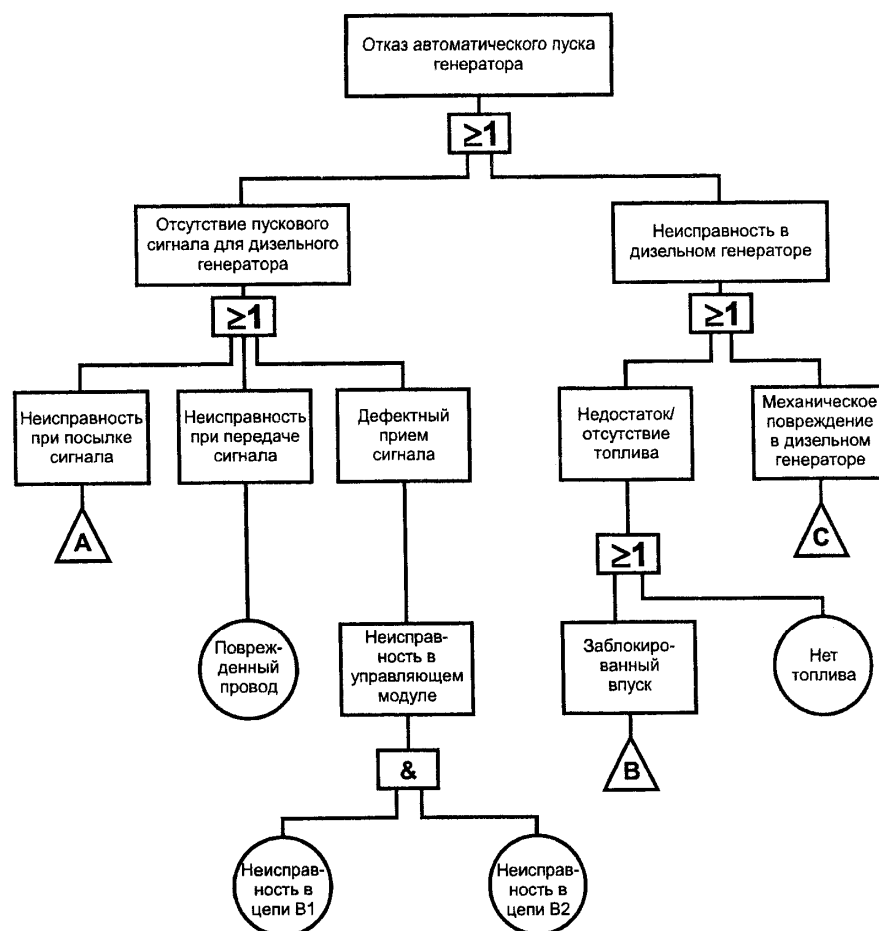


Рисунок 3.29. Пример дерева отказов/неисправностей» для аварийного генератора (ГОСТ Р 27.302-2009)

### Символика дерева отказов

Для графического представления дерева отказов/неисправностей необходимо, чтобы символы, идентификаторы и метки использовались непротиворечивым способом.

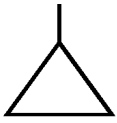
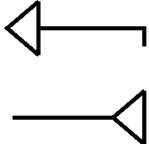

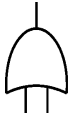
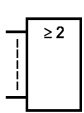
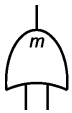
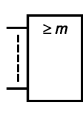
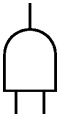
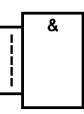

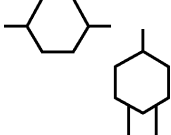
Символы, представленные в таблице 3.27, взяты из ГОСТ Р 27.302-2009, в котором они в свою очередь заимствованы из МЭК 61025:2006 (IEC 61025:2006). Данные клапаны позволяют построить дерево отказов для огромного большинства систем. Однако существуют ситуации, когда отказ наступает только при определенном порядке возникновения входных событий (отказов) или же в случае соблюдения некоторых временных условий (например, действие какого-нибудь фактора в течение определенного интервала времени), который больше допустимого, либо при некоторой комбинации этих требований. В этом случае построение и анализ деревьев отказов значительно усложняется. Равно как при анализе сложных систем могут потребоваться дополнительные символы для кла-

панов, чтобы добиться максимальной простоты дерева отказов и обеспечить его читаемость. В таблице 3.27 приводится широкий перечень символов, рекомендуемых к использованию в (ГОСТ Р 27.302-2009) при построении деревьев отказов.

Таблица 3.27. Символы, наиболее часто используемые в процессе анализа дерева неисправностей (ГОСТ Р 27.302-2009)

Символ	Наименование	Описание	Отношение к безотказности	Число входных событий
1	2	3	4	5
	Базисное событие	Событие самого низкого уровня, для которого имеются данные, касающиеся вероятности его появления	Вид неисправности компонента или причина вида неисправности	0
	Условное событие	Событие, которое является результатом появления другого события, при этом для развития завершающего события должны состояться оба события	Появление события, которое должно появиться для развития другого события. Условная вероятность	0
	Скрытое событие	Первичное событие, отображающее скрытый отказ; событие, которое нельзя обнаружить сразу, но которое, возможно, будет обнаружено при дополнительной проверке или анализе	Скрытый вид отказа компонента или скрытая причина отказа	0
	Неразвитое событие	Первичное событие, относящееся к неразработанной части системы	Событие, вносящее вклад в вероятность отказа. Структура части системы не определена	0

Продолжение таблицы 3.27

1	2	3	4	5
 <p>Перенос из (OUT)</p>  <p>Перенос в (IN)</p> 	<p>Вентиль переноса</p>	<p>Вентиль, указывающий на то, что данная часть системы разрабатывается в другой части страницы или диаграммы</p>	<p>Частичная диаграмма дерева неисправностей, приведенная в другом месте диаграммы системы.</p> <p>IN означает, что развиваемый вентиль находится в другом месте, OUT – что вентиль будет перенесен в другое место</p>	0
 	<p>Вентиль ИЛИ</p>	<p>Выходное событие наступает, если наступает любое из входных событий</p>	<p>Отказ наступает, если любая часть системы отказывает (последовательная система)</p>	$\geq 2$
 	<p>Мажоритарный вентиль</p>	<p>Выходное событие наступает, если наступают <math>m</math> или более входных событий из общего числа <math>n</math></p>	<p>Резервирование <math>k</math> элементов из общего числа <math>n</math>, где <math>m = n - k - 1</math></p>	$\geq 3$
 	<p>Вентиль И</p>	<p>Выходное событие наступает, если наступают все входные события</p>	<p>Параллельное резервирование из <math>n</math> одинаковых или различных ветвей</p>	$\geq 2$
	<p>Вентиль И с приоритетом</p>	<p>Выходное событие наступает, если входные события наступают последовательно слева направо</p>	<p>Пригоден для представления вторичных отказов или для описания последовательности событий</p>	$\geq 2$
	<p>Вентиль запрета</p>	<p>Выходное событие наступает, если наступают оба входных события, одно из которых условное</p>	<p>Условная вероятность появления выходного события</p>	2



Окончание таблицы 3.27

1	2	3	4	5
	Вентиль НЕ	Выходное событие наступает, если не наступает входное событие	Несовместные (взаимоисключающие) события	1
	Вентиль очередности	Завершающее событие наступает, если все исходные события наступают поочередно слева направо. Этот вентиль идентичен вентилю И с приоритетом, если число входов вентилей И с приоритетом не менее двух	Используют для представления последовательно возникающих (цепных) отказов. Также используют для представления последовательности нагрузок, способных вызвать развитие события или отказа. Следует применять марковский анализ	$\geq 3$
	Вентиль резерва	Завершающее событие наступает, если число запасных компонентов меньше требуемого числа	Представление нагруженного, ненагруженного и частично нагруженного запасных компонентов	$\geq 1$
	Собственное событие	Событие, которое произошло или обязательно произойдет	—	—
	Нулевое событие	Событие, которое не может произойти	—	—

Отметим, что существуют также альтернативные условные обозначения символов дерева отказов, например минимальный набор символов, который приведен на рисунке 3.30, был использован в работе (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999).

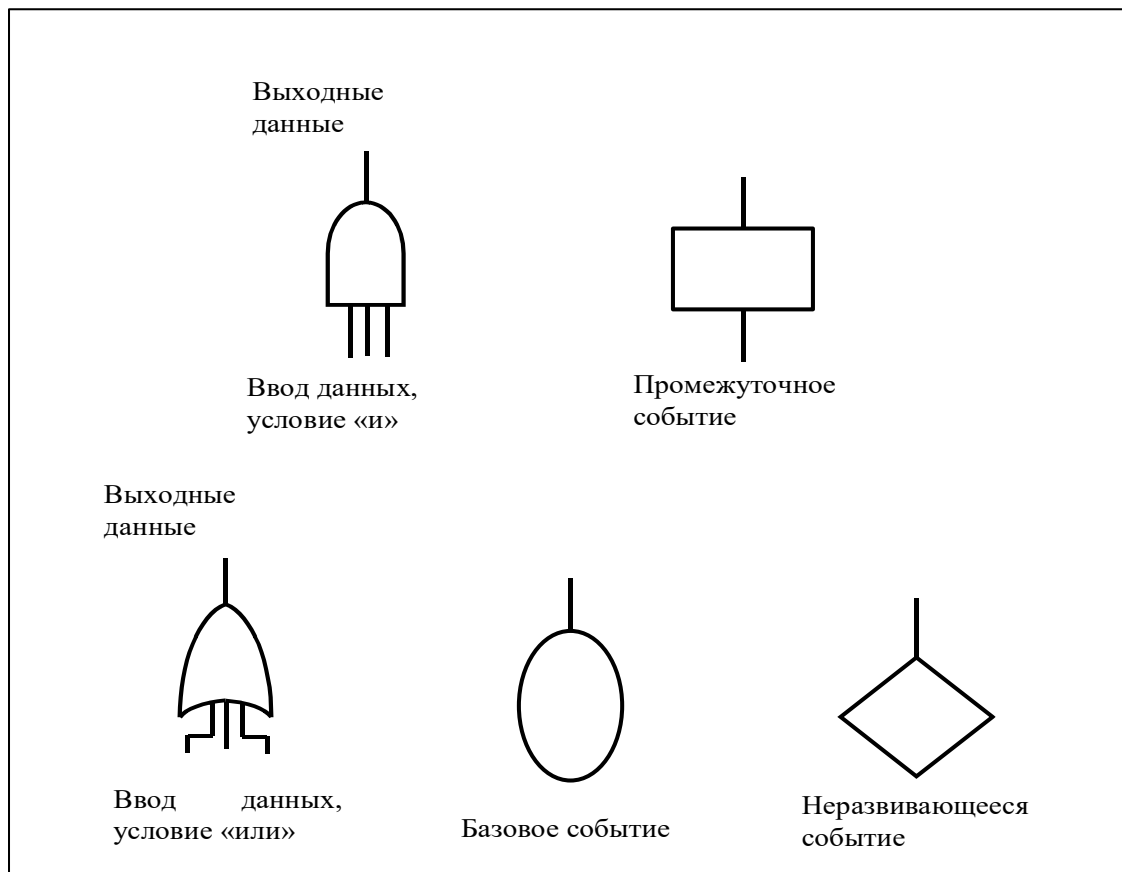


Рисунок 3.30. Альтернативные символы, использованные в деревьях отказов (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999)

Очень важно определить и зафиксировать используемые символы, которые должны обеспечивать *однозначное и непротиворечивое* их применение при анализе конкретного дерева отказов/неисправностей. Это особенно важно, если анализ проводят автоматизированными методами.

### **Основные этапы процесса проведения исследования методом дерева отказов**

Анализ дерева отказов/неисправностей можно разделить на ряд «шагов» (этапов). Определенная последовательность «шагов», выполняемая для конкретной системы, не может быть абсолютно аналогична последовательности, установленной для принципиально другой системы. Тем не менее проведение исследования методом дерева отказов можно представить в виде, например, следующих достаточно характерных этапов.

- Описание и исследование системы, определение ее границ.
- Определение головного события.
- Построение дерева отказов.
- Анализ дерева отказов.

Результаты, получаемые на каждом этапе, документируются и составляют основу содержания отчета об исследовании по методу FTA.

### **Описание и исследование системы, определение ее границ**

При описании системы собирается информация о способах функционирования системы, процессах, технических средствах, ошибках операторов, о свойствах материалов, используемых в процессах и вне процессов, об опасностях, связанных с аппаратурой и определенной структурой процесса и его компонентами (например, выброс токсичного вещества через ошибочно открытый клапан). Должна быть указана начальная конфигурация оборудования (необходимо указать, например, какие клапаны открыты, какие закрыты). Определяются физические границы системы, наличие недостаточных данных.

Каждый технологический процесс характеризуется некоторым набором переменных процесса, отклонения которых от своих рекомендованных значений могут приводить к непредвиденным химическим реакциям, превышению рабочего давления и/или температуры и, как следствие, к повреждению (разрушениям) технологического оборудования. Находятся контролируемые переменные, изменение которых может привести к отказам. Другими словами, исследование системы нацелено на учет всех возможных и невозможных событий.

Для успешного анализа дерева отказов/неисправностей необходимо детальное знание системы. Однако некоторые системы могут быть слишком сложны, чтобы быть полностью понятыми одним человеком. В этом случае получение необходимых специализированных знаний о системе должно включаться как соответствующий элемент последующих этапов анализа дерева отказов/неисправностей.

### **Определение головного события**

Требует точности и определенности, поскольку неточно определенное головное событие может являться причиной дальнейшего некорректного анализа. Часто основывается на результатах предварительного применения методов качественной оценки опасностей (например, HAZOP или FMEA).

### **Построение дерева отказов**

Рассматриваемое головное событие изображается на вершине. Деревья отказов могут быть изображены в вертикальном или горизонтальном расположении. Если используется вертикальное расположение,

то вершина событий должна быть расположена наверху, а основные события – внизу. Если используется горизонтальное расположение, то вершина событий может быть расположена как слева, так и справа.

При построении дерева логическая схема отталкивается от головного события. Исходная точка – это не причины, приведшие к событию, а оно само. И только задав событие, можно начинать исследование возможных причин его появления.

Ветви дерева представляют собой все пути, по которым событие может реализовываться, а связь между исходными событиями и головным событием осуществляется через логические условия – клапаны. Например, головное событие *A* на рисунке 3.31 будет происходить только в случае, если произошли оба события *B* и *C*. Событие *C* произойдет в случае, если произошло событие *D* или *E*.

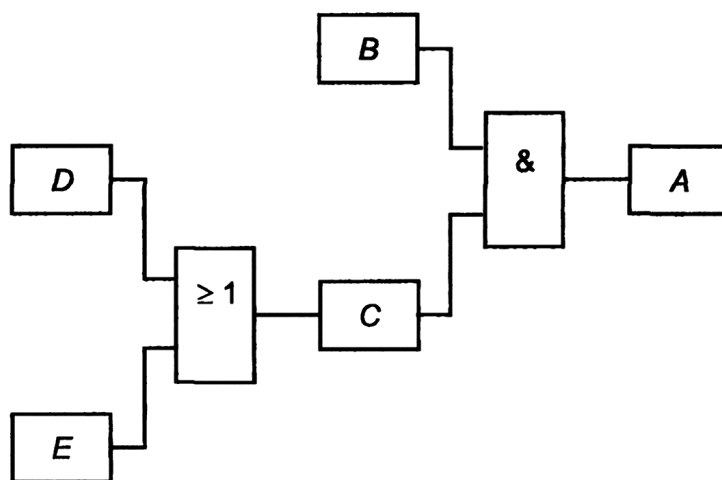


Рисунок 3.31. Иллюстративный пример дерева отказов

Другие нюансы и особенности процесса построения деревьев отказов и их архитектуры могут быть найдены в обширной литературе по теории надежности.

При построении деревьев отказов, непосредственные необходимые и достаточные причины, обуславливающие появление головного события трактуются как события, предшествующие головному, и уже для таких событий определяются непосредственные необходимые и достаточные причины. Таким образом достигается нижний уровень дерева отказов посредством перехода от механизма к режимам и непрерывного приближения к более высокой разрешающей способности механизма и режимов, пока не будет достигнут предел разрешающей способности

дерева отказов. Строгое соблюдение концепции «непосредственная причина» является гарантией того, что режимы отказов не будут пропущены.

Обычно не существует исходных причин, а существуют первоначальные ошибки или отказы, приводящие к развитию во времени нежелательного события. Для того чтобы элемент рассматривался как «основной», т.е. создающий иницирующие события, необходимо и достаточно, чтобы он соответствовал следующим требованиям:

- функциональные и физические границы элемента должны быть четко определены;

- работа элемента не должна зависеть от функций поддержки. В противном случае все события, имеющие отношение к элементу, должны быть представлены в схеме дерева отказов клапаном, отмеченным знаком ИЛИ, у которого один вход представляет отказ элемента, а другие входы – невозможность выполнения соответствующих функций поддержки;

- отсутствуют события, связанные с элементом, который появляется в другой части дерева отказов (неисправностей).

Отказы, входящие в структуру дерева отказов, могут быть классифицированы или поделены на группы:

- 1) первичные отказы;
- 2) вторичные отказы;
- 3) отказы управления;
- 4) ошибки персонала;
- 5) внешние причины (стихийные бедствия, катастрофы, диверсии и т.д.).

К первичным отказам относятся отказы оборудования, которые произошли при условиях, в которых обычно функционирует данное оборудование. Вторичные отказы происходят вследствие изменений условий работы оборудования, в частности из-за отклонений от технологического регламента. Отказы управления имеют место, когда нормально функционирующее оборудование не получает по каким-либо причинам управляющих сигналов, что приводит, в конечном счете, к его неправильной работе. Отличительной особенностью взаимодействия человека с технологической системой является то, что ему свойственен принципиально новый тип отказа – ошибка в деятельности (временный неустойчивый отказ). Возможность ошибок персонала при совершении тех или иных операций, как при нормальной работе, так и при возникновении

нештатных ситуаций, также должна учитываться при построении деревьев отказов.

Включение в дерево отказов внешних причин требует от исследователя не только понимания особенностей функционирования анализируемой системы, но и ее взаимосвязей с другими системами и природными явлениями.

Внешние события могут инициировать аварии на различных объектах. Хотя частота наступления таких событий достаточно мала, они могут приводить к крупномасштабным последствиям.

Внешние события могут быть поделены на две категории:

- природные явления: землетрясения, наводнения, ураганы, высокая температура, грозовые разряды и т.д.;
- явления, возникающие в результате деятельности людей: авиакатастрофы, деятельность соседних промышленных объектов, диверсии и т.д.

Прогнозирование многих природных явлений и особенно оценка их количественных характеристик связаны со значительными трудностями.

Все эти виды отказов могут присутствовать в структуре дерева отказов. Одной из задач анализа дерева отказов является определение перечня первичных отказов, приводящих к созданию аварийной или чрезвычайной ситуации. Вторичные отказы и отказы управления являются промежуточными событиями, которые требуют дополнительного анализа, для выявления приводящих к их возникновению первичных событий.

В случае если исходные причины возникновения нежелательного события находятся в прямой связи с головным событием, такая проблемная ситуация слишком проста для ее анализа с помощью метода дерева отказов.

Следует отметить некоторые *принципиальные моменты*, связанные с построением и использованием деревьев отказов (и событий).

Дерево вообще, в том числе дерево отказов и дерево событий, представляет собой структуру, где каждый элемент (за исключением граничных) имеет один или более вход и один выход, или наоборот – все зависит от того, в какую сторону направляется дерево, но не то и другое вместе. Данное ограничение, накладываемое на понятие «дерево», приводит к некоторым сложностям в построении и последующем анализе дерева. Например, в случае дерева отказов (где все элементы кроме вершины

дерева должны иметь один выход) обычно существует событие, имеющее более одного выхода (в качестве примера можно привести отказ электропитания в химико-технологической системе или наводнение).

Второй принципиальный момент, который не учитывается существующими алгоритмами, заключается в следующем предположении: если на входах участка логической структуры создается благоприятная комбинация условий, то со стопроцентной вероятностью должно произойти порожденное событие. В большинстве случаев так оно и есть, однако можно привести ситуации, когда это не соблюдается: например, попадание камня в оконное стекло не всегда приводит к тому, что оно разбивается. Для решения данной задачи в существующих алгоритмах приходится или вводить фиктивные события (функция которых заключается в том, чтобы не всегда выдавать выходной сигнал, когда на входах присутствует благоприятная комбинация входных), или корректировать входные вероятности (например, вероятность попадания камня в окно заменятся вероятностью того, что оно разобьется; но это не позволяет учесть причины, которые привели к разбиению окна).

#### **Анализ дерева отказов**

Различают качественный и количественный анализ дерева отказов. Подробное описание анализа дерева отказов дано, например, в работе (Weber, 1984).

#### **Качественный анализ**

Качественный анализ начинается с обзора структуры дерева отказов, идентификации общих событий и поиска независимых ветвей. Уже на этом этапе может быть получена важная информация, которая в некоторых случаях позволяет отказаться от дальнейших исследований. Во всех других случаях проводят дальнейший анализ для принятия правильного решения о типе и глубине последующих исследований. Непосредственное визуальное исследование графического изображения дерева возможно только для маленьких деревьев, не превышающих приблизительно 70 событий. Исследование больших деревьев, являющихся результатом анализа реально существующих систем, требует соответствующего компьютерного инструментария, но в целом подход остается тем же самым.

Исследование начинают с обзора структуры дерева неисправностей. Если дерево отказов состоит только из клапанов ИЛИ, дальнейший анализ не требуется. Если дерево отказов включает другие типы

клапанов, то проводят дальнейший анализ с использованием булевой редукции для оценки воздействия общих событий дерева отказов (идентичных событий, встречающихся в различных ветвях) и/или определение минимальных пропускных и отсечных сочетаний (совокупностей).

Существенную трудность составляет быстрое увеличение объема анализа с ростом размеров дерева отказов. Качественный анализ дерева отказов позволяет также выделять независимые ветви дерева, которые могут исследоваться отдельно.

Построенное дерево отказов дает много полезной информации, заключающейся в отображении взаимодействий неполадок оборудования, которые могут привести к возникновению аварии. Однако, за исключением самых простых деревьев отказов, даже самый квалифицированный исследователь не может определить непосредственно из дерева все комбинации отказов элементов, приводящие к аварии. Для этих целей разработаны специальные компьютерные программы.

При анализе дерева отказа рекомендуется определять **минимальные сочетания событий**, определяющие возникновение или невозможность возникновения аварии (минимальное пропускное и отсечное сочетания, соответственно). Другими словами, этап качественного анализа дерева отказа позволяет выделить ветви «прохождения сигнала» к головному событию, а также указать связанные с ними:

- минимальные пропускные сочетания;
- минимальные отсечные сочетания.

*Минимальные пропускные сочетания* – это набор исходных событий, предпосылок (отмечены цифрами), обязательное (одновременное) возникновение которых достаточно для появления головного события (аварии).

Используются главным образом **для выявления «слабых мест»**.

*Минимальные отсечные сочетания* – набор исходных событий, который гарантирует отсутствие головного события при условии невозникновения ни одного из составляющих этот набор событий.

Используются главным образом для определения **наиболее эффективных мер предупреждения аварии**.

*Минимальные пропускные и отсечные сочетания* продемонстрируем на примере дерева отказов (рисунок 3.32), используемого для анализа причин возникновения аварийных ситуаций при автоматизированной заправке емкости.



Для дерева, отображенного на рисунке 3.32:

**минимальными пропускными** событиями и/или сочетаниями являются: (12), (13), (1+7), (1+8), (1+9), (1+10), (1+11), (2+7), (2+8), (2+9), (2+10), (2+11), (3+7), (3+8), (3+9), (3+10), (3+11), (4+7), (4+8), (4+9), (4+10), (4+11), (5+6+7), (5+6+8), (5+6+9), (5+6+10), (5+6+11);

**минимальными отсечными** сочетаниями являются:

(1;2;3;4;5;12;13), (1;2;3;4;6;12;13), (7;8;9;10;11;12;13).

Существует несколько методов определения минимальных пропускных и отсечных сочетаний, но их применение к большим деревьям может быть достаточно сложным. Рекомендуется использовать соответствующие компьютерные программы.

Отметим, что по минимальному набору/сочетанию событий может быть осуществлено ранжирование исходных событий.

### **Количественный анализ**

Количественный анализ дополняет качественный и нацелен на определение частоты или вероятности появления головного события или выбранного набора событий.

Оценка частот реализации головного события, различных сценариев возникновения и развития аварии или чрезвычайной ситуации предполагает наличие данных о частотах (вероятностях) первичных отказов (инициирующих событий), взаимных влияниях отказов элементов и другой подобной информации.

Например, в нижней части дерева отказов, приведенного на рисунке 3.32, показаны исходные (инициирующие) события, оцененные вероятности возникновения которых представлены в таблице 3.29.

В таблице 3.30 представлены перечень минимальных пропускных сочетаний при автоматизированной заправке емкости (рисунок 3.32) и вероятности их реализации. Как видно из таблицы 3.30, при автоматизированной заправке емкости существует, как минимум, 27 сценариев возникновения аварийной ситуации, вероятность реализации которых колеблется от  $6,10^{-13}$  до  $10^{-5}$ .



Таблица 3.29. Иницирующие события «дерева отказа» заправочной операции

№	Наименование событий или состояний	Вероятность события $P_i$
1	Система автоматической выдачи дозы (САВД) оказалась отключенной (ошибка контроля исходного положения)	0,0005
2	Обрыв цепей передачи сигнала от датчиков объема дозы	0,00001
3	Ослабление сигнала выдачи дозы помехами (нерасчетное внешнее воздействие)	0,0001
4	Отказ усилителя – преобразователя сигнала выдачи дозы	0,0002
5	Отказ расходомера	0,0003
6	Отказ датчика уровня	0,0002

Окончание таблицы 3.29

№	Наименование событий или состояний	Вероятность события $P_i$
7	Оператор не заметил световой индикации о неисправности САВД (ошибка оператора)	0,005
8	Оператор не услышал звуковой сигнализации об отказе САВД (ошибка оператора)	0,001
9	Оператор не знал о необходимости отключения насоса по истечении заданного времени	0,001
10	Оператор не заметил индикации хронометра об истечении установленного времени заправки	0,004
11	Отказ хронометра	0,00001
12	Отказ автоматического выключателя электропривода насоса	0,00001
13	Обрыв цепей управления приводом насоса	0,00001

Таблица 3.30. Минимальные пропускные сочетания, приводящие к аварийной ситуации при автоматизированной заправке емкости

Минимальное пропускное сочетание	Формула вычисления вероятности реализации	Вероятность реализации (P)
12	$P = P_{12}$	$10^{-5}$
13	$P = P_{13}$	$10^{-5}$
1–7	$P = P_1 P_7$	$2,5 \cdot 10^{-6}$
1–8	$P = P_1 P_8$	$5 \cdot 10^{-7}$
1–9	$P = P_1 P_9$	$5 \cdot 10^{-7}$
1–10	$P = P_1 P_{10}$	$2 \cdot 10^{-6}$
1–11	$P = P_1 P_{11}$	$5 \cdot 10^{-9}$
2–7	$P = P_2 P_7$	$5 \cdot 10^{-8}$
2–8	$P = P_2 P_8$	$10^{-8}$
2–9	$P = P_2 P_9$	$10^{-8}$
2–10	$P = P_2 P_{10}$	$4 \cdot 10^{-8}$
2–11	$P = P_2 P_{11}$	$10^{-10}$
3–7	$P = P_3 P_7$	$5 \cdot 10^{-7}$
3–8	$P = P_3 P_8$	$10^{-7}$
3–9	$P = P_3 P_9$	$10^{-7}$
3–10	$P = P_3 P_{10}$	$4 \cdot 10^{-7}$
3–11	$P = P_3 P_{11}$	$10^{-9}$
4–7	$P = P_4 P_7$	$10^{-6}$
4–8	$P = P_4 P_8$	$2 \cdot 10^{-7}$
4–9	$P = P_4 P_9$	$2 \cdot 10^{-7}$
4–10	$P = P_4 P_{10}$	$8 \cdot 10^{-7}$

### Окончание таблицы 3.30

Минимальное пропускное сочетание	Формула вычисления вероятности реализации	Вероятность реализации (P)
4–11	$P = P_4 P_{11}$	$2 \cdot 10^{-9}$
5–6–7	$P = P_5 P_6 P_7$	$3 \cdot 10^{-10}$
5–6–8	$P = P_5 P_6 P_8$	$6 \cdot 10^{-11}$
5–6–9	$P = P_5 P_6 P_9$	$6 \cdot 10^{-11}$
5–6–10	$P = P_5 P_6 P_{10}$	$2,4 \cdot 10^{-11}$
5–6–11	$P = P_5 P_6 P_{11}$	$6 \cdot 10^{-13}$

Для количественной оценки частот и вероятностей используют:

- данные из технической документации (для узлов и агрегатов);
- данные эксплуатации для соответствующих событий, в том числе данные о неисправности оборудования и ошибках персонала, взятые из опыта эксплуатации или опубликованных данных (с целью определения частоты, с которой данные события происходили в прошлом, и исходя из этого определения оценок частоты, с которой они произойдут в будущем). Используемые данные должны соответствовать типу системы, оборудования или деятельности, подлежащих рассмотрению;
- статистические данные (по аварийности и надежности технологических систем и природным явлениям);
- методы имитационного моделирования отказов оборудования и разрушений конструкции вследствие старения, а также других деградиционных процессов;
- экспертные оценки специалистов. Экспертные оценки должны учитывать всю имеющуюся информацию, в том числе статистическую, экспериментальную, конструктивную и т.д. Экспертные методы включают такие методы, как метод Делфи, попарных сравнений, классификации групп риска и др.

Обобщенные отечественные и зарубежные данные по вероятностям отказов оборудования и отдельным частотам инициирующих событий представлены, в частности, в работе (Анализ риска, 2007).

#### **Иллюстративный пример построения и анализа дерева отказов**

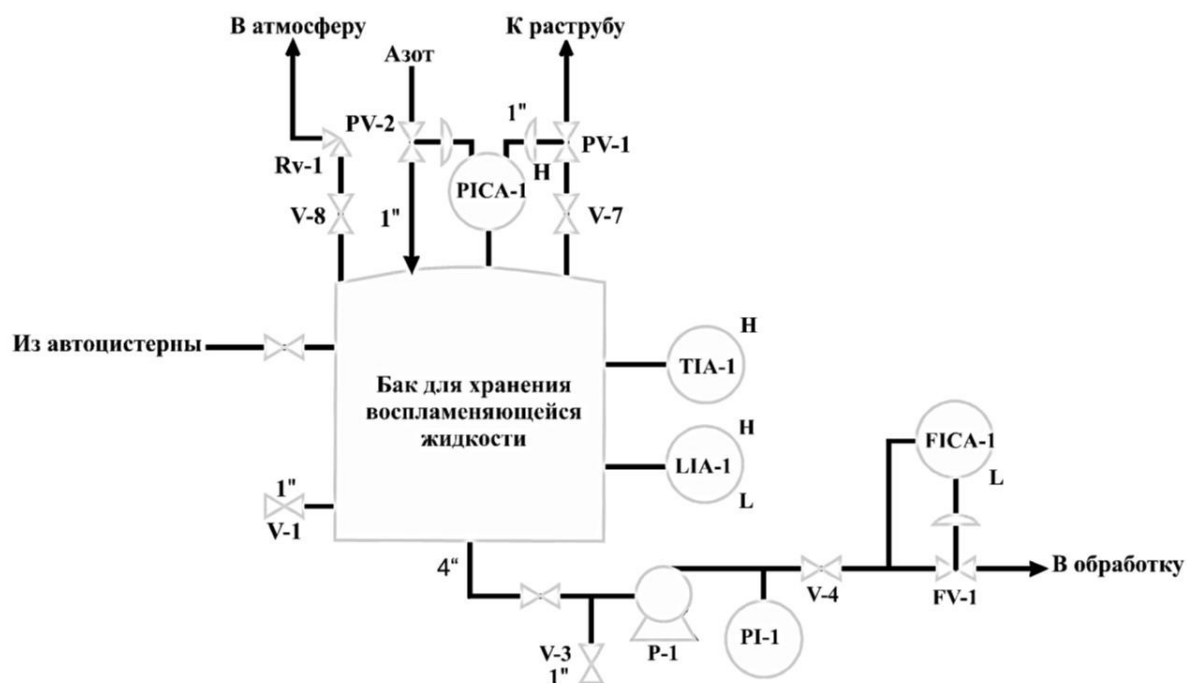
Применение метода ФТА продемонстрируем на примере исследования опасности при хранении горючей жидкости.

Будет рассмотрено головное событие – выброс горючей жидкости из бака хранения. Предполагается, что были проведены исследования методом HAZOP, данные которого используются в примере.

Пример приводится на основе материалов работы (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999).

### Описание системы

Система хранения горючей жидкости в виде диаграммы распределения ресурсов и оборудования (P&ID – Process and Instrumentation Diagrams) бака для хранения воспламеняющейся жидкости дана на рисунке 3.33. Бак спроектирован так, чтобы удерживать жидкость под слабым давлением азота. Система управления (PICA-1) контролирует давление. Кроме этого, бак защищен с помощью клапана, который перекрывается в аварийных ситуациях. Жидкость питает бак через автоцистерну. Насос (P-1) перекачивает воспламеняющуюся жидкость для дальнейшей переработки.



Бак для хранения воспламеняющейся жидкости

Рисунок 3.33. Диаграмма распределения ресурсов и оборудования (P&ID) бака для хранения горючей жидкости

### Обозначение системы хранения горючей жидкости

FV	–	управляющий клапан потока;	L	–	уровень;
P-1	–	насос;	F	–	поток;
PV	–	управляющий клапан давления;	I	–	индикатор;
V	–	клапан;	C	–	контроллер;
RV	–	предохранительный клапан;	A	–	сигнализатор;
P	–	давление;	H	–	высокий;
T	–	температура;	L	–	низкий.

## Построение дерева отказов

Введем следующие обозначения для событий:

В – для основных/инициирующих и неразвитых событий,

М – для промежуточных событий,

Т – головное событие.

Процедура начинается с головного события (основной выброс воспламеняющегося вещества) и определяет возможные события, которые могли привести к этому головному событию.

Головное событие может индуцироваться несколькими событиями, например:

М1: Утечка во время разгрузки автоцистерны.

М2: Разрушение бака из-за внешних событий.

В1: Повреждение сливного отверстия бака.

М3: Повреждение бака из-за взрыва.

М4: Повреждение бака из-за избыточного давления.

Причем каждое из этих событий может привести к головному событию.

Для события В1 существует адекватная информация, что позволяет считать его основным событием.

События М1, М2, М3 и М4 требуют дальнейшего развития.

Анализ продвигается вниз на один уровень, пока все механизмы отказов не будут исследованы до соответствующей глубины или дальнейшего развития промежуточных событий не считается необходимым или возможным. Схематичное построенное дерево отказов представлено на рисунке 3.34. Основные события и неразвитые события обозначены кругами и ромбами соответственно. Структура дерева отказа включает одно головное событие, которое соединяется с набором соответствующих нижестоящих событий, образующих причинные цепи. Для связи между событиями в «узлах» деревьев используются только логические связи «И» и «ИЛИ». Как неоднократно упоминалось, логический знак «И» означает, что вышестоящее событие возникает при одновременном наступлении нижестоящих событий, клапан «ИЛИ» означает, что вышестоящее событие может произойти вследствие возникновения одного из нижестоящих событий. Логические условия выбираются исходя из «здорового смысла» работы системы.

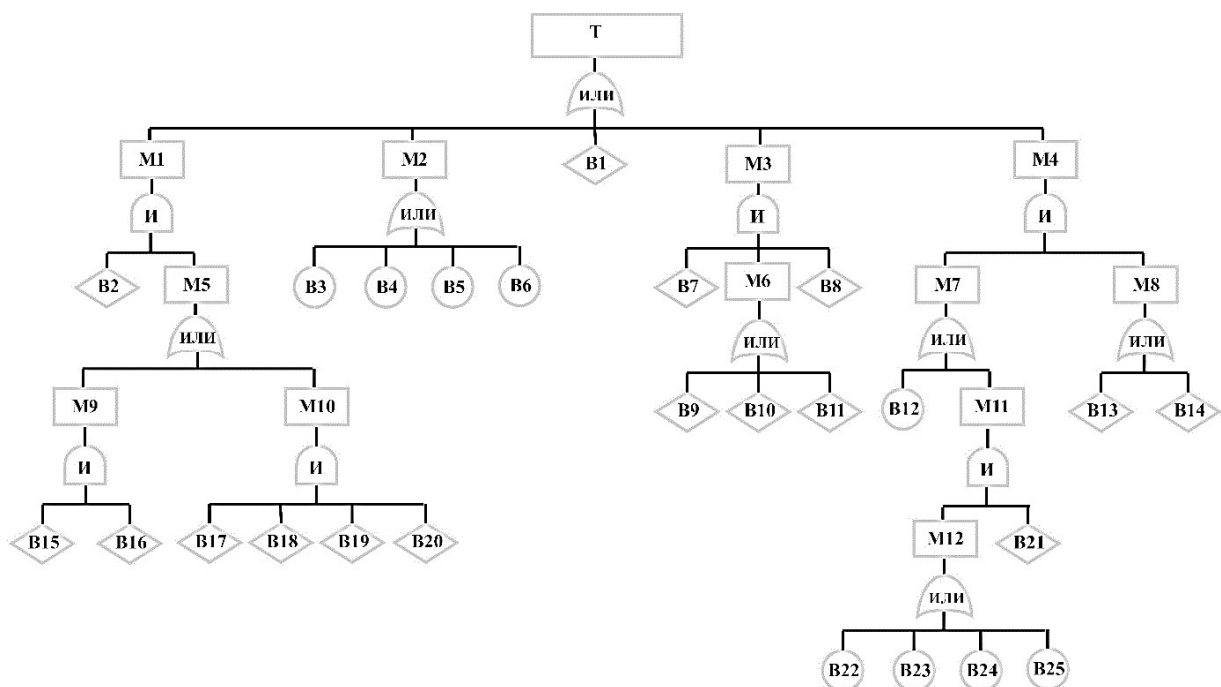


Рисунок 3.34. Схематическое дерево отказов бака для хранения горючей жидкости

Таблица 3.31. События и частоты или вероятности их возникновения

Обозначение	Характеристика события	Вероятность (частота) события
В1	Повреждение сливного отверстия бака	$1 \cdot 10^{-4}$ /год
В2	Частота разгрузки цистерны	300/год
В3	Воздействие от средства передвижения	$1 \cdot 10^{-5}$ /год
В4	Авиакатастрофа	$1 \cdot 10^{-6}$ /год
В5	Землетрясение	$1 \cdot 10^{-5}$ /год
В6	Торнадо	$1 \cdot 10^{-5}$ /год
М5	Пролив из бака	$1 \cdot 10^{-4}$
М9	Переполнение бака и истечение через RV-1	$1 \cdot 10^{-4}$
М10	Разрыв бака вследствие реакции	$1 \cdot 10^{-7}$
В15	Достаточный объем в баке для разгружаемой цистерны	$1 \cdot 10^{-2}$
В16	Отказ или игнорирование LIA-1	$1 \cdot 10^{-2}$
В17	Недопустимое вещество в цистерне	$1 \cdot 10^{-3}$
В18	Из цистерны перед разгрузкой не взята проба	$1 \cdot 10^{-2}$
В19	Реагент реагирует с разгружаемыми веществами	$1 \cdot 10^{-1}$
В20	Рост давления превосходит пропускную скорость RV-1 и PV-1	$1 \cdot 10^{-1}$
В7	Разгружаемый бак требует очистки азотом	10/год

Окончание таблицы 3.31

Обозначение	Характеристика события	Вероятность (частота) события
М6	Индукцируется вакуум	$2 \cdot 10^{-2}$
В8	Кипение недостаточно, чтобы предотвратить вакуум	$1 \cdot 10^{-2}$
В9	PV-2 ошибочно закрыт	$1 \cdot 10^{-2}$
В10	Отказ PISA-1 при закрытии PV-2	$1 \cdot 10^{-2}$
В11	Сбой в подаче азота	$1 \cdot 10^{-4}$
М7	Давление в баке превышено	$1 \cdot 10^{-2}$
М8	Отказ предохранительной системы при повышенном давлении	$2 \cdot 10^{-3}$
В12	Отказ PISA-1 при закрытии PV-1	$1 \cdot 10^{-2}/\text{год}$
М11	Превышено давление в баке	$4 \cdot 10^{-5}/\text{год}$
В13	Повышенная пропускная способность RV-1	$1 \cdot 10^{-3}$
В14	V-8 закрыт	$1 \cdot 10^{-3}$
М12	Высокое давление в баке	$4 \cdot 10^{-3}/\text{год}$
В21	Отказ или игнорирование PISA-1	$1 \cdot 10^{-2}$
В22	PV-1 ошибочно закрыт	$1 \cdot 10^{-3}/\text{год}$
В23	V-7 закрыт	$1 \cdot 10^{-3}/\text{год}$
В24	Температура во входном отверстии выше нормальной	$1 \cdot 10^{-3}/\text{год}$
В25	Высокое давление в оголовке факела	$1 \cdot 10^{-3}/\text{год}$

### Качественный анализ

Производится с помощью анализа минимальных сечений. Однако уже при беглом взгляде выявляется 5 основных путей, ведущих к вершине: В1, В3–В6.

На этом этапе необходимо гарантированно определить все минимальные сечения. Минимальное сечение, которое не ведет к вершине, – показатель ошибки построения дерева или ошибки в определении минимального сечения.

### Количественный анализ

Дерево отказов должно быть внимательно просмотрено на предмет обнаружения повторяющихся событий, которые могут привести к численной ошибке. В нашем случае повторяющиеся события отсутствуют.

Расчет начинается с подножия дерева отказов и продолжается в направлении вершины. Важно помнить правила оперирования с частотами и вероятностями при логических связях «И» или «ИЛИ» (таблица 3.32).



Таблица 3.32. Правила оперирования с частотами и вероятностями при логических связях «И» или «ИЛИ» для расчетов по методу ФТА

Условие	Входная пара (B), (C)	Вычисление выхода (A)	Размерность*
«или»	$P_B^*$ «или» $P_C$	$P_A = P_B + P_C - P_B P_C \cong P_B + P_C$	$t^{-1}$
	$F_B^*$ «или» $F_C$	$F_A = F_B + F_C$	
	$F_B$ «или» $P_C$	не разрешено	
«и»	$P_B$ «и» $P_C$	$P_A = P_B \cdot P_C$	$t^{-1}$
	$F_B$ «и» $F_C$	не разрешено;	
	$F_B$ «и» $P_C$	$F_A = F_B \cdot P_C$	

Пояснения: \*P – вероятность; F – частота (время<sup>-1</sup>); t – время (год).

Продемонстрируем расчет для самой левой ветви дерева отказов, поднимающейся к событию M1.

Событие M9 «Переполнение танка и истечение через RV-1» наступает при одновременном наступлении B15 и B16:

$$P(M9) = P(B15) \times P(B16) = 1 \cdot 10^{-2} \times 1 \cdot 10^{-2} = 1 \cdot 10^{-4}$$

К M10 ведут через клапан «И» 4 события, заданные их вероятностями:

$$P(M10) = P(B17) \times P(B18) \times P(B19) \times P(B20) = \\ = 1 \cdot 10^{-3} \times 1 \cdot 10^{-2} \times 1 \cdot 10^{-1} \times 1 \cdot 10^{-1} = 1 \cdot 10^{-7}$$

M10 и M9 ведут к M5 через клапан «ИЛИ»:

$$P(M5) = P(M9) + P(M10) - P(M9) \cdot P(M10) = \\ = 1 \cdot 10^{-4} + 1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-11} \approx 1 \cdot 10^{-4}$$

События M1 – промежуточное, наступающее при одновременном появлении B2, заданного частотой и M5, заданного вероятностью:

$$F(M1) = F(B2) \times P(M5) = 300 \cdot \text{год}^{-1} \times 1 \cdot 10^{-4} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}.$$

Аналогично рассчитываются все другие частоты и вероятности. Приведем рассчитанные частоты пяти основных промежуточных событий, ведущих к вершинному:

$$F(M1) = 3 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}; F(M2) = 3 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}; F(B1) = 1 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}; \\ F(M3) = 2 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}; F(M4) = 2 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Наконец, рассчитывается частота головного события  $F(T) \approx 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$ .

Таким образом, метод ФТА разбивает аварию или чрезвычайную ситуацию на составляющие компоненты, определяемые отказами оборудования. При анализе деревьев отказов выявляются комбинации отказов (неполадок) оборудования, инцидентов, ошибок персонала и нерасчетных внешних (техногенных, природных) воздействий, приводящих к верхнему, финальному или головному событию (аварии или чрезвычайной ситуации). Метод используется главным образом для анализа возможных причин возникновения головного нежелательного события и расчета частоты его возникновения.

Систематичное, логически обоснованное построение множества отказов элементов системы, которые могут приводить к аварии, требует полного понимания функционирования системы и характера возможных отказов ее элементов. Включение в дерево отказов внешних причин дополнительно требует понимания особенностей взаимосвязи анализируемой системы с другими техническими системами и природными явлениями. В совокупности это обуславливает привлечение к построению и анализу деревьев отказов специалистов-экспертов.

### **Методы построения и анализа деревьев событий (ЕТА)**

В отличие от метода анализа деревьев отказов (ФТА), построение и анализ дерева событий (Effect Tree Analysis – ЕТА) представляет собой «осмысливаемый вперед» процесс, то есть начиная с исходного события рассматриваются цепочки последующих событий (сценарии развития аварийной ситуации), приводящих к воздействию тех или иных поражающих факторов на людей, их имущество и окружающую среду. Другими словами, анализ **дерева событий** (АДС) – алгоритм построения последовательности событий, исходящих из головного (основного) события (например, чрезвычайной или аварийной ситуации). Как правило, используется для анализа развития аварийной ситуации. Пример простого дерева событий для взрыва пыли с указанными на нем вероятностями представлен на рисунке 3.35.

Частота каждого сценария развития аварийной ситуации (результатирующего события) рассчитывается путем умножения частоты основного события на условные вероятности последующих событий вплоть до конечного результирующего события сценария.

Другой пример дерева событий аварий на установке первичной переработки нефти показан на рисунке 3.36.

Цифры на рисунке 3.36 рядом с наименованием события, как и в предыдущем примере, показывают условную вероятность возникновения этого события. При этом вероятность возникновения инициирующего события (выброс нефти из резервуара) принята равной 1. Значение частоты или вероятности возникновения отдельного события или сценария пересчитывается путем умножения частоты (вероятности) возникновения инициирующего события на условные вероятности развития аварии по конкретному сценарию.

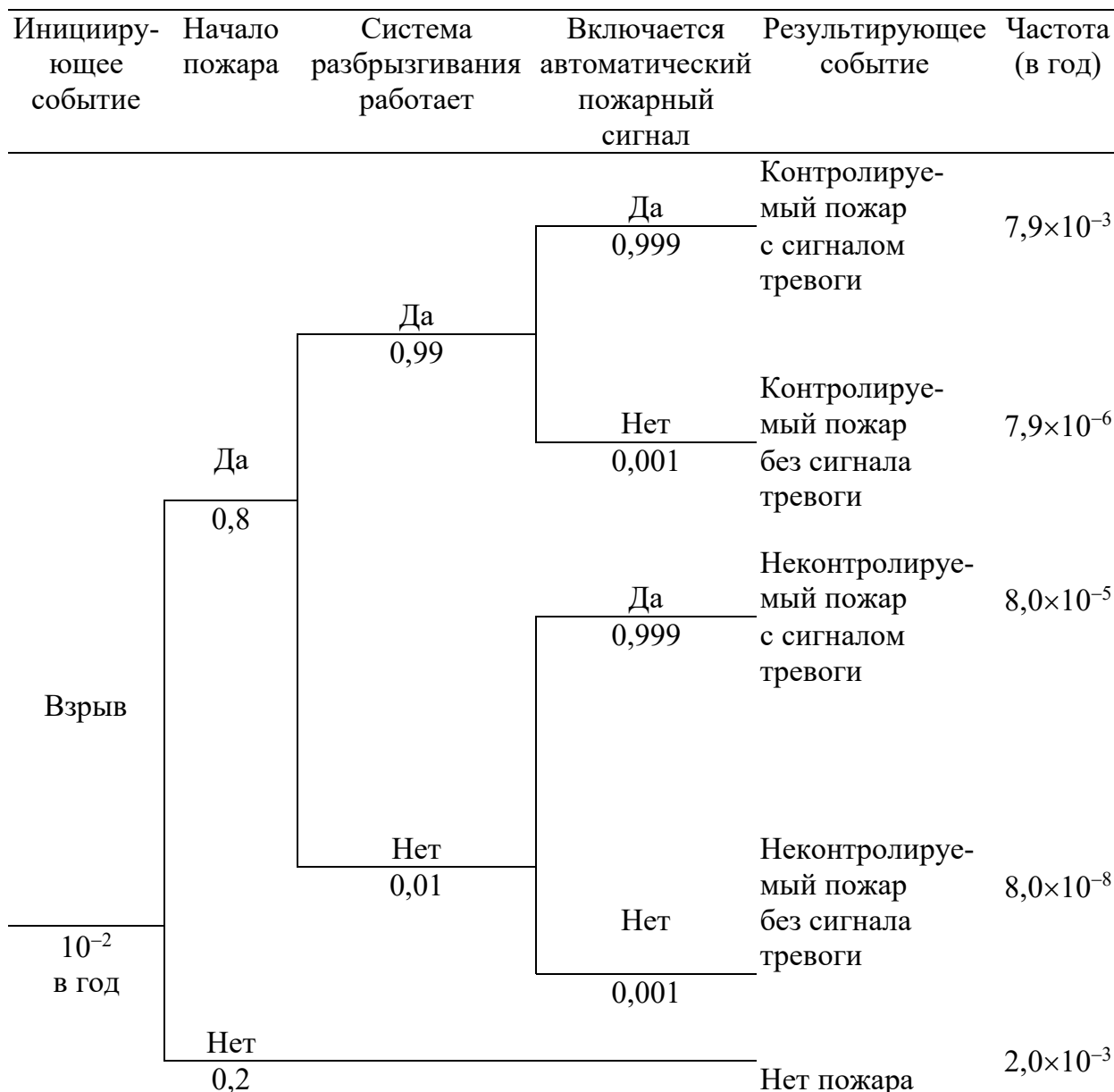


Рисунок 3.35. Пример «дерева событий» для взрыва пыли по (ГОСТ Р 51901-2002)

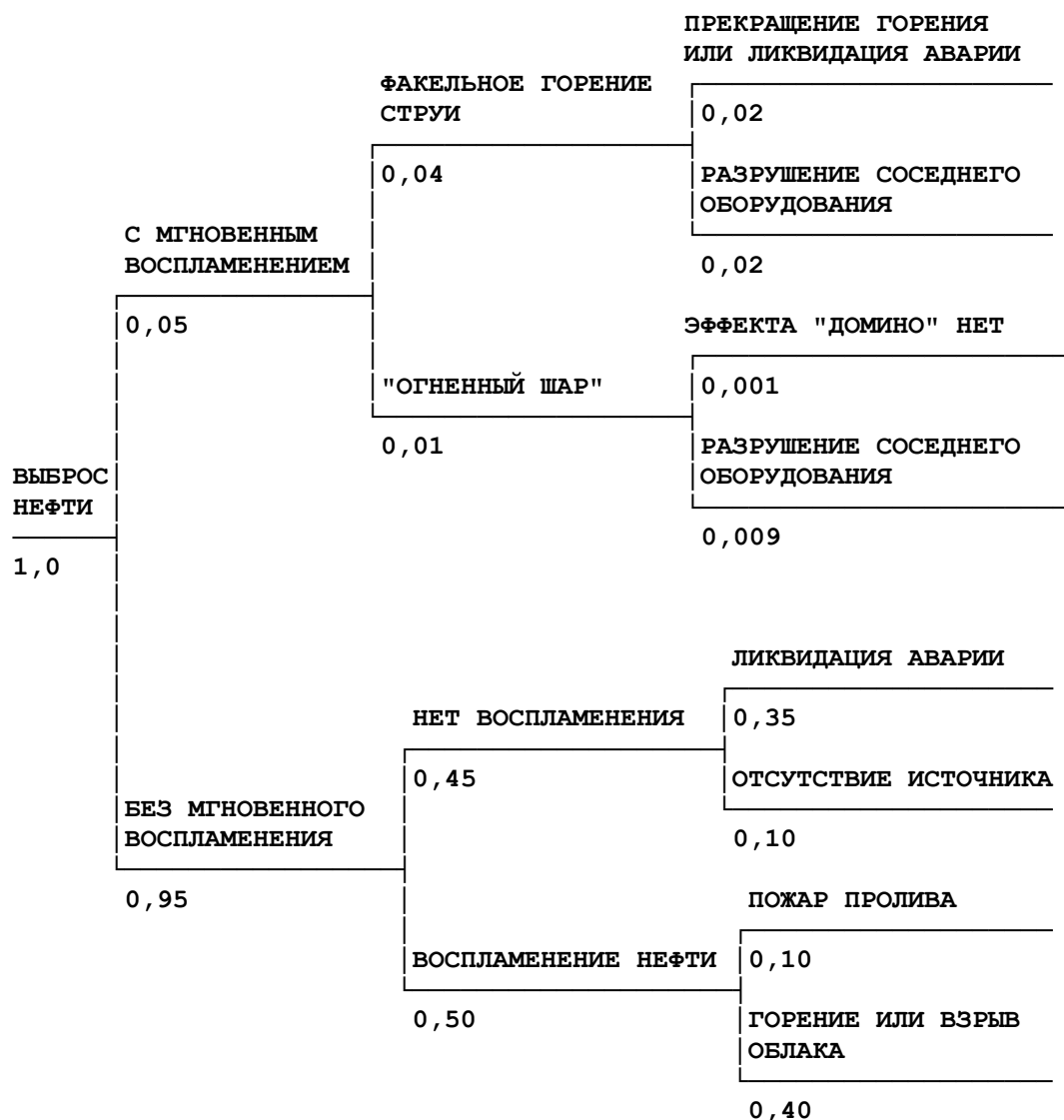


Рисунок 3.36. Пример построения «дерева событий» аварий на установке первичной переработки нефти

Примеры построения деревьев событий развития чрезвычайной ситуации, в частности на крупной железнодорожной станции, возникновение которых возможно при перевозке опасных грузов: сжиженных углеводородных газов, легко воспламеняющихся жидкостей, аварийно химически опасных и взрывчатых веществ, рассмотрены в работе (Дубровин, 2008).

Примеры деревьев событий для некоторых узлов и агрегатов, характерных для нефте- и газодобычи совместно с данными об условных вероятностях развития аварийной ситуации приведены в работе (Быков, Востоков, Соколов и др., 2007).

Таким образом, дерево событий – это формализованная последовательность потенциально возможных событий развития чрезвычайной

или аварийной ситуации, исходящих из основного события, являющегося для дерева отказов головным событием. ЕТА очень полезен для продолжения количественного анализа риска на основе или с использованием результатов анализа ФТА (по крайней мере, в отношении результатов определения головных событий дерева отказов и их частот или вероятностей).

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 последствий, т.е. ответные действия, направленные на устранение влияния реализовавшегося исходного события. Они включают:

- работу системы защиты, включая системы автоматического отключения;
- работу сигнализации, предупреждающую персонал о произошедших событиях;
- действия персонала, выполняемые по сигналу тревоги или в соответствии с технологическим регламентом;
- защитные и сдерживающие методы, направленные на ограничение влияния событий.

Необходимо определить все возможные действия, которые могут изменить результат реализации исходного события, причем в той хронологической последовательности, в которой развивается аварийная или чрезвычайная ситуация.

Далее необходимо определить: как успех или неуспех ответного действия влияет на ход развития процесса. Если такое влияние существует, то в структуру дерева событий включается точка ветвления, в которой добавляется восходящий участок в случае успеха или нисходящий – в случае неуспеха ответного действия. Если действие не влияет на развитие процесса, горизонтальная линия продолжается до следующего ответного действия. Каждая точка ветвления создает новые пути развития процесса, которые также должны быть исследованы.

Успех или неуспех ответных действий включается в дерево событий. 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, по литературным данным или другими способами.

Следует учесть, что вероятности на дереве событий являются условными. Например, вероятность функционирования системы пожаротушения – разбрызгивателя не является вероятностью, полученной на основании испытаний при нормальных условиях, а является вероятностью функционирования в условиях пожара, вызванного взрывом.

Последним этапом процедуры построения дерева событий является описание последовательности событий, которые должны представлять множество всех последствий, сопровождающих исходное событие.

Таким образом, моделируются различные способы развития событий, начиная с исходного. Дерево событий в этом случае предоставляет возможность в строгой форме записывать последовательности событий и определять взаимосвязи между исходными и последующими событиями, сочетание которых приводит к определенным последствиям. Каждая ветвь дерева событий представляет собой отдельный эффект (последовательность событий), который является точно определенным множеством функциональных взаимосвязей, отображаемых вероятностями того, что все входящие в него события произойдут. Поэтому частота результата представляется произведением отдельных условных вероятностей и частоты исходного события, при условии, что различные события являются независимыми.

Выходные данные анализа ЕТА включают качественные описания развития и сочетания событий, количественные оценки частоты событий или их вероятностей и соответствующую значимость различных последовательностей развития событий, рекомендации по уменьшению рисков, возможно, с оценкой их результативности.

Таким образом, метод ЕТА позволяет наглядно в графической форме отображать возможные сценарии, которые следуют за исходным событием, и влияние исправности или отказа систем или функций, направленных на уменьшение неблагоприятных последствий, и также позволяет учитывать фактор времени, взаимосвязи событий и «эффекты домино», моделирование которых в рамках анализа дерева событий нецелесообразно.

Однако для применения ЕТА необходимо выявить все возможные исходные события, что осуществляется, например, на основе результатов

применения качественных методов оценки опасностей (HAZOP, FMEA, РНА и др.). Однако всегда существует возможность того, что какие-то значимые исходные события не будут выявлены. При этом каждый путь развития ситуации 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, в конечном итоге, к недооценке риска. Кроме того, в методе рассматриваются только исправные и неисправные состояния системы, события восстановления или отложенные исправные состояния затруднительно включить в анализ.

# Глава 4. ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ МЕТОДОВ АНАЛИЗА РИСКОВ

## 4.1. Анализ предаварийных ситуаций

Подраздел излагается в большей степени на основе и с использованием материалов (Блок, Селиг, Порфирьев и др., 1999).

Предаварийные ситуации – это происшествия или события, происходящие на предприятии, в результате которых могла бы произойти авария, но не произошла по той или иной причине. Крупная авария происходит, как правило, при наступлении множества неблагоприятных обстоятельств в одно и то же время. Если одно или более из этих обстоятельств не осуществляются, создается предаварийная ситуация.

На среднестатистическом предприятии предаварийные ситуации случаются каждую неделю. Опыт показывает, что количество предаварийных ситуаций на каком-либо предприятии тесно связано с числом крупных аварий, незначительных аварий с нанесением легких травм персоналу и аварий с ущербом имуществу. Для наглядного представления этих взаимосвязей можно использовать пирамиду аварий, подобную представленной на рисунок 4.1.

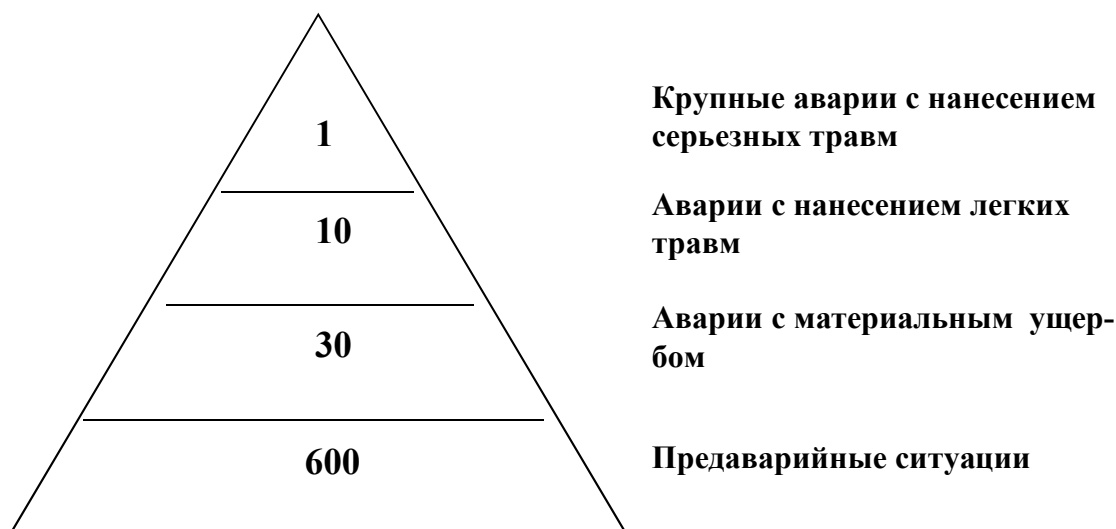


Рисунок 4.1. Иллюстративная пирамида аварий



Используя эту пирамиду, можно сказать, что если на предприятии возникает 1 предаварийная ситуация в неделю, можно ожидать одну крупную аварию каждые 12 лет. Разумеется, численные соотношения могут быть другими, они зависят от проведенных исследований и типа рассматриваемых предприятий, но сам принцип довольно прост для понимания и легок в употреблении.

Установлено, что основная причина большинства аварий – неудовлетворительное функционирование системы управления рисками в области производственной безопасности. В соответствии с требованиями Директивы Seveso II операторы на зарубежных предприятиях обязаны описывать и документально оформлять существующую систему управления рисками в области производственной безопасности. Кроме того, важнейшими элементами этой системы являются отчетность и широкая публикация данных о предаварийных ситуациях.

Учет и анализ предаварийных ситуаций дает возможность руководству предприятия извлекать уроки аварии, которая могла бы произойти, но, к счастью, не произошла. Факторы, повлиявшие на возникновение предаварийной ситуации, могут быть приняты во внимание, соответственно – предприняты меры, приводящие к тому, что вероятность возникновения настоящей аварии снижается. Сокращение количества предаварийных ситуаций приведет к сокращению количества серьезных аварий и повышению уровня производственной безопасности в целом.

При составлении отчетов по происшествиям (предаварийной ситуации или аварии) на зарубежных предприятиях, после проведения опросов и исследований, помимо собственно его подготовки, обычно предпринимаются следующие шаги:

- изучается природа происшествия;
- происшествие классифицируется;
- определяется, содержит ли происшествие уроки, которые необходимо извлечь;
- если необходимо, представляются предложения:
  - a) по модификации или изменению производственного (технологического) процесса;
  - b) внесению изменений в систему управления безопасностью;
  - c) принимаются решения о представлении или публикации информации о происшествии (детальное описание аварии):
    - d) внутри компании;

е) за пределами компании (в зависимости от степени конфиденциальности):

- внутри отрасли промышленности;
- для публикации в журнале.

Например, составление отчетности по предаварийным ситуациям много лет является установившейся зарубежной практикой среди диспетчеров и членов летного состава в авиационной промышленности. В то же время оно еще не получило широкого применения во многих отраслях промышленности. В некоторых компаниях сотрудников довольно трудно убедить в необходимости составления отчетов по произошедшим предаварийным ситуациям. Многие предпочитают хранить молчание и скрывать случившееся. Возможно, они боятся получить выговор или какое-либо другое наказание за недостаточную осторожность или неспособность надлежащего выполнения какой-либо операции. Также люди могут бояться показаться глупыми в глазах своих сослуживцев. Если на предприятии существует такая атмосфера, то это проблема руководства, которое не должно применять меры взыскания, а внести соответствующие перемены и способствовать тому, чтобы люди были заинтересованы в составлении отчета и представлении информации о происшествии (предаварийной ситуации). Скрытые сегодня от внимания предаварийные ситуации, если они повторятся завтра, то могут стать причиной более серьезных аварий, в том числе с гибелью одного и более сотрудников.

Данные о происшествии или предаварийной ситуации могут вноситься в документ, примерный образец которого из европейской системы отчетности представлен на рисунок 4.2,а,б.

Этот документ заполняется специалистом в области производственной безопасности со слов работника предприятия, который непосредственно наблюдал происходящее происшествие.

В раздел 4 формы, представленной на рисунке 4.2,а, включены типичные случаи неадекватных действий персонала и опасных условий эксплуатации, пример типизации которых представлен в таблице 4.1.

Форма, представленная на рисунке 4.2,б, как правило, заполняется после изучения экспертом по производственной безопасности или группой экспертов места происшествия или предаварийной ситуации, для получения более четкого представления об обстоятельствах случившегося.

Система отчетности по происшествиям

Приложение № 1

Страница 1: Сообщение и происшествия (для общего пользования)

**1. Класс происшествия**       Авария       Предаварийная ситуация

**2. Характер происшествия**    Травмы    Ущерб    Материальный ущерб

Воздействие на окружающую среду       Пожар/взрыв  
 Транспортировка

Другое

**3. Детали происшествия**

Предприятие/расположение

Время

Состояние эксплуатации:    Нормальная эксплуатация       Обслуживание    Запуск

Отключение       Нарушение

процесса    Строительство

Краткое описание задействованного оборудования / осуществляемого процесса и режима его нормальной работы:

Описание происшествия:

Тяжесть последствий или потенциальных последствий

	Крупномасштабные	Серьезные	Незначительные
Ущерб Производственные потери Травмы персонала Экологический ущерб			

Тип и количество выброса/сброса/утечки:

**4. Непосредственные причины:** описание непосредственной причины происшествия

Опасные условия эксплуатации	Неадекватные действия персонала

Как часто происходит остановка процесса / насколько надежно оборудование?  
(оценка частоты)

**5. Немедленно принятые меры**

Рисунок 4.2,а. Образец первой страницы европейской системы отчетности по происшествиям

6. Подлежит ли происшествие регистрации в официальных структурах  
 ДА  НЕТ

7. Основная причина происшествия: опишите факторы, которые способствовали возникновению непосредственной причины

8. Классификация основных причин / Недостатки системы управления безопасностью

Проверка	Адекватность элементов	Проверка	Адекватность элементов
	Процедур Стандартов Проектирования Аудита Проверки и тестирования		Управления переоснащением производственных мощностей Проверки при подготовке к запуску Изучения производственных опасностей Информации по безопасности процесса Обучения / инструктажа

9. Рекомендации / дальнейшие действия

Необходимо ли расследование всего случая?  ДА  НЕТ

Превентивные меры	Ответственный	Срок выполнения	Завершено?

Список собранных самостоятельных отчетов:

10. Общие уроки. Описание опыта, который следует принять во внимание (уроков, которые следует извлечь), в отношении основных причин, а также новые приобретенные знания

Эти уроки являются новыми?  ДА  НЕТ

Необходимо решить, кому важно иметь эту информацию внутри компании, отрасли, а также за их пределами

Рисунок 4.2,б. Образец второй страницы европейской системы отчетности по происшествиям

Таблица 4.1. Пример типизации неадекватных действий персонала и опасных условий эксплуатации

Опасные условия эксплуатации	Неадекватные действия персонала
Отказ системы контроля безопасности. Плохая работа сигнальной системы. Эргономические факторы. Ошибки на стадиях проектирования, строительства, производства. Химическая реакция. Неправильный подбор материалов	Несоблюдение требований инструкций, разрешений. Неправильный подбор оборудования. Неиспользование индивидуальных средств защиты. Неправильная изоляция или отсутствие изоляции

Из некоторых происшествий могут не вытекать какие-либо уроки и возможные решения, которые могли бы способствовать предотвращению возникновения повторных инцидентов. Если произошло рядовое событие, не повлекшее за собой никакого ущерба, тогда, возможно, не следует предпринимать каких-либо дальнейших действий, так как дальнейшие действия могут оказать негативное влияние, поскольку сотрудники и менеджеры предприятия станут воспринимать всю систему отчетности как маловажную, бюрократическую или просто как пустую трату времени.

Если же существует необходимость в осуществлении дальнейших действий, тогда специалист по производственной безопасности совместно с представителями производственных отделов и отделов технического обслуживания должен определить, какие возможные действия необходимо осуществить.

Например, если инцидент произошел по причине неиспользования средств индивидуальной защиты (СИЗ), будет недостаточно просто приказать всем использовать СИЗ в будущем. Прежде всего, необходимо выяснить, почему СИЗ не использовали. Имелись ли они в наличии? Удобно ли было их носить? Находились ли они в исправном состоянии? Испытывали ли люди неудобства, используя СИЗ при выполнении каких-либо производственных задач (например, в ограниченных пространствах)? Если что-либо из названного обнаружено, тогда требуется решение о внесении необходимых усовершенствований в систему управления производственной безопасностью. В некоторых случаях, например при неправильном соединении трубопроводов или шлангов, необходимо произвести замену определенных деталей, например установку различных муфт для различных химических веществ, чтобы избежать неправильного

соединения в будущем. В других ситуациях лучшим вариантом является изменение утвержденных процедур, сопровождаемое обучением персонала по новым инструкциям.

Руководству предприятия необходимо принять решение об объеме и содержании публикуемой информации о происшествии, с учетом соблюдения коммерческой тайны. Как правило, персонал предприятия должен быть осведомлен о деталях инцидента и его возможных последствиях. При возможности необходимо предоставить информацию всем, кто может положительно повлиять на ситуацию, имея представление о конкретном инциденте. В некоторых зарубежных отраслях промышленности, таких как производство удобрений, компании создают совместные организации для защиты собственных интересов, совместных исследований и обмена информацией. Такие организации являются идеальными источниками информации об аварийных ситуациях в определенной промышленной сфере. Популярный журнал «Loss Prevention Bulletin», издаваемый институтом инженеров-химиков в Великобритании, регулярно собирает и публикует информацию об инцидентах и предаварийных ситуациях со всего мира.

Приведем для иллюстрации несколько примеров предаварийных ситуаций и принятых решениях.

**Пример 4.1.1.** Утечка газа, используемого при сварке (рисунок 4.3). Сварка осуществлялась на уровне около 1,5 м от земли. Сварочные цилиндры находились на земле. Раскаленная частица упала на резиновый шланг, присоединенный к цилиндру, в результате чего на шланге образовалась дырочка. Вспыхнул огонь, но он был быстро потушен ручным огнетушителем. В результате ущерб был минимальным, без производственных потерь. Но потенциально последствия могли бы быть серьезными, если бы не удалось легко и быстро потушить огонь.

Возможны несколько способов предотвращения возникновения повторного подобного инцидента.

- Установка сварочных цилиндров на большем расстоянии от сварочного аппарата с тем, чтобы искры не могли достигнуть шлангов (хотя это может создавать неудобства и препятствовать должному ведению работы). Цилиндры не следует помещать непосредственно под пламенем.

- Обеспечение сварочных цилиндров и шлангов огнезащитным покрытием – *изменение в процедуре*. Это не является дорогостоящим вариантом и создает минимум неудобств. Сварщиков необходимо будет заново проинструктировать. Однако всегда есть вероятность, что они могут забыть о том, что нужно сделать.

- Замена всех резиновых шлангов на стальные. Данный вариант достаточно дорогой, если учитывать, что на месте будет иметься много комплектов сварочного оборудования.

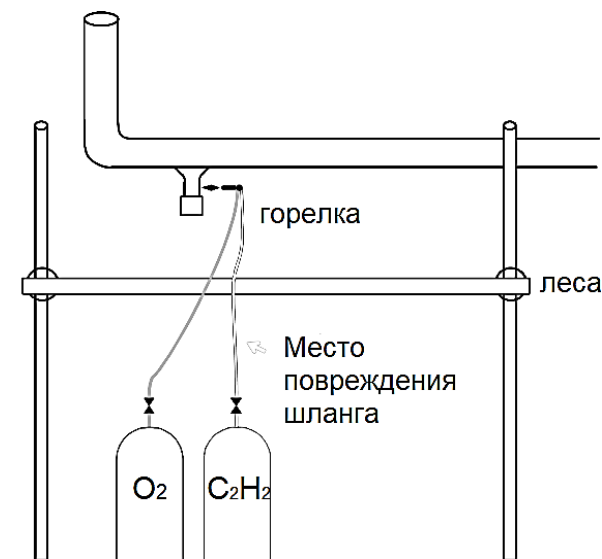


Рисунок 4.3. Иллюстрация к примеру 4.1.1 с утечкой газа при сварке

Последнее решение проблемы поможет предотвратить повторное возникновение инцидента, тем не менее руководству предприятия необходимо, принимая решение, определить, насколько значительно снижение риска по сравнению с дополнительными затратами.

**Пример 4.1.2.** Наполнение автоцистерн химическими веществами с использованием программируемого логического контроллера (рисунок 4.4).

Погрузочная площадка использовалась для наполнения автоцистерн различными химическими продуктами. Программируемый логический контроллер (ПЛК) использовался для управления шлагбаумами, подъемной площадкой, загрузочными рукавами, стравливающими клапанами и фонтанными задвижками (регуляторами потока).

Однажды во время погрузочных работ было обнаружено, что подъемная площадка и загрузочные рукава произвольно движутся вверх-вниз. Конечно, было бы гораздо более опасно, если бы и задвижки также

функционировали сами по себе. Чтобы остановить это произвольное движение, гидравлическая энергия была отключена. Было установлено, что ПЛК давал случайные выходные сигналы. В результате проверки не удалось установить, какой именно элемент ПЛК вышел из строя. Внутри помещения, где установлен ПЛК, было влажно, образовался конденсат, и это могло стать тем фактором, способствующим возникновению инцидента.

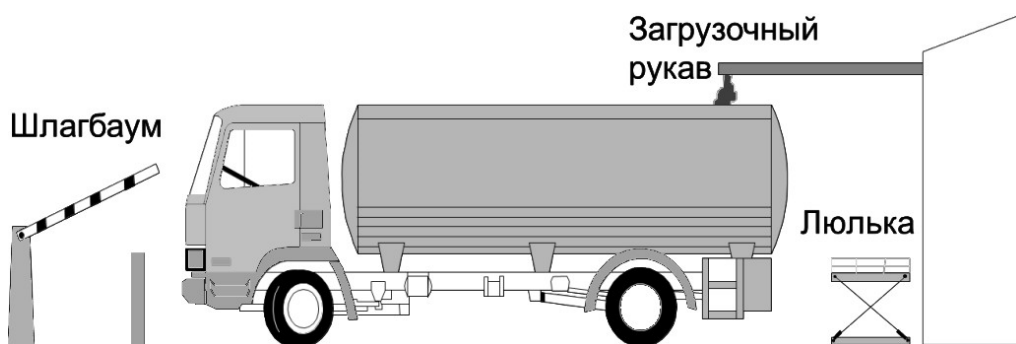


Рисунок 4.4. Иллюстрация к примеру 4.1.2 с наполнением автоцистерн химическими веществами с использованием программируемого логического контроллера

Для предотвращения повторного инцидента были предприняты следующие шаги:

- установка у ограждения вентиляторов для предотвращения образования конденсата;
- внедрение *регулярного тестирования*;
- система уже была оснащена автоматическим тормозом, при помощи которого было произведено автоматическое отключение процесса. Была установлена *фиксированная блокировка* для того, чтобы задвижки могли закрыться автоматически, перед тем как сработает автоматический тормоз ПЛК.

**Пример 4.1.3.** Подача топливного газа в газовую турбину (рисунок 4.5).

Подача топливного газа в газовую турбину осуществляется через длинную трубу с изгибом около ограждения турбины. В изгибе образовалась трещина и газ просочился в помещение. Сработали газоопределители, произошло автоматическое закрытие клапанов для ограничения выделения газа. Поврежденный *изгиб был заменен*, и система снова запущена в эксплуатацию.



Через несколько месяцев произошел *аналогичный разрыв другого изгиба*, который также был заменен. Ситуация повторилась *в третий раз* еще через несколько месяцев.

Эти инциденты повлекли за собой *серьезные производственные потери (раздел 3 формы отчетности)* и создавали потенциальную опасность взрыва в помещении.

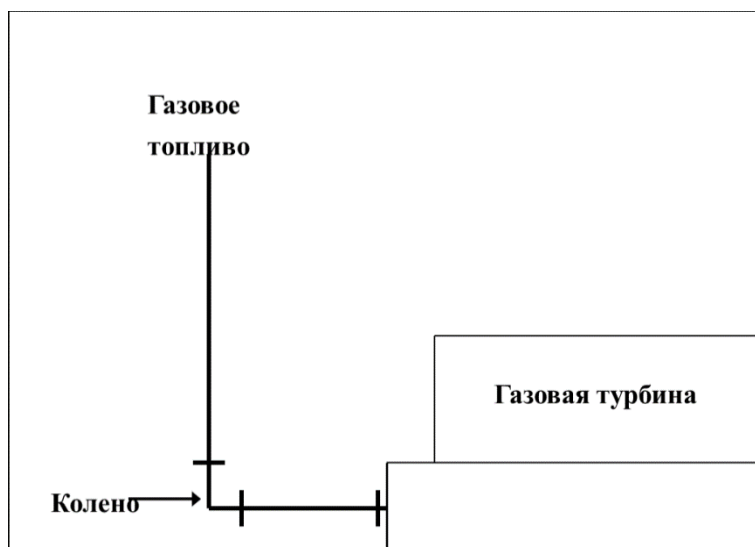


Рисунок 4.5. Иллюстрация к примеру 4.1.3 с подачей топливного газа в газовую турбину

*Непосредственной причиной* происшествия было «ненадежное состояние» изгибов вследствие *ошибки при проектировании, строительстве или обслуживании*.

В данном случае на стадии расследования не было проведено глубокого изучения причин происшествия:

- могло ли это произойти вследствие вибрации или усталости металлов?
- находились ли трубы под напряжением?
- может быть, подпорки труб и изгиба были в плохом состоянии?

Если бы все обстоятельства были тщательно изучены, было бы найдено решение, как предотвратить повторное возникновение инцидента. *После второго случая* руководство предприятия должно было понять, что необходимо не просто производить замену неисправных деталей, а *осуществить* соответствующие исследования и *меры по устранению причин* случившегося.

## **4.2. Интегральная методология оценки риска ARAMIS (АРАМИС)**

Данный подраздел подготовлен на основе материалов сборника (Менеджмент рисков, 2009).

Отметим определенную специфичность терминологии, применяемой в рамках методологии АРАМИС, что связано, как отмечалось ранее, с трудностями перевода с одной стороны, с другой – сложностью самих методологических схем и подходов, применяемых в рамках методологии АРАМИС. В ряде случаев нами будут даны соответствующие комментарии. Кроме того, в данном разделе не представлена детализация всех применяемых в методологии подходов, в большинстве случаев описываются только основополагающие идеи и моменты по реализации отдельных этапов применения методологии.

### **Общая схема методологии**

Происходящие во всем мире за последнее время события наглядно демонстрируют, что политические и деловые круги, принимающие решения на основе и с учетом оценки рисков, постоянно сталкиваются с трудностями в области управления техническими и технологическими производственными рисками. С одной стороны, это обусловлено сложностью процессов, с другой – определенным недоверием к решениям, поскольку общество в целом все более и более требует открытого доступа к информации и прозрачности процессов принятия решений. Фактически налицо дисбаланс между общественными ожиданиями и поступками лиц, наделенных правом принимать решения по возникающим проблемам, что в основном обусловлено неопределенностью и сложностью, с которыми приходится сталкиваться при оценке и управлении рисками. С этой целью в разных странах государственные органы уже давно предпринимают различные действия для повышения объективности и прозрачности принятия решений, для чего на основе современных знаний разрабатываются совершенные методологии, позволяющие повысить качество, надежность и оперативность решений и предпринимаемых действий.

Интересен и полезен в этом отношении европейский опыт на примере Директивы 96/82/ЕС от 9 декабря 1996 г. по контролю за угрозами крупномасштабных инцидентов на зарубежных объектах, использующих

в производстве опасные вещества, известной как Директива SEVESO II. Эта Директива применима для промышленности, которая использует значительные количества опасных веществ. Персонал на таких производствах должен продемонстрировать свои возможности применения политики по управлению рисками и предотвращению серьезных инцидентов, используя соответствующие меры, как технические, так и организационные, например в рамках системы управления производственной безопасностью. Они должны привести к снижению уровня риска не только для высоковероятных, но малосущественных инцидентов, но также и для маловероятных, но более существенных по последствиям инцидентов.

Промышленности необходимо иметь возможность идентифицировать и уменьшать риски, как того требуют законодательства в области технического регулирования разных стран. И эти меры должны быть приняты соответствующими компетентными органами. Эти компетентные органы должны иметь возможность оценивать уровень риска для конкретного предприятия, а также влияние управленческих решений на уровень производственной безопасности. Промышленность должна иметь возможность повысить качество управления для снижения риска, а компетентные органы – оценить общий уровень риска с учетом наиболее сильно влияющих факторов. Более 50 % всех серьезных инцидентов связано именно с человеческими и организационными факторами. И это достаточная причина, чтобы учитывать эти аспекты.

Чтобы охарактеризовать потенциальную угрозу и продемонстрировать, что связанный с ней риск поддается контролю, в рамках реализации вышеуказанной Директивы была разработана *интегральная методология оценки риска **Accidental Risk Assessment Methodology For Industries***, известная под аббревиатурой **ARAMIS** (АРАМИС). Ее появление обусловлено необходимостью разработки методологии, которая устанавливала бы согласованные и признаваемые компетентными государственными и промышленными экспертами в области оценки и управления рисками правила идентификации сценариев развития опасных ситуаций, учитывающие возможности смягчения их проявления и некоторые аспекты управления рисками в области промышленной безопасности. Другими словами, необходимо было разработать методологию, позволяющую оценить уровень риска с учетом возможностей применения превентивных мер. Методология АРАМИС предназначена для характеристики уровня риска с использованием параметров, связанных с оценкой

тяжести последствий развития аварийных сценариев, эффективностью превентивного управления и оценкой уязвимости объектов окружающей среды.

Проект АРАМИС предполагает при оценке риска связь между технической и организационной производственной безопасностью, используя подход, в оригинале названный *how-tie* («галстук-бабочка») (рисунок 4.6) и комбинирующий дерево отказов и дерево событий. С этим подходом связана идея, что различные события в последовательности развития инцидента могут быть предотвращены или их последствия смягчены, если реализуются функции безопасности по каждому событию. Функции безопасности считаются реализованными, если установлены **барьеры безопасности**, соответствующие каждой функции, и если конкретные организационные действия могут гарантировать эффективность этих барьеров. **Эффективность барьера безопасности** – способность барьера безопасности выполнять свою функцию безопасности на протяжении времени, в недеградированном состоянии и в специальных условиях. Организационные факторы и деятельность могут быть формальными, то есть описанными в соответствующей управленческой системе, или неформальными, просто соответствующими культуре безопасности и управления рисками.

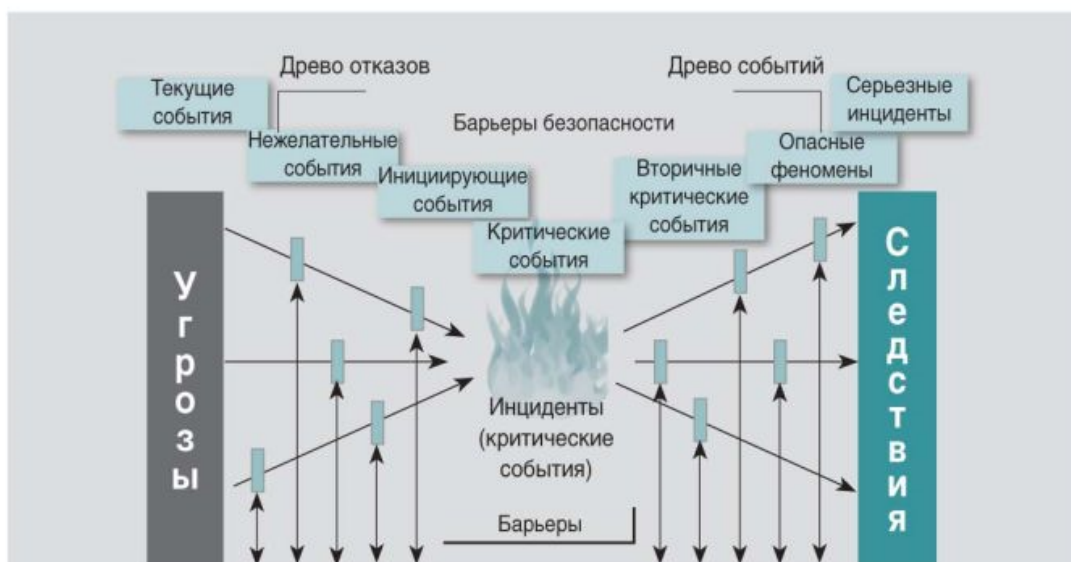


Рисунок 4.6. Схема «галстук-бабочка» развития сценария опасных событий с конкретным критическим событием

В сборнике (Менеджмент рисков, 2009) схема «галстук-бабочка» названа «песочные часы», поскольку такое название в большей степени

отражает ее суть: если «песочные часы» установить «угрозами» вверх, то развитие событий (движение песка) образно показывает динамику событий – от «угроз» к «следствию» и по количеству песка, достигающего дна, где расположены «следствия», можно судить о действенности функциональных и организационных барьеров.

Согласно методологии АРАМИС, все сценарии развития опасных событий, приводящих к серьезным последствиям (ущербам), связаны с конкретным *критическими событиями (инцидентами)*. Под *критическими событиями (инцидентами)* понимаются такие опасные события, которые приводят к прекращению сдерживания или нарушению целостности. Критическое событие расположено в центре «песочных часов». Целый ряд текущих и нежелательных событий приводит к конкретным критическим событиям, наступление которых провоцирует ряд вторичных и третичных событий, инициирующих в свою очередь проявления опасных последствий и наступления инцидентов с серьезными последствиями. Любое критическое событие ассоциировано со схемой «песочные часы», где одна часть включает дерево отказов, а другая часть – дерево событий.

Барьеры безопасности снижают вероятность наступления событий или снижают уровень последствий (ущербов) от их наступления. Для снижения риска от реализации данного сценария развития событий применяются различные меры превентивного характера, препятствующие наступлению событий или смягчающие последствия наступления этих событий, меры технического или организационного плана выступают в роли барьеров безопасности.

### **Методология идентификации инцидентов, представляющих серьезные угрозы (МИСУИ)**

В центре «песочных часов» расположено «критическое событие», определяемое как «потеря сдерживания» или «потеря физической целостности».

Основные этапы (шаги) реализации методологии МИСУИ.

*Этап 1.* Сбор необходимой информации.

*Этап 2.* Идентификация потенциально опасного оборудования на предприятии.

*Этап 3.* Выбор соответствующего опасного оборудования.

*Этап 4.* Ассоциирование каждого выбранного оборудования с критическими событиями.

*Этап 5.* Построение для каждого критического события дерева отказов.

*Этап 6.* Построение для каждого критического события дерева событий.

*Этап 7.* Построение для каждого выбранного оборудования схемы «песочные часы».

### ***Этап 1. Сбор необходимой информации***

Данные, требуемые для идентификации наиболее значимых сценариев инцидентов, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Данные для идентификации сценариев инцидентов (по методологии МИСУИ)

Этапы	Описание требуемых данных
1	Общие данные о предприятии: <ul style="list-style-type: none"><li>– расположение и планировка предприятия;</li><li>– краткое описание производственных процессов;</li><li>– краткое описание оборудования и трубопроводов</li></ul>
2	Перечень хранимых или обрабатываемых материалов и веществ. Опасные свойства этих веществ и материалов (субстанций)
3	Для каждого потенциально опасного типа оборудования: <ul style="list-style-type: none"><li>– название оборудования;</li><li>– размеры (объемные, линейные);</li><li>– рабочее давление и температура;</li><li>– обрабатываемые вещества и материалы:</li><li>– хранимые материалы и вещества;</li><li>– количество материалов и веществ в оборудовании (вес или потоки);</li><li>– свойства опасных субстанций (уровень риска, классы опасности);</li><li>– температура кипения веществ и материалов</li></ul>
4	Нет дополнительных данных
5	На этом этапе проводится обзор возможных проявлений инцидентов. Дополнительных данных не требуется, но могут быть полезны для совещания с представителями промышленных кругов. На этом этапе необходимо использовать оценку риска
6	Нет дополнительных данных
7	Нет дополнительных данных

## **Этап 2. Идентификация потенциально опасного оборудования на предприятии**

На первом этапе составляется перечень опасных веществ и материалов на предприятии. На втором этапе необходимо подготовить список оборудования, содержащего эти вещества и определить их физическое состояние. Здесь используется трехмерная типология (опасные вещества, физическое состояние, оборудование).

Все опасные материалы и вещества имеют один риск или несколько его разновидностей, которые должны быть рассмотрены, например, как представлено в таблице 4.3 по (Менеджмент риска, 2009), где все опасные свойства вещества классифицированы по категориям в соответствии с Директивой SEVESO II, разновидности риска взяты из Директивы 67/548/ЕС.

Таблица 4.3. Разновидности риска (по методологии МИСУИ)

Категории опасности	Разновидности риска (РИ)	
Высокая токсичность	РИ26	Очень токсично при вдыхании
	РИ100	Испускание очень токсичных паров при горении
Токсичность	РИ23	Токсично при вдыхании
	РИ101	Испускание токсичных паров при горении
Окисление	РИ7	Может вызвать возгорание (органические перекиси)
	РИ8	Контакт со взрывоопасными материалами может привести к возгоранию
	РИ9	Взрывоопасно при смешивании со взрывоопасными материалами
Взрыв	РИ11	Взрывоопасно в сухом состоянии
	РИ2	Риск взрыва при ударе, трении, огне или других источниках возгорания
	РИ3	Чрезмерный риск взрыва при ударе, трении, огне или других источниках возгорания
	РИ4	Образование очень чувствительных взрывоопасных металлических соединений
	РИ5	Нагревание может вызвать взрыв
	РИ6	Взрыв при контакте или без контакта с воздухом
	РИ16	Взрыв при смешивании с окислителями
	РИ19	Может образоваться взрывоопасная перекись
	РИ44	Риск взрыва при нагревании в условиях пространственного ограничения
	РИ102	Пиротехника

Окончание таблицы 4.3

Категории опасности	Разновидности риска (РИ)	
Воспламенение	РИ10	Воспламенение
	РИ18	При использовании может образовываться воспламеняющаяся/взрывоопасная смесь пар-воздух
Сильное воспламенение	РИ10	Воспламенение (при конкретных температурах и давлении)
	РИ11	Сильное воспламенение
	РИ17	Спонтанное воспламенение в воздухе
	РИ30	Может стать сильно воспламеняющимся при использовании
Чрезмерно сильное воспламенение	РИ10	Воспламенение ( $T > T$ кипения)
	РИ11	Сильное воспламенение ( $T > T$ кипения)
	РИ12	Чрезмерно сильное воспламенение
Активная реакция с водой	РИ14	Активная реакция с водой
	РИ15	Контакт с водой высвобождает чрезвычайно сильно воспламеняющиеся газы
	РИ29	Контакт с водой высвобождает токсичные газы
	РИ14/15	Активно реагирует с водой, высвобождая чрезвычайно сильно воспламеняющийся газ
	РИ15/29	Контакт с водой высвобождает токсичный, чрезвычайно сильно воспламеняющийся газ
Активная реакция с другими веществами	РИ103	Контакт с другими веществами высвобождает токсичный газ
	РИ104	Контакт с другими веществами высвобождает очень токсичный газ
	РИ105	Контакт с другими веществами высвобождает воспламеняющийся газ
	РИ106	В случае контакта с другими веществами может взорваться
Опасно для окружающей среды (водное окружение)	РИ50	Очень токсично для водных организмов
	РИ51	Токсично для водных организмов
Опасно для окружающей среды (не водное окружение)	РИ54	Токсично для флоры
	РИ55	Токсично для фауны
	РИ56	Токсично для почвенных организмов
	РИ57	Токсично для пчел
	РИ59	Опасно для озонового слоя



Далее необходимо составить перечень оборудования, в котором могут быть найдены опасные вещества. Целесообразно разделить все оборудование на четыре группы:

- для хранения (сырые материалы, промежуточная продукция, промышленная продукция и отходы);
- для впуска/выпуска (впуск и выпуск веществ на производстве, включая оборудование для транспортировки);
- сети трубопроводов (соединение различных узлов трубами);
- для производственных процессов.

Из всего оборудования (ОБ) необходимо определить именно то оборудование, которое может содержать опасные вещества (в некоторых случаях вещество может производиться в самом оборудовании). Это оборудование классифицируется в соответствии с таблицей 4.4 по 16 типам. Также необходимо определить физическое состояние вещества в оборудовании (твердое, жидкое, двухфазное, газ/пар).

Выводы в отношении идентификации потенциально опасного оборудования должны содержаться в таблице, включающей:

- название вещества;
- опасные свойства вещества (разновидности риска);
- название оборудования, содержащее данное вещество;
- вид этого оборудования;
- состояние вещества в этом оборудовании.

Некоторое оборудование, не содержащее опасных веществ, может считаться опасным благодаря эффекту домино (например, нагреватель, который содержит только воду, в случае взрыва может выбрасывать и другие вещества). Такое оборудование не считается потенциально опасным в данной методологии. Оно принимается во внимание при построении дерева отказов при выяснении возможных причин влияния инцидентов на окружающее оборудование.

### ***Этап 3. Выбор соответствующего опасного оборудования***

Основной принцип выбора опасного оборудования заключается в следующем: оборудование, содержащее опасные вещества, должно быть выбрано в качестве соответствующего опасного оборудования, если количество опасного вещества в этом оборудовании выше или равно пороговому значению. Методология АРАМИС предлагает также метод отбора такого опасного оборудования.

Таблица 4.4. Классификация оборудования (по методологии МИСУИ)

Обозначение	Тип оборудования	Определение
<b>Оборудование для хранения</b>		
0Б1	Хранение твердых веществ	Хранение твердых веществ в виде порошка или пиллюль (шариков). Эти вещества могут храниться в сыпучем состоянии или в брикетах (твердые вещества, хранящиеся в малых упаковках здесь не рассматриваются)
0Б2	Хранение твердых веществ в малых упаковках	Хранение небольших количеств твердых веществ в пакетах или цистернах (баках) с объемом менее 1 м <sup>5</sup>
0Б3	Хранение жидкостей в малых упаковках	Хранение жидкостей в бутылках, цилиндрах или баках объемом не более 1 м <sup>3</sup>
0Б4	Хранение под давлением	Цистерны (баки) для хранения при температуре окружающей среды и давлении выше 1 бар (давление за счет введенного вещества, обычно инертного газа). Хранящееся вещество может быть сжиженным под давлением газа (две равновесные фазы) или газом под давлением (одна фаза)
0Б5	Хранение при давлении при помощи наполнителя	Цистерны (баки) для хранения при температуре окружающей среды и давлении выше 1 бар (добавочное давление за счет наполнителя, обычно инертного газа). Хранящееся вещество находится в жидкой фазе
0Б6	Хранение в атмосферных условиях	Цистерны (баки) для хранения при температуре и давлении окружающей среды (давление за счет введенного вещества, обычно инертного газа). Хранящееся вещество находится в жидком состоянии
0Б7	Хранение при криогенных температурах	Цистерны (баки) для хранения при атмосферном или более низком давлении при низких температурах. Вещество хранится в виде замороженного сжиженного газа
<b>Оборудование для впуска/выпуска</b>		
0Б8	Оборудование для транспортировки под давлением	Транспортное оборудование, работающее при температуре окружающей среды и давлении выше 1 бар (как правило, за счет инертного газа). Вещество хранится в виде сжиженного газа под давлением (две равновесные фазы) или газа под давлением (одна фаза)

Окончание таблицы 4.4

Обозначение	Тип оборудования	Определение
0Б9	Оборудование для транспортировки в условиях атмосферы	Транспортное оборудование, работающее при температуре окружающей среды и содержащее вещество в жидкой фазе
Сети трубопроводов		
0Б10	Трубопроводы	Соединение при помощи трубопроводов различных единиц оборудования на предприятии. Соединение различных частей внутри оборудования при помощи трубопроводов здесь не рассматривается. Они рассматриваются как составная часть оборудования
Оборудование для производственных процессов		
0Б11	Оборудование промежуточного хранения, встроенное в процесс	Оборудование для хранения, которое находится внутри производственного оборудования, как, например, хранение твердых веществ, поддержание давления, давление наполнителя, атмосферное хранение, криогенное хранение
0Б12	Оборудование, включающее химические реакции	Оборудование, в котором протекают химические реакции, например реактор
0Б13	Оборудование для физического или химического разделения веществ	Оборудование, в котором происходит физическое или химическое разделение, например дистиляционная колонка, абсорбционная колонка, оборудование для жидкостной экстракции, центрифуги, фильтры, сепараторы, сушилки, сита и др.
0Б14	Оборудование для производства и поставки энергии	Оборудование для производства энергии, например печи, нагреватели
0Б15	Упаковочное оборудование	Оборудование для упаковки материалов. Сама упаковка не включается, а только упаковочные системы
0Б16	Другое оборудование	Оборудование, не включенное в вышеуказанные классификации, например насосы, теплообменники, компрессоры, газовые расширители, смесители и др.

#### ***Этап 4. Ассоциирование каждого выбранного оборудования с критическими событиями***

Методология МИСУИ содержит 12 различных критических событий (КС), представленных в таблице 4.5.

Методология АРАМИС также включает и метод ассоциирования критических событий с соответствующим опасным оборудованием. Для этой цели используются две матрицы:

- матрица (таблица 4.6), составленная для типов оборудования и 12 потенциальных критических событий;
- матрица (таблица 4.7), составленная для рассматриваемого физического состояния вещества и 12 потенциальных критических событий.

При помощи этих матриц можно определить для каждого опасного оборудования, какие критические события должны быть оставлены для рассмотрения.

Таким образом, на этом этапе каждое выбранное опасное оборудование ассоциируется с перечнем критических событий.

#### ***Этап 5. Построение для каждого критического события дерева отказов***

Дерево отказов ограничено пятью уровнями, связанными логическими И/ИЛИ в соответствии со следующим правилом: комбинация нежелательных событий (НС) приводит к детальным прямым причинам (ДПП), которые в свою очередь приводят к прямым причинам (ПП), вызывающим необходимые и достаточные причины (условия) (НДП), приводящие к наступлению критического события (КС).

Под нежелательным событием (НС) подразумевается самый глубокий причинный уровень в дереве отказов (инициирующие события).

НС наиболее часто представляет т.н. «родовые события», которые касаются организации или поведения людей, которые могут всегда рассматриваться как причина критического события.

ДПП – событие, которое приводит к прямым причинам, или когда прямая причина (ПП) является слишком общей, обеспечивает точность выявления истинной природы ПП.

ПП – непосредственная причина для необходимых и достаточных причин (условий) (НДП). Для данной НДП перечень ПП должен быть по возможности максимально полным.

Таблица 4.5. Критические события (по методологии МИСУИ)

Обозначение	Критическое событие	Определение
КС1	Разложение	<p>Это критическое событие относится только к твердым веществам и их хранению в твердой фазе. Соответствует изменению химического состояния вещества (потеря физической целостности (ПФЦ)) под воздействием энергии/тепла источника или в результате реакции с химическим веществом (несовместимый реагент). Разложение вещества приводит (во вторичном и третичном критическом событии) к эмиссии токсичных продуктов или к отложенному взрыву образовавшихся воспламеняющихся веществ (реакция не спонтанная, но может быть активной)</p>
КС2	Взрыв	<p>Это критическое событие относится только к взрывоопасным твердым веществам с разновидностью риска «взрыв» (РИ2, РИ3, РИ6 в таблице 3.6.2), их хранению в твердой фазе. Оно соответствует изменению физического состояния вещества (ПФЦ) под воздействием энергии/тепла источника или в результате реакции с химическим веществом (несовместимый реагент). Это изменение состояния подразумевает взрыв твердого тела с созданием повышенного давления вследствие активной и спонтанной реакции. Если вещество хранится в закрытом сосуде, взрыв рассматривается как внутренняя причина повышения давления, приводящая к потере сдерживания (например, катастрофический прорыв или трещина в корпусе). В этом случае потеря сдерживания и является критическим событием</p>
КС3	Приведение материала в движение воздушным потоком	<p>Критическое событие связано как с потенциально мобильными твердыми телами, так и с фрагментарными твердыми телами (порошок, пыль и т.п.), подверженными своему окружению (например, частички твердого вещества в условиях открытого хранения или на конвейерной ленте), и происходит в присутствии движения воздуха (например, слишком сильная вентиляция)</p>
КС4	Приведение материала в движение потоком жидкости	<p>Критическое событие связано как с потенциально мобильными твердыми телами, так и с фрагментарными твердыми телами (порошок, пыль и т.п.), подверженными своему окружению (например, частички твердого вещества в условиях открытого хранения или на конвейерной ленте), и происходит в присутствии движения жидкости (например, потоп, утечка жидкости из другого оборудования)</p>

Продолжение таблицы 4.5

Обозначение	Критическое событие	Определение
КС5	Начало пожара	Это критическое событие соответствует специфической реакции между окисляющим веществом и воспламеняющимся или взрывающимся веществом или автономному разложению органической перекиси, приводящим к пожару. Это критическое событие относится только к веществам, относящимся к разновидности риска, описываемому ПФЦ, приводящей к пожару. Это разновидность риска РИ7 и РИ8 в табл. 3.6.2, исключая другие разновидности рисков. Это событие также может быть ассоциировано с пиротехническими веществами
КС6	Трещина в корпусе/обшивке в условиях газообразной фазы	Это критическое событие – образование отверстия в корпусе оборудования, содержащего вещества в газообразной фазе (выше уровня жидкости, если существует и жидкая фаза), приводящее к непрерывному испусканию. Это отверстие может быть как следствием механического повреждения, обусловленного внутренними или внешними причинами, так и ухудшения механических свойств структуры материала корпуса. Это критическое событие включает также трещину в оборудовании, когда твердые материалы подвешены в воздухе или газе
КС7	Трещина в корпусе/обшивке в условиях жидкой фазы	Это критическое событие – возникновение отверстия в корпусе оборудования, содержащего вещество в жидкой фазе (ниже уровня жидкости), приводящее к непрерывному испусканию. Это отверстие может быть как следствием механического повреждения, обусловленного внутренними или внешними причинами, так и ухудшения механических свойств структуры материала корпуса
КС8	Утечка жидкости из трубопровода	Это критическое событие – возникновение отверстия диаметром меньше номинального диаметра трубопровода. Это также может быть утечка из функциональных открытых частей трубопровода: соединительных фланцев, заглушек насоса, кранов и т.п. Эта утечка происходит из трубопроводов, транспортирующих жидкие вещества
КС9	Утечка газа из трубопровода	Это критическое событие – возникновение отверстия диаметром меньше номинального диаметра трубопровода. Это также может быть утечка из функциональных открытых частей трубопровода: соединительных фланцев, заглушек насоса, кранов и т.п. Эта утечка происходит из трубопроводов, транспортирующих газообразные вещества.

Окончание таблицы 4.5

Обозначение	Критическое событие	Определение
		Это критическое событие включает также трещину в оборудовании, когда твердые материалы подвешены в воздухе или газе
КС10	Катастрофический прорыв	Катастрофический прорыв – это выход из строя оборудования, приводящий к полному и мгновенному высвобождению вещества. В зависимости от обстоятельств катастрофический прорыв может привести к превышению давления и выбросу веществ
КС11	Разрушение сосуда	Разрушение сосуда – это выход из строя оборудования, приводящий к полному и мгновенному высвобождению вещества Это также может быть обусловлено уменьшением внутреннего давления в сосуде при наружном атмосферном давлении. Это событие не приводит ни к превышению давления генерации, ни к выбросу веществ
КС12	Разрушение крыши	Разрушение крыши может быть обусловлено уменьшением внутреннего давления в объеме, приводящим к разрыву мобильной крыши под действием атмосферного давления. Разрушение крыши специально рассматривается для условий атмосферного хранения







Таблица 4.7. Матрица «Состояние вещества (СОСТ) – критическое событие (КС)» (по методологии МИСУИ)

Фазы	Обозначения	Критическое событие											
		КС1 Разложение	КС2 Взрыв	КС3 Приведение материала в движение потоком воздуха	КС4 Приведение материала в движение потоком жидкости	КС5 Начало пожара	КС6 Трещина в корпусе/обшивке в условиях газобразной фазы	КС7 Утечка жидкости из трубопровода	КС8 Утечка газа из трубопровода	КС9 Катастрофический прорыв	КС10 Разложение	КС11 Разрушение сосуда	КС12 Разрушение крыши
Твердая фаза	СОСТ1	X	X	X	X	X	X			X	X		
Жидкая фаза	СОСТ2					X		X	X		X	X	X
Двухфазное состояние	СОСТ3					X	X	X	X	X	X		
Газ/пар	СОСТ4					X	X			X	X		

НДП – непосредственная причина, которая приводит к критическому событию. Для данного критического события перечень НДП должен быть по возможности исчерпывающим. Это означает, что критическое событие произойдет только в том случае, если по крайней мере имеется одна НДП.

Общий вид структуры дерева отказов в методологии МИСУИ с введенными обозначениями представлен на рисунке 4.7.

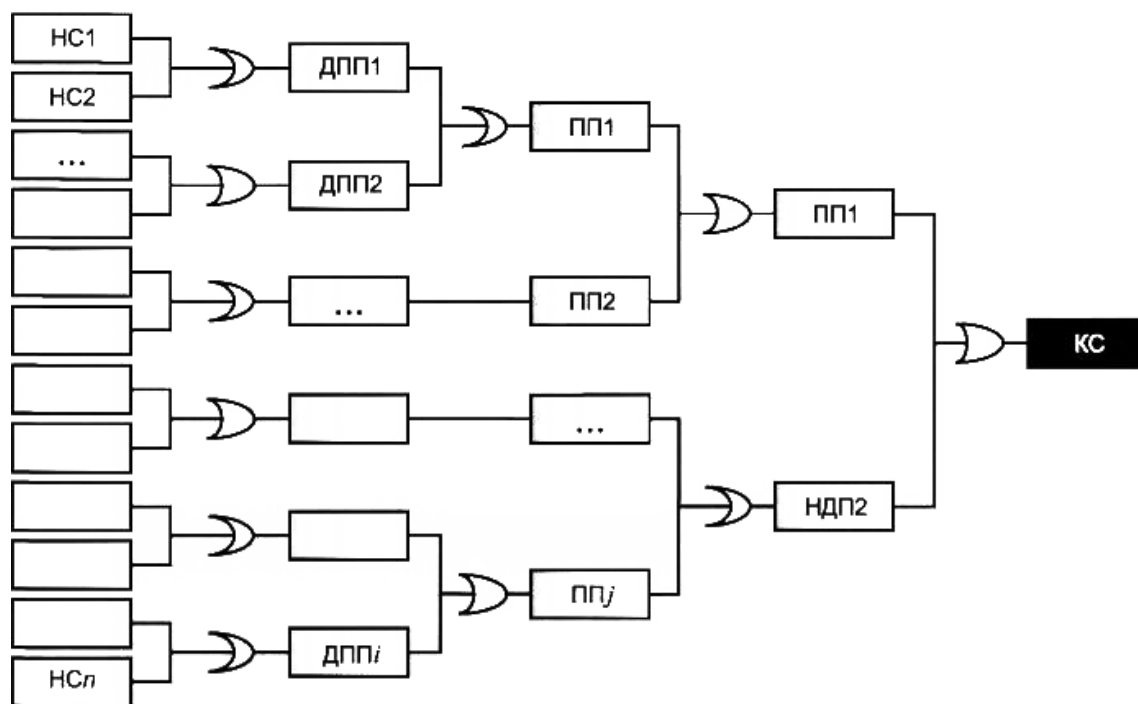


Рисунок 4.7. Структура дерева отказов в методологии МИСУИ

Методология МИСУИ предлагает 14 «родовых» деревьев отказов. В таблице 4.8 приведены некоторые деревья отказов, ассоциированные с критическими событиями. Дерево отказов строится на основе дедуктивного подхода, то есть от критического события до нежелательного события.

Первый этап предполагает идентификацию НДП, для критического события этой стадии рассматриваются только технические аспекты. Например, непосредственное условие для термического разложения – это наличие термической чувствительности материала, используемого в непосредственной близости от теплового источника.

Таблица 4.8. Критические события и родовые деревья отказов (по методологии МИСУИ)

Обозначение	Критические события	Родовые деревья отказов (ДО)
КС1	Разложение	Химическое разложение. Разложение, связанное с точечным источником возгорания. Тепловое разложение
КС2	Взрыв	Взрыв взрывоопасного материала. Взрыв (активная реакция)
КС3	Приведение материала в движение воздушным потоком	Приведение материала в движение воздушным потоком
КС4	Приведение материала в движение потоком жидкости. Начало пожара (ПФЦ)	Приведение материала в движение потоком жидкости
КС5	Начало пожара (ПФЦ)	Большая трещина в корпусе или утечка из трубопровода; Средняя трещина в корпусе или утечка из трубопровода; Малая трещина в корпусе или утечка из трубопровода
КС6	Трещина в корпусе/обшивке в условиях газообразной фазы	Большая трещина в корпусе или утечка из трубопровода; Средняя трещина в корпусе или утечка из трубопровода; Малая трещина в корпусе или утечка из трубопровода
КС7	Трещина в корпусе/обшивке в условиях жидкой фазы	Большая трещина в корпусе или утечка из трубопровода; Средняя трещина в корпусе или утечка из трубопровода; Малая трещина в корпусе или утечка из трубопровода
КС8	Утечка жидкости из трубопровода	Большая трещина в корпусе или утечка из трубопровода; Средняя трещина в корпусе или утечка из трубопровода; Малая трещина в корпусе или утечка из трубопровода
КС9	Утечка газа из трубопровода	Большая трещина в корпусе или утечка из трубопровода; Средняя трещина в корпусе или утечка из трубопровода;

#### Окончание таблицы 4.8

Обозначение	Критические события	Родовые деревья отказов (ДО)
		Малая трещина в корпусе или утечка из трубопровода
КС10	Катастрофический прорыв	Катастрофический прорыв
КС11	Разрушение сосуда	Катастрофический прорыв
КС12	Разрушение крыши	Разрушение крыши

Второй этап включает идентификацию причин, приводящих к НДП. Они в методологии МИСУИ называются прямыми причинами (ПП). Здесь также используется технический подход. Обозначение ПП, как правило, очень общее. Большинство из причин, рассматриваемых на этом уровне, это те, которые обычно рассматриваются в базах данных о несчастных случаях. Здесь рассматриваются такие прямые причины, как эрозия, коррозия, чрезмерное давление.

На следующем этапе выявляются детальные прямые причины (ДПП), являющиеся непосредственными причинами для ПП, например, коррозия. Они включают окружение, которое может быть коррозионным, или материалы, из которых состоит оборудование, могут обладать слабой защитой от коррозии.

На четвертом этапе надо постараться предложить как можно больше общих причин, связывающих поведение людей и организационные факторы. Не ошибка человека является прямой причиной разрушения, а ее ПП или даже ДПП. Например, ошибка человека может привести к переполнению, приводящему к превышению, что создает механические нагрузки для структур и приводит к разрушению корпуса. По этой причине ошибки человека должны проявляться только на последнем уровне нежелательных событий (НС), а на предыдущем уровне должны указываться технические следствия этих ошибок.

Ошибки персонала могут присутствовать на различных стадиях жизненного цикла предприятия: на этапе разработки конструкции, при производстве, строительстве, обслуживании, проведении операций. Они подразделяются на несколько аспектов:

- неосознанные ошибки,
- несоблюдение правил или процедур,
- враждебные намерения.

И наконец, необходимо ассоциировать деревья отказов с идентифицированными критическими событиями. Главная цель пятого этапа – построить дерево отказов, связав каждое критическое событие с выбранным оборудованием. Родовые (общие) деревья отказов могут модифицироваться с целью их адаптации к характеристикам оборудования. Также возможно построить несколько деревьев отказов для одного критического события для разных этапов жизненного цикла оборудования (ввод в эксплуатацию, обслуживание, вывод из эксплуатации и т.п.). Некоторые из причин могут быть удалены или добавлены. Более того, некоторые барьеры безопасности могут отсутствовать или активироваться в процессе этапов жизненного цикла либо может использоваться больше ручных операционных процедур, чем на операционном этапе, которые могут быть более автоматизированы.

И наконец, родовые деревья отказов не должны противоречить другим методам оценки риска (например, HAZOP или другим системным методам для идентификации причин инцидентов). Кроме того, метод HAZOP является дополнительным методом для предложенного родового дерева отказов для идентификации некоторых возможных случаев, особенно для процессного оборудования (подобно реакторам, ректификационным колонкам). Можно использовать и результаты предыдущих оценок риска для данных объектов.

Итак, необходимо предпринять следующие действия:

для каждого критического события рассмотреть одно или несколько родовых деревьев отказов;

каждое родовое дерево отказов может быть рассмотрено в качестве перечня возможных причин и может быть модифицировано (причины добавлены или удалены) с целью его адаптации к конкретным характеристикам оборудования;

если другие методы оценки риска предлагают дополнительные причины, они должны быть добавлены в дерево отказов.

***Этап 6. Построение дерева событий для каждого критического события***

Правая часть «песочных часов» – это дерево событий, идентифицирующее возможные последствия критических событий. КС – критическое событие (например, прорыв трубопровода) приводит ко вторичному критическому событию (ВКС) (например, образование лужи; струи, облака), потом к третичному критическому событию (ТКС) (возгорание лужи,

струи), которые в свою очередь приводят к «опасному феномену» (ОФ) (горение лужи, горение резервуара, токсичное облако, разлет горящих частиц, повышение давления, взрыв пыли). Головное событие (ГС) определяется как значимый эффект опасного «феномена» для объекта (человека, материального объекта, окружающей среды).

Отметим специфичность термина «опасный феномен». Так в рамках методологии обозначается опасный физический процесс, возникающий в результате т.н. «третичного критического события». В дальнейшем будет использован исходный перевод – «опасный феномен». Следует также обратить внимание, что на схеме «галстук-бабочка» под головным событием понимается событие, располагающееся в центре. Здесь же головное событие характеризует последствия (ущерб) для человека, окружающей среды и материальных ценностей. В этом смысле схема построения деревьев событий по методологии МИСУИ имеет определенную специфику.

Структура дерева событий в методологии МИСУИ с введенными обозначениями изображена на рисунке 4.8.

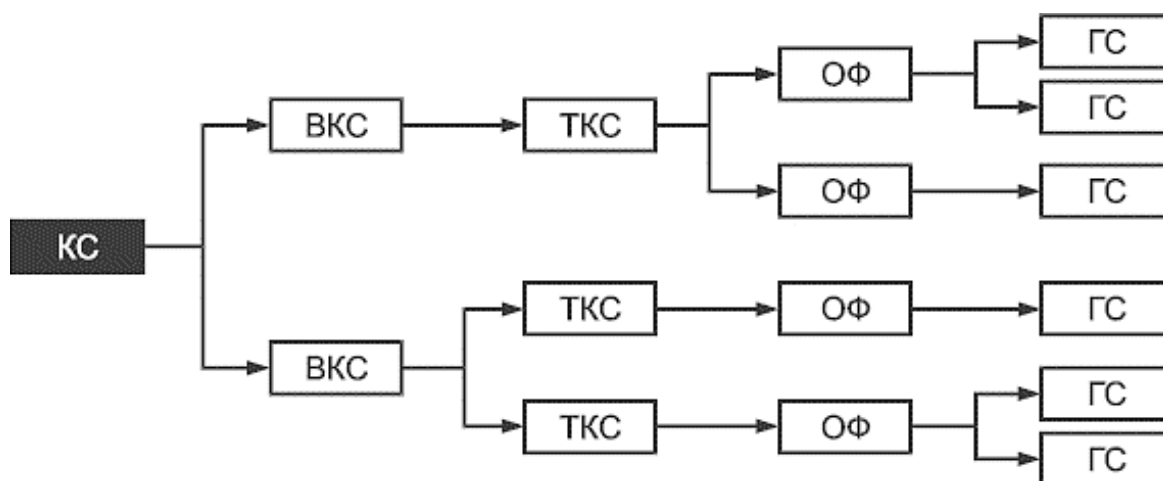


Рисунок 4.8. Структура дерева событий в методологии МИСУИ

К возможным значительным эффектам в методологии относятся:

- термическая радиация;
- превышение давления;
- выбросы;
- токсические эффекты (для человека и окружающей среды).

Перечень опасных феноменов приведен в таблице 4.9. Метод построения дерева событий в методологии МИСУИ представлен на рисунке 4.9.

Таблица 4.9. Примерный перечень опасных феноменов (по методологии МИСУИ)

Обозначение	Название опасного феномена (ОФ)
ОФ1	Горение лужи (бассейна)
ОФ2	Горение резервуара
ОФ3	Горение струи
ОФ4	Вспышка огня
ОФ5	Токсичное облако
ОФ6	Пожар
ОФ7	Разлет частиц
ОФ8	Чрезмерное давление
ОФ9	Шаровая молния
ОФ10	Ущерб окружающей среде
ОФ11	Взрыв пыли
ОФ12	Чрезмерный нагрев и горение бассейна

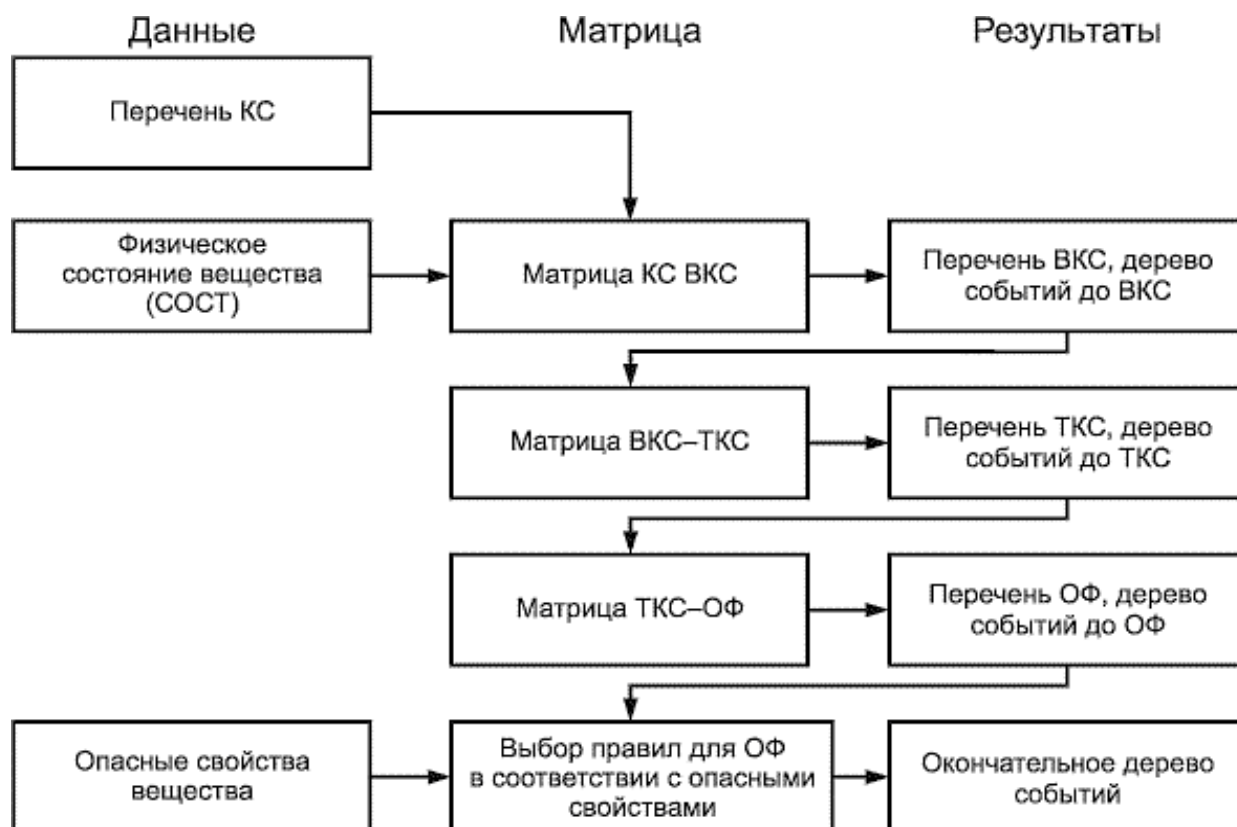


Рисунок 4.9. Схема этапов построения дерева событий в методологии МИСУИ



## ***Этап 7. Построение для каждого выбранного оборудования схемы «песочные часы»***

Методология МИСУИ заканчивается на построении окончательных «песочных часов» для каждого выбранного оборудования. Каждые «песочные часы» ассоциированы с критическим событием, соответствующим деревом отказов слева и деревом событий справа.

Для каждого выбранного оборудования число «песочных часов» равно числу разработанных деревьев отказов. Это число может быть больше числа критических событий, потому что для некоторых критических событий может быть построено более чем одно дерево.

**«Песочные часы»**, таким образом, являющиеся **результатом методологии МИСУИ**, – это наиболее значимые сценарии развития инцидентов, приводящие к выводу или допускающие, что системы безопасности отсутствуют (включая системы управления рисками производственной безопасности) или они неэффективны. Они являются основой для дальнейшего применения методологии МИЭСИ.

## **Методология идентификации эталонных сценариев инцидентов (МИЭСИ) – построение «песочных часов» с барьерами безопасности**

Основная цель МИЭСИ заключается в выборе т.н. эталонных сценариев инцидентов (ЭСИ) среди наиболее значимых видов опасностей (угроз), установленных на этапах применения методологии идентификации инцидентов, представляющих серьезные (существенные) угрозы (МИСУИ). К ЭСИ относятся инциденты, которые должны быть промоделированы с целью определения уровня их опасности (серьезности) для сравнения со степенью подверженности окружения, в котором находится предприятие, последствиям инцидента.

МИЭСИ принимает во внимание:

- системы безопасности, установленные на оборудовании и вокруг оборудования;
- системы управления рисками производственной безопасности;
- частоты повторения инцидентов;
- возможные последствия инцидентов.

МИЭСИ включает 8 этапов, представленных на рисунке 4.10.

ЭСИ выбираются на основе матрицы риска, составленной из уровней последствий опасных «феноменов» и частот их возникновения в год.

Согласно их положению в матрице риска каждый опасный «феномен» сохраняется или не сохраняется в виде ЭСИ.



Рисунок 4.10. Общая схема этапов реализации методологии МИЭСИ (применимых для каждого «песочных часов», построенных в рамках МИСУИ)

Для достижения целей методологии необходимо для каждого «песочных часов», построенных в рамках МИСУИ:

- определить частоты наступления критических событий в год, либо уже идентифицированных на дереве отказов, либо при помощи использования частот родовых критических событий;

- классифицировать возможные последствия опасных феноменов на дереве событий;

- принять во внимание системы безопасности, управления безопасностью и их эффекты в терминах частот инцидентов и уровня последствий;

разработать дерево событий совместно с МИСУИ с тем, чтобы учесть влияние систем безопасности и вероятностей наступления последствий.

### ***Этап 1. Сбор необходимых данных***

Данные, необходимые на каждом этапе МИЭСИ, приведены в таблице 4.10.

Таблица 4.10. Данные, необходимые для применения методологии МИЭСИ

Этап	Описание необходимых данных
Этап 1. Сбор необходимых данных	Информация представлена в этой таблице
Этап 2. Выбор между этапом 3 и этапом 4	Нет данных
Этап 3. Вычисление частоты повторения критического события посредством анализа дерева отказов	Необходимо совещание с представителями промышленности для решения следующих задач: – построение «песочных часов» в части МИСУИ; – определение частот/вероятностей событий; – идентификация на основе имеющихся перечней и диаграмм, а также предыдущих результатов оценки риска (например, HAZOP) барьеров безопасности на дереве отказов; – получение информации о действенности барьеров безопасности: архитектуры барьеров, вероятности отказа в срабатывании, времени отклика и т.д.
Этап 4. Оценка частоты критического события при помощи частот родовых критических событий	Нет данных
Этап 5. Вычисление частот опасного феномена	Необходимо совещание с представителями промышленности для решения следующих задач: – построение «песочных часов» в части МИСУИ;

## Окончание таблицы 4.10

Этап	Описание необходимых данных
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– определение частот/вероятностей событий;</li> <li>– идентификация на основе имеющихся перечней и диаграмм, а также предыдущих результатов оценки риска (например, HAZOP) барьеров безопасности на дереве отказов;</li> <li>– получение информации о действенности барьеров безопасности: архитектуры барьеров, вероятности отказа в срабатывании, времени отклика и т.д.</li> </ul>
Этап 6. Оценка класса последствий опасного феномена	Нет данных
Этап 7. Использование матрицы риска для отбора ЭСИ	Нет данных
Этап 8. Подготовка информации для вычисления уровня серьезности инцидента	<p>Характеристики оборудования, для которого (или для которых) выбраны ЭСИ (размеры сосуда, размеры плотины и т.д.).</p> <p>Роза ветров и метеорологические условия.</p> <p>Описание окружения (населенная местность, включая школы, больницы и т.д.)</p>

### ***Этап 2. Выбор между этапом 3 и этапом 4***

Этапы 3 и 4 имеют одинаковые цели: оценка ежегодной частоты происходящих критических событий для рассматриваемых «песочных часов».

Частота критических событий может быть получена одним из следующих путей:

1. Сначала проводят анализ дерева отказов, начиная с частот (или вероятностей) инициирующих событий и принимая во внимание влияние барьеров безопасности для того, чтобы вычислить частоту наступления критические события. Этот путь предусмотрен этапом 3.

2. Альтернативный путь заключается в оценке напрямую частоты критического события при помощи данных о частотах «родовых» критических событий, которые приведены в одном из приложений проекта АРАМИС. Этот путь предусмотрен этапом 4.

Этап 3 используют в том случае, когда имеются в наличии необходимые данные. Даже в случае, когда этот метод требует затрат времени, он позволяет принимать во внимание системы безопасности, связанные с

предупреждением критического события (представлены в левой части «песочных часов»). На этапе 4 качество предупреждения критических событий не оценивается, но зато этот этап требует меньше времени.

### ***Этап 3. Вычисление частоты повторения критического события посредством анализа дерева отказов***

Выбрав этот путь, необходимо выполнить 4 подэтапа (3А-3Г). Сначала частоты (вероятности) инициирующих событий (левая часть «песочных часов») должны быть оценены. Затем должны быть идентифицированы барьеры безопасности, влияющие на события, включенные в дерево отказов. На третьей стадии должна быть оценена действенность барьеров безопасности. И, наконец, все эти параметры должны быть приняты во внимание для оценки частоты критического события.

#### ***Этап 3А. Оценка частот (вероятностей) инициирующих событий***

Цель этой стадии заключается в том, чтобы представить данные о частотах (вероятностях), которые должны быть размещены в самом начале дерева отказов, для изучения схемы «песочных часов».

Инициирующие события определяются как первопричины потоков в каждой ветви, приводящей к критическому событию на дереве отказов (на левой стороне «песочных часов»). Это может быть нежелательное событие, детальная прямая причина и иное в соответствии с уровнем детализации дерева отказов. Инициирующее событие размещается в крайней левой части «песочных часов».

По возможности наиболее целесообразно использовать данные, имеющиеся у самого предприятия, или попытаться оценить частоты инициирующих событий с работниками предприятия, пользуясь данными, приведенными в таблице 4.11.

В результате на схеме «песочные часы» должны появиться частоты (вероятности) любых инициирующих событий.

#### ***Этап 3В. Идентификация функций безопасности и барьеров безопасности на дереве отказов***

Цель данного этапа заключается в идентификации систем безопасности, которые могут влиять на возможности наступления критических событий.

Таблица 4.11. Количественное определение частот иницирующих событий (по методологии МИЭСИ)

Частоты наступления события в год		Класс
<i>Качественное определение</i>	<i>Количественное</i>	<i>Ранжирование</i>
Очень низкая частота. Наступление события маловероятно	$F \leq 10^{-4}$	F4
Низкая частота. Критическое событие (для данной причины) может наступить. Это уже случилось в подобных ситуациях для подобных установок (раз в 1000 лет)	$10^{-4}/\text{год} < F \leq 10^{-3}/\text{год}$	F3
Низкая частота. Критическое событие (для данной причины) может наступить. Это уже случилось в подобных ситуациях для подобных установок или в данном месте (раз в 100 лет)	$10^{-3}/\text{год} < F \leq 10^{-2}/\text{год}$	F2
Возможно – высокая частота. Может произойти. Уже случилось в данном месте (раз в 10 лет)	$10^{-2}/\text{год} < F \leq 10^{-1}/\text{год}$	F1
Вероятно – очень высокая частота. Уже несколько раз происходило в данном месте	$F < 10^{-1}/\text{год}$	F0

*Под функцией безопасности подразумевается техническое или организационное действие, а не объект или физическая система.* Это действие, которое должно быть предпринято для того, чтобы избежать или воспрепятствовать наступлению критического события, а также для контроля или ограничения развития события.

На дереве отказов действие функций безопасности направлено на то, чтобы избежать или предотвратить наступление события, уменьшить или ограничить его размер, снизить вероятность наступления.

На дереве событий действие функций безопасности направлено на то, чтобы избежать, предотвратить или уменьшить последствия критического события и облегчить его воздействие на окружение данного оборудования (людей, соседнее оборудование и окружающую среду).

На дереве отказов функции безопасности могут снизить вероятности наступления критического события, тогда как на дереве событий они снижают частоты и последствия опасных феноменов и смягчают их эффекты.

Таким образом, функция безопасности – это то, что необходимо для гарантии повышения безопасности.

В таблице 4.12 представлена типология функций безопасности.

Таблица 4.12. Типология функций безопасности (по методологии МИЭСИ)

Функция безопасности	Определение	Примеры
Избежать	Сделать событие невозможным	На дереве отказов: – избежать удара по резервуару
Препятствовать	Помешать, поставить барьер на пути наступления события	На дереве отказов: – предотвратить коррозию резервуара. На дереве событий: – предотвратить испарение лужи (бассейна); – предотвратить возгорание пожароопасного облака
Контролировать	На дереве отказов это равнозначно приведению системы обратно в безопасное состояние. На дереве событий это равнозначно взятию события под контроль и приведению его в безопасное состояние	На дереве отказов: – контролировать переполнение хранилища жидкости. На дереве событий: – контроль разбрасывания лужи
Ограничить, уменьшить или смягчить	Ограничить означает ограничить событие по времени или в пространстве или уменьшить его величину либо смягчить эффект от опасного феномена на окружающее оборудование, на людей или на окружающую среду	На дереве отказов: – снизить чрезмерное давление в реакторе. На дереве событий: – уменьшить поток жидкости; – уменьшить концентрацию токсичного облака; – ограничить продолжительность утечки, ограничить испарение жидкости

Барьеры безопасности могут иметь физическую природу, являются инженерными системами или действиями людей, основанными на специфических процедурах или административном контроле. Барьеры безопасности сопряжены с функциями безопасности.

Таким образом, в методологии МИЭСИ *барьер безопасности – это способ применения функции безопасности.*

В методологии МИЭСИ выделяют следующие четыре основных категории барьеров безопасности, определенных с целью упрощения оценки влияния систем управления безопасностью на эти барьеры.

**1. Пассивные барьеры** – барьеры, всегда находящиеся в режиме функционирования (постоянные), не нуждающиеся в действиях людей, источнике энергии или информации. Физическими пассивными барьерами являются стены, плотины и прочее, а к постоянным пассивным барьерам относятся системы защиты от коррозии или другие инструкции безопасности.

**2. Активируемые барьеры** – барьеры, которые устанавливают начальные условия, которые должны быть выполнены перед тем, как действия будут осуществлены. Эти барьеры могут быть автоматическими или механическими, которые требуют активизации для выполнения своих функций. Активируемые барьеры предполагают следующую последовательность действий: *обнаружение – диагностика – действия.*

Эта последовательность может выполняться с помощью технической части, программного обеспечения и человеческих действий.

**3. Человеческие действия** – эффективность этих барьеров для достижения цели основывается на знаниях персонала. Эти действия интерпретируются очень широко, включая наблюдение, связь, мыслительный процесс, физические действия, выполнение правил, руководств, принципов безопасности и т.д. Эти действия могут являться частью процесса *«обнаружение – диагностика – действия».*

**4. Символические барьеры** – эти барьеры для достижения целей нуждаются в персональной интерпретации. Типичными примерами могут быть пассивные предостережения (например, держитесь подальше от этой зоны, маркировка труб, воздержание от курения и т.п.).

В таблице 4.13 приведены 11 классов барьеров безопасности методологии МИЭСИ.



Таблица 4.13 Классы барьеров безопасности (по методологии МИЭСИ)

№ п/п	Барьер	Примеры	Распознает	Диагноз/активируется	Действует
1	Долговременный – пассивный	Стенка трубы, шланг или бак; антикоррозионное красочное покрытие; опора бака; плавающая заглушка бака; фланцевое соединение; уплотнения; смотровое отверстие в сосуде	Никто	Никто	Технические средства
2	Долговременный – пассивный	Противотанковая насыпь, дамба, дренажный колодец, перила, ограждение, стена от ветра, молниеотвод	Никто	Никто	Технические средства
3	Временный – пассивный. Ставить (и снимать) человеком	Барьеры вокруг ремонтных работ, глухой фланец над открытой трубкой, шлем/перчатки/защитные ботинки/защитные очки, ингибитор в смеси	Никто	Никто (человек должен поставить их на место)	Технические средства
4	Долговременный – активный	Активная коррозионная защита, система нагрева и охлаждения, вентиляция, система сохранения инертного газа в оборудовании	Никто	Никто (для определенных стадий процесса может потребоваться активация оператором)	Технические средства
5	Активированный – технические средства по требованию или контроль	Клапан сброса давления, блокировка с «трудным» логическим устройством, дождевальная установка, электромеханическое давление, контроль температуры или поддержание уровня	Технические средства	Технические средства	Технические средства
6	Активированный – автоматизированный барьер	Автоматизированное устройство с применением программных устройств, система контроля или система останова	Технические средства	Программное обеспечение	Технические средства
7	Активированный – ручной. Действие человека, вводимое на основании активного (ных)	Ручное выключение или регулировка в ответ на показание прибора или аварийный сигнал, эвакуация, надевание дыхательных аппаратов или вызов пожарной бригады по аварийному сигналу,	Технические средства	Человек (на основании мастерства, правила или знания)	Человек дистанционное управление

№ п/п	Барьер	Примеры	Распознает	Диагноз/ активизируется	Действует
	обнаружения (ний) техническими средствами	действие, вводимое с помощью удаленной камеры, дренажный клапан, закрыть/открыть (откорректировать) клапан			
8	Активированный – предупреждающий. Действие человека, основанное на пассивном предупреждающем сигнале	Надевание персонального защитного оборудования в опасной зоне, воздержание от курения, пребывание в пределах белых ограждающих линий, открытие маркированной трубки, пребывание вне запрещенных зон	Технические средства	Человек (на основании правила)	Человек
9	Активированный с помощью. Программные средства представляют оператору	Использование экспертной системы	Технические средства	Программные средства – человек (на основании правила и знаний)	Человек/ Дистанционное управление
10	Активированный – процедурный. Обследование местных условий использования приборов	Процедура запуска/ остановка периодического технологического процесса, регулируются технические средства, предупреждают остальных о работе или эвакуации, отсоединяется танкер от базы, опорожняется и промывается трубопровод перед открытием, перевозится танкер, устанавливается водяная	Человек	Человек (на базе мастерства и правила)	Человек/ дистанционное управление
11	Активированный – непредвиденный случай. Случайное обследование отклонения + импровизация ответа	Ответ на неожиданную критическую ситуацию, импровизированное аварийное устройство во время обслуживания, борьба с огнем	Человек	Человек (на базе знаний)	Человек/ дистанционное управление

Целью построения дерева отказов по методологии МИСУИ является *получение дерева отказов с размещенными на нем в правильных местах барьерами безопасности.*

Идентифицированные барьеры классифицируются в соответствии с типологией для того, чтобы учесть качество управления безопасностью (это так называемый операционный «уровень доверия», УД). На рисунке 4.11 приведен пример барьеров, размещенных на ветвях дерева отказов.

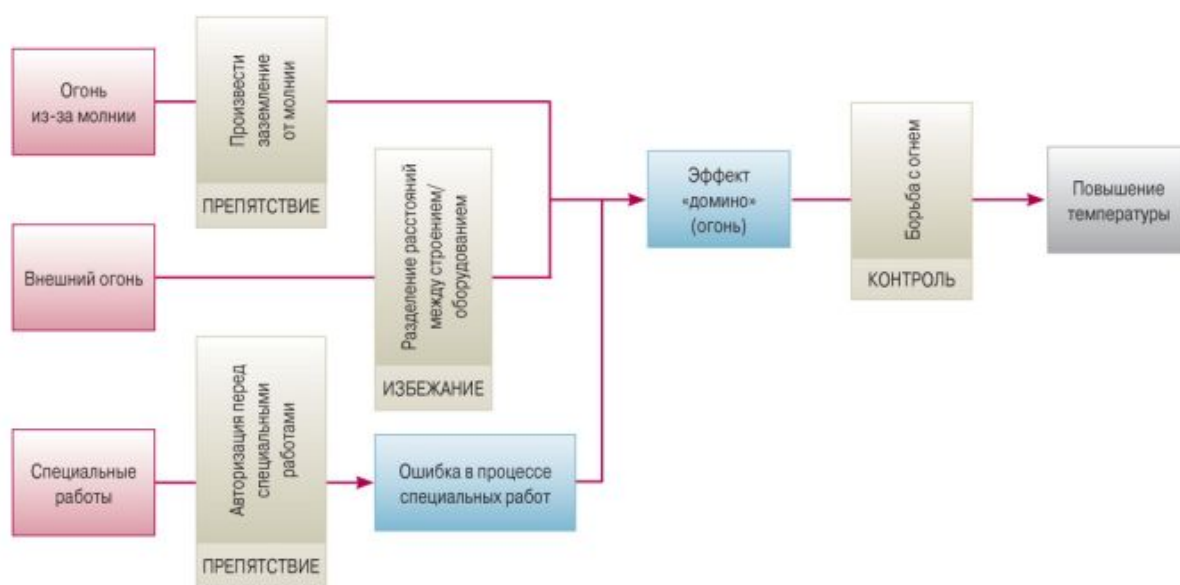


Рисунок 4.11. Пример размещения барьеров безопасности на ветвях дерева отказов

### ***Этап 3С. Оценка «действенности» барьеров безопасности***

Действенность (операционные характеристики) барьера безопасности (ББ) определяется в соответствии с тремя параметрами:

- «уровень доверия» (надежности) ББ связан с вероятностью вынужденного отказа (ВВО). Уровень доверия барьера безопасности определяется как ВВО в выполнении должным образом требуемой функции безопасности в соответствии с требуемой эффективностью и временем отклика при всех оговоренных условиях в течение оговоренного периода времени;
- «адекватная способность» ББ осуществлять требуемые действия (зависит от специфического размера и объема) или результативности. Результативность – это способность технического барьера безопасности выполнять функцию безопасности в течение некоторого периода времени,

в недеградированном состоянии и в специальных условиях. Результативность – это процентное отношение или вероятность выполнения определенной функции безопасности. Если результативность выражена в процентах, она может меняться в течение операционного периода;

- «время отклика» ББ определяется как период времени между срабатыванием и полным завершением (что адекватно результативности) выполнения функции безопасности.

Сначала «уровень доверия» определяется на уровне «конструкции». Это подразумевает, что барьер эффективен как на этапе установки, имеющем то же «время отклика» и тот же «уровень доверия» или ВВО. Но действенность ББ может уменьшаться со временем по многим причинам: плохая программа инспектирования, профессиональная неподготовленность персонала, ухудшение работы приборов и др. Все причины связаны с качеством системы управления безопасностью (СУБ).

На следующем шаге необходимо оценить качество СУБ и его влияние на действенность ББ. Для этого используют аудит системы управления безопасностью (АСУБ), целью которого является установление того, что ББ должным образом проверены и функционируют. Если это не так, то «уровень доверия» ББ уменьшается в соответствии с результатами аудита. Это представляет «операционный уровень» доверия ББ.

Во время проведения АСУБ изучаются некоторые критерии и каждому критерию приписываются весовые коэффициенты в соответствии с 11 типами ББ. Эти коэффициенты, ассоциированные с критериями, различаются в зависимости от того, пассивен или активен ББ либо он основан на действиях людей.

В результате на этом этапе появляется следующая дополнительная информация о барьерах:

- для каждого барьера определяется, соответствует ли он минимальным установленным требованиям. Если да, то ББ считается соответствующим и может быть установлен на схеме «песочные часы»;

- для соответствующих ББ оценивается их действенность, что предполагает количественную оценку уровня доверия, результативности и времени отклика ББ.

### ***Этап 3D. Вычисление частоты критического события***

После оценки характеристик инициирующих событий, идентификации барьеров безопасности и оценки их действенности возможно про-

вести анализ дерева отказов с целью установления частот, связанных с критическим событием.

Барьеры (по методологии МИЭСИ) подразделяются на следующие типы.

### А. Барьер «избежать»

Подразумевается, что такие барьеры делают события далее по ходу развития ситуации невозможными. На этом барьере соответствующая ветвь обрывается, как это продемонстрировано на рисунке 4.12.



Рисунок 4.12. Барьер «избежать»

### В. Барьер «препятствовать» или «контролировать»

Если уровень надежности барьера на ветви равен  $N$ , тогда частота продолжения развития событий на ветви уменьшается в  $10^N$  раз. Это представлено на рисунках 4.13 и 4.14, где показано действие барьера «препятствовать» или «контролировать» в развернутом и упрощенном виде.

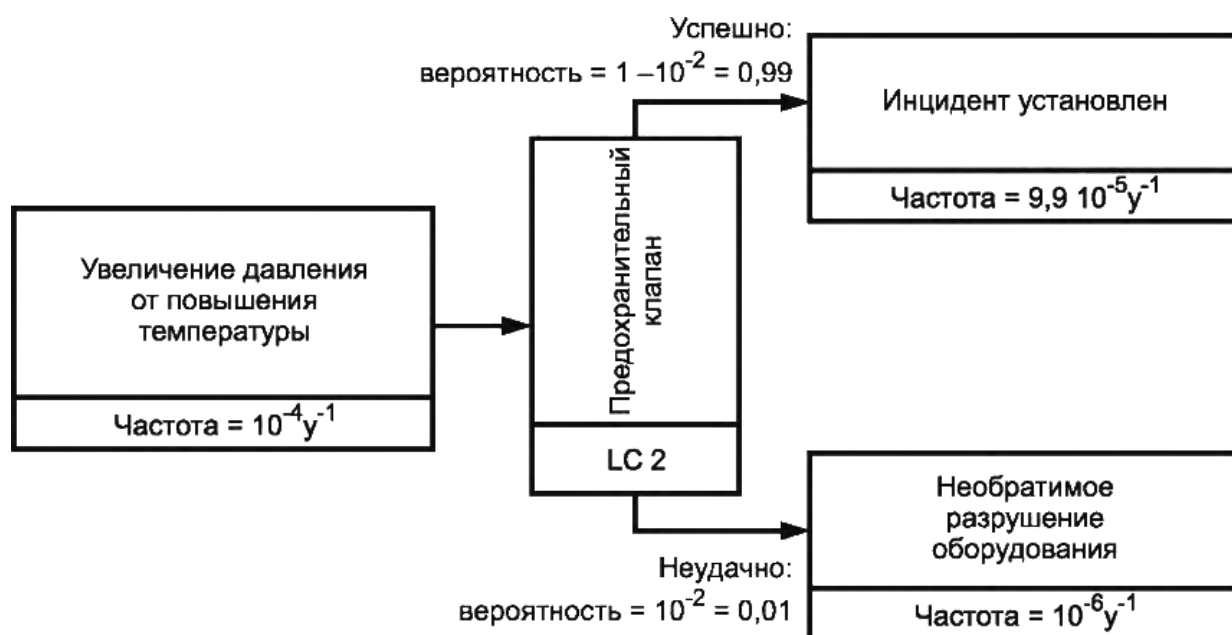


Рисунок 4.13. Действие барьера «препятствовать» или «контролировать» на дереве событий в развернутом виде

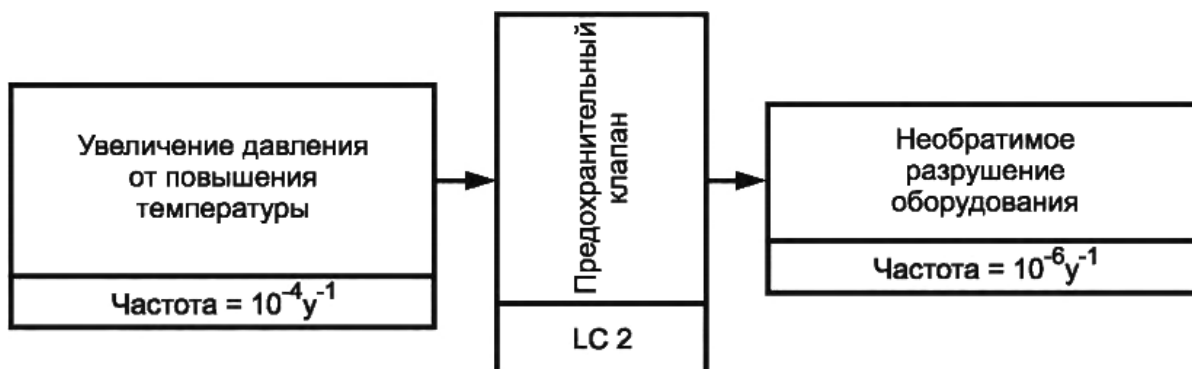


Рисунок 4.14. Действие барьера «препятствовать» или «контролировать» на дереве событий в упрощенном виде

### С. На практике могут также встретиться и комбинации барьеров безопасности.

В этом случае для комбинации из двух барьеров с уровнями доверия М и N результирующий фактор снижения наступления последующих событий равен 10 в степени (М + N).

На выходе этого этапа определяется частота (в год) наступления критического события с учетом барьеров безопасности на дереве отказов.

#### *Этап 4. Оценка частоты критического события при помощи частот «родовых» критических событий*

Если частоты критического события не могут быть вычислены на основе анализа дерева отказов (этап 3), существует другая возможность оценить их при помощи частот родовых критических событий. Эти данные опубликованы в научной литературе.

#### *Этап 5. Вычисление частот опасного «феномена»*

Цель данного этапа методологии, двигаясь шаг за шагом по дереву отказов, получить в качестве выходного значения частоту наступления каждого опасного события. Для этого действуют базовые правила. На рисунке 4.15 представлено логическое условие («ворота») «И». Если события связаны между собой этими условиями, частота передается далее всем событиям, происходящим за этими «воротами».

Логические условия «ИЛИ» пропускают далее событие в том случае, если одно из событий может произойти, а другое нет, как это изображено на рисунке 4.16.

Далее оцениваются вероятности переходов на дереве событий для используемых видов барьеров «препятствовать», «контролировать» и «ограничивать».

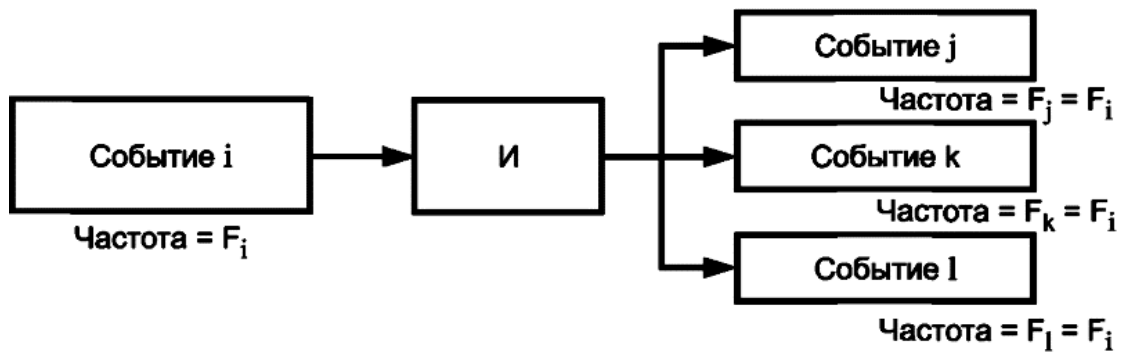


Рисунок 4.15. Частота наступления каждого опасного события (логическое условие «И»)

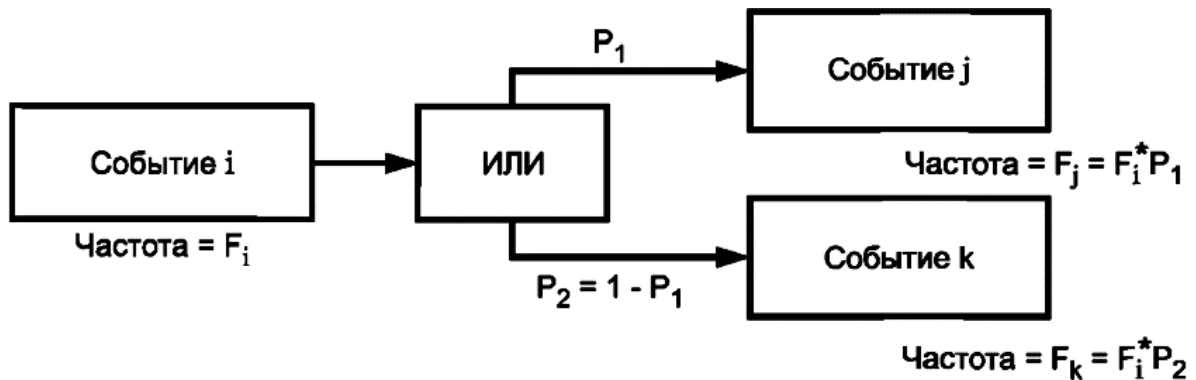


Рисунок 4.16. Частота наступления каждого опасного события (логическое условие «ИЛИ»)

Барьер «препятствовать» снижает вероятность наступления события.

Барьер «контролировать» может прекратить дальнейшее распространение ветви и зависит от уровня доверия этого барьера. Этот барьер вводит разновидность логического условия «ИЛИ», после которого одна ветвь представляет результат успешного действия барьера и ведет к безопасной ситуации, при которой инцидент находится под контролем, а другая ветвь включает события, происходящие в случае отказа в срабатывании барьера, позволяя развиваться дальнейшему сценарию. Частота события на этой ветви уменьшается в  $10^N$  раз, где  $N$  – уровень доверия (УД) барьера ( $N = n, m$ ) (рисунок 4.17).

Эффект от барьера «ограничить» заключается в том, что после него образуются две ветви: одна – в случае его срабатывания и другая – в случае его отказа. Обе ветви должны быть представлены на дереве событий, потому что они приводят к различным опасным «феноменам»: один – с менее серьезными последствиями, но с более высокой частотой, а другой – с более серьезными последствиями, но с меньшей частотой.

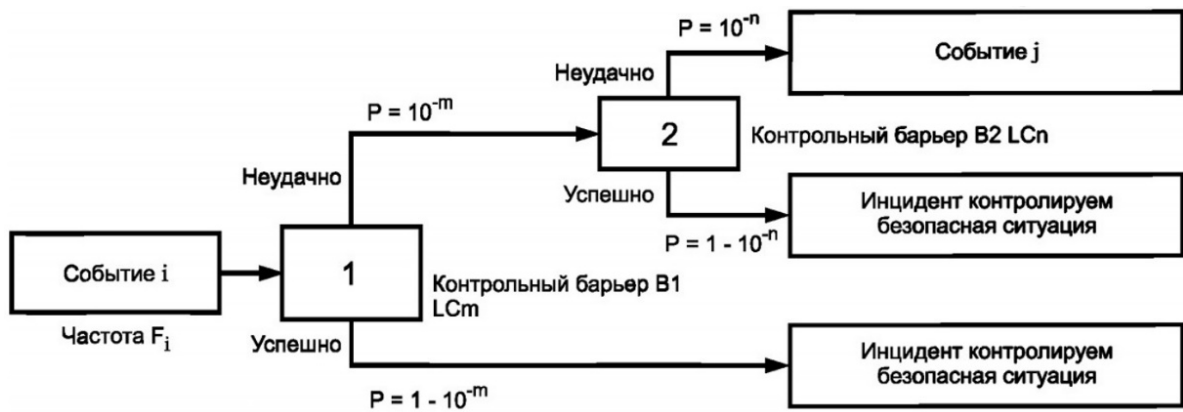


Рисунок 4.17. Вероятность перехода событий с использованием барьера «контролировать»

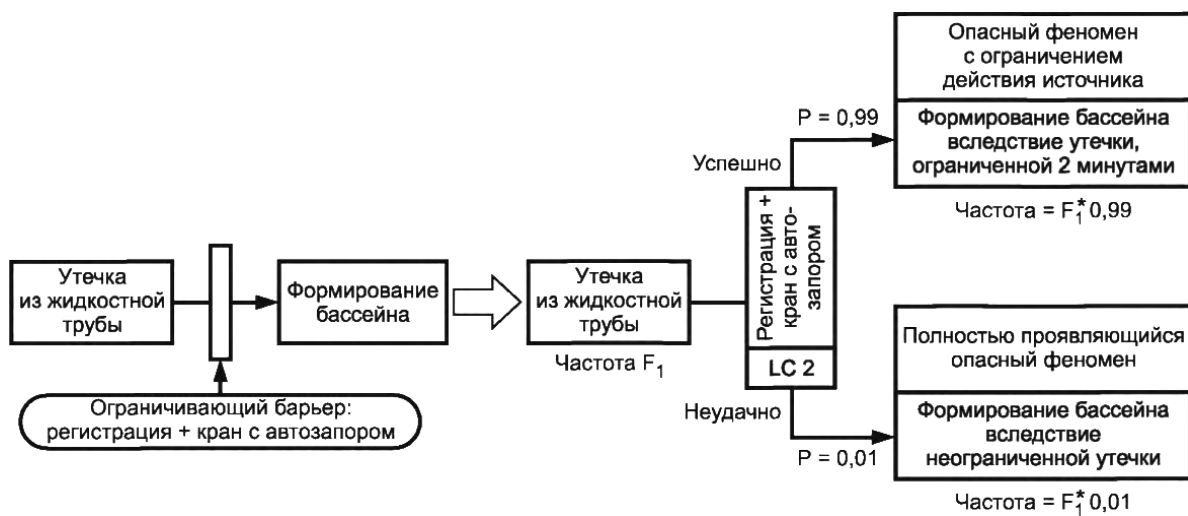


Рисунок 4.18. Вероятность перехода событий с использованием барьера «ограничить» для критического события «утечка из жидкостной трубы»

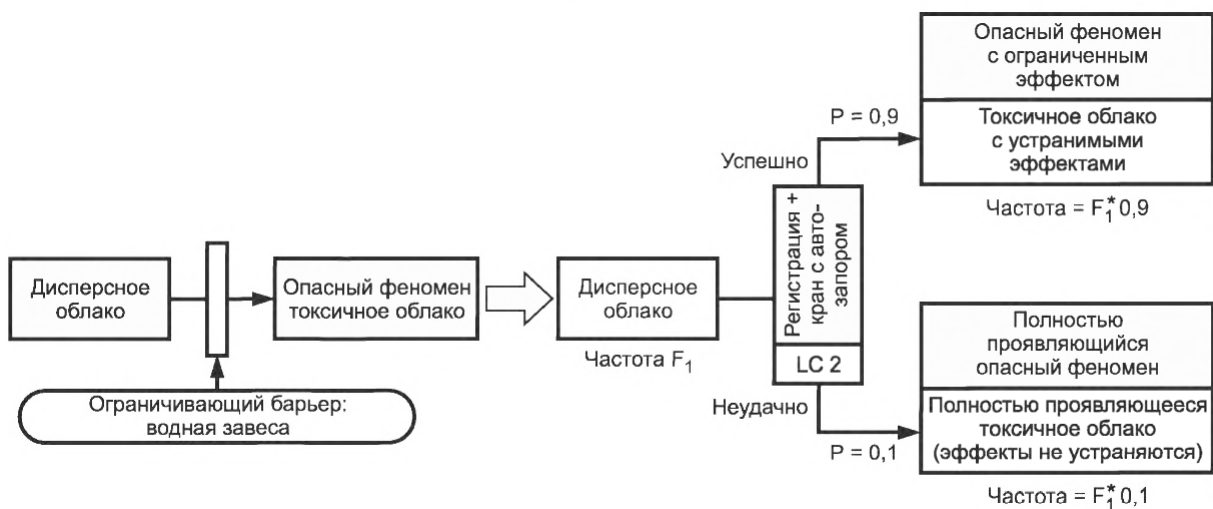


Рисунок 4.19. Вероятность перехода событий с использованием барьера «ограничить» для опасного феномена «дисперсное облако»



Имеет смысл также определить различные виды опасных «феноменов» для этого барьера:

- «опасный феномен ограниченного действия» означает, что последствия критического события ограничиваются соответствующим барьером (например, уменьшение в размерах);
- «опасный феномен с ограниченным эффектом» означает, что ограничивающий барьер действует на дереве событий, но не непосредственно после критического события;
- «полностью проявляющийся опасный феномен» означает, что система безопасности ограничивает последствия критического события, но не смягчает его эффект.

Результатом этого этапа является *перечень опасных «феноменов», связанных с критическим событием, идентифицированным в рамках методологии МИСУИ*. Вычисляются частоты опасных «феноменов» и принимаются во внимание ограничения их эффекта).

#### ***Этап 6. Оценка класса последствий опасного «феномена»***

Выбор эталонных сценариев инцидентов основывается на частоте проявления опасного «феномена» и его потенциальных последствиях. На этой стадии необходимо приблизительно оценить последствия опасного «феномена». Эта оценка исключительно качественная. Количественная оценка осуществляется в той части методологии АРАМИС, где вычисляется уровень серьезности последствий.

Качественная оценка последствий опасного феномена основывается на четырех классах последствий, представленных в таблице 4.14.

Таким образом, для опасных «феноменов», установленных при построении дерева событий, класс последствий должен быть выбран в соответствии с таблицей 4.14. При этом необходимо помнить, что вследствие присутствия барьеров безопасности опасный «феномен» может быть «полностью проявившимся» или «ограниченным» в соответствии с видами опасного «феномена», представленными выше.

Опасный «феномен» может быть определен как феномен «ограниченного действия» или «с ограниченным эффектом», если присутствуют два вида барьеров и их действия успешны. В таблице 4.15 приведены приблизительные классы последствий для различных «полностью проявившихся» опасных «феноменов».

Таблица 4.14. Классы последствий (по методологии МИЭСИ)

Последствия			
Эффект «домино»	Эффект нацелен на человека	Эффект нацелен на окружающую среду	Класс
Если опасный феномен А вызывает эффект «домино» для опасного феномена В, то классы последствий опасных феноменов А и В будут оцениваться только на основе их потенциального воздействия на человека и окружающую среду. Если класс последствий феномена В больше класса последствий феномена А, то класс последствий феномена А должен быть поднят до класса последствий феномена В	Нет повреждений (последствий) или слабые повреждения без остановки работы	Никаких действий не требуется, только присмотр	С1
	Повреждения (последствия) приводят к госпитализации на срок более 24 часов	Серьезное воздействие на окружающую среду, требующее локального вмешательства	С2
	Необратимые повреждения или смерть на рабочем участке, обратимые последствия вне участка	Воздействие на внешнее окружение, требующее вмешательства на национальном уровне	С3
	Необратимые последствия или смерть вне участка	Необратимые последствия для окружающей среды вне участка, требующие вмешательства на национальном уровне	С4

Таблица 4.15. Приблизительные классы последствий для некоторых «полностью проявившихся » опасных «феноменов» (по методологии МИЭСИ)

Опасный «феномен»	Класс последствий
Возгорание бассейна (лужи)	С2
Возгорание резервуара	С1
Огненная струя	С2
Токсичное облако	С3 или С4 (в зависимости от высвободившегося количества вещества)
Пожар	С2
Превышение давления	С3
Шаровая молния	С4
Взрыв пыли	С2 или С3 ( в зависимости от вещества и его количества)
Перегрев и возгорание бассейна	С3

В результате этого этапа перечень опасных «феноменов» ассоциируется с каждым критическим событием, идентифицированным в рамках методологии МИСУИ. Частоты каждого опасного «феномена» рассчитаны на этапе 5, а благодаря этапу 6 класс последствий ассоциирован с каждым опасным «феноменом», представленном на дереве событий.

### **Этап 7. Использование матрицы риска для отбора ЭСИ**

Цель данного этапа заключается в выборе «эталонных» сценариев инцидентов, которые должны быть промоделированы при вычислении серьезности последствий.

На рисунке 4.20 представлена матрица риска методологии АРА-МИС, по горизонтальной оси которой указаны классы последствий, а по вертикальной оси – частоты проявлений опасных феноменов.

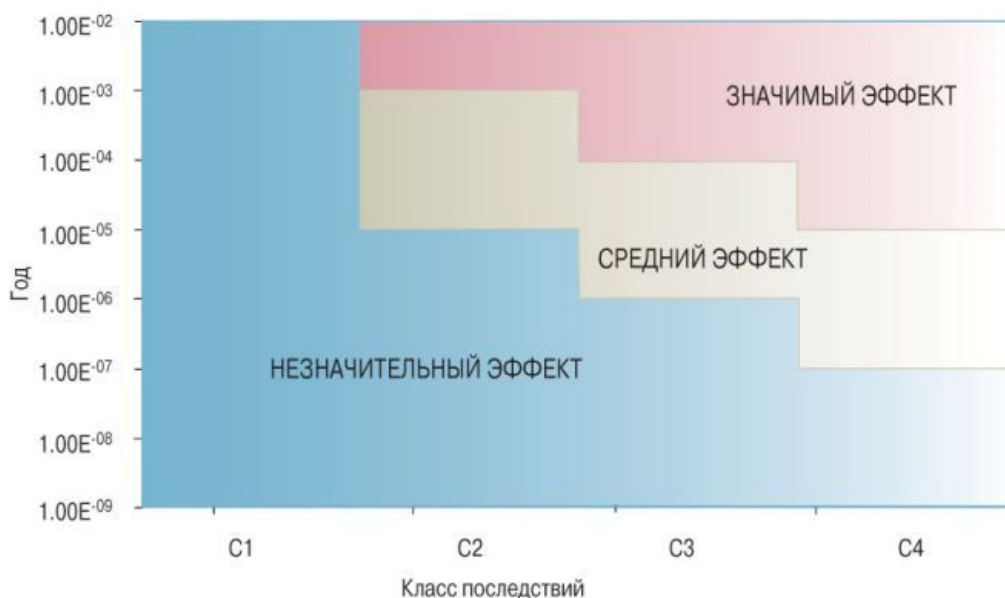


Рисунок 4.20. Матрица риска (по методологии МИЭСИ)

Нижняя зона «Незначительный эффект» соответствует опасным «феноменам» с достаточно низкой частотой и (или) последствиями, эффект от которых ничтожен.

Средняя зона «Средние эффекты» соответствует опасным «феноменам», эффект от проявления которых значителен и которые должны быть отобраны для моделирования серьезности последствий.

Верхняя зона «Значимые эффекты» соответствует очень опасным «феноменам», эффект от которых, безусловно, весьма существен. Соответствующие сценарии инцидентов должны быть заново проинспектированы с целью установки дополнительных систем безопасности. Тем

не менее, если ничего не изменилось, эти опасные «феномены» должны быть выбраны (в их настоящем состоянии) для моделирования серьезности последствий. Конечно, если эти опасные феномены соответствуют эталонным сценариям инцидентов.

Каждый опасный «феномен», появившийся на схеме «песочные часы», должен быть включен в матрицу риска в соответствии со своей частотой и классом последствий. Опасные «феномены» средней и верхней зоны должны быть промоделированы для вычисления серьезности последствий.

Представленная матрица риска – это не руководство по приемлемости риска, а лишь руководство по отбору эталонных сценариев инцидентов для моделирования серьезности последствий.

### ***Этап 8. Подготовка информации для вычисления уровня серьезности инцидента***

Для каждого «эталонного» сценария инцидента (расположенного в средней и верхней зоне матрицы риска) для вычисления серьезности последствий необходимо подготовить следующую информацию:

- тип оборудования;
- проектное и разрывное давление и температура для оборудования;
- свойства опасных веществ и материалов;
- масса и входящие потоки веществ в оборудовании;
- рабочие температура и давление внутри оборудования;
- схема «песочные часы» с деревом отказов, ветвями, приводящими к сценариям опасных инцидентов (средняя и верхняя зоны) на дереве событий и с эффективными барьерами безопасности;
- критические события;
- опасные феномены и их частота;
- источники возгорания на участке;
- роза ветров;
- средние метеорологические условия на участке;
- присутствие барьеров безопасности, которые влияют на результаты моделирования;
- характеристики этих барьеров безопасности;
- описание внешнего окружения участка, включая школы, больницы и т.д.

## Анализ влияния эффективности работ по управлению безопасностью на надежность барьеров безопасности

Методология АРАМИС по оценке управления безопасностью базируется на концепции, которая признает ряд структурных элементов системы управления безопасностью и влияние ряда факторов культуры в области управления рисками производственной безопасности.

Структурные факторы и связь с жизненным циклом конкретного барьера безопасности продемонстрированы на рисунке 4.21.



Рисунок 4.21. Структурные элементы управления безопасностью организации относительно задачи управления жизненным циклом барьера безопасности

*Примечание.* Овал акцентирует внимание на оценке определения эффективности защитных барьеров

Для выполнения функций, соответствующих каждому из структурных факторов, в систему управления безопасностью необходимо включить «систему обеспечения» для каждого структурного фактора. Оценка структурных факторов выполняется посредством аудита СУБ. Хорошо организованная структура является необходимым условием для

эффективной организации работ по управлению безопасностью. Однако эффективность организации работ будет зависеть еще и от неофициальных мнений, норм и практики, то есть культуры в области управления рисками и безопасности. Культура в этой области определяет, насколько хорошо выполняются поставленные задачи и процедуры и насколько точно их придерживаются.

Следовательно, культура в области управления рисками и безопасности является важным фактором в оценке организации работ по управлению безопасностью.

Есть ряд элементов культуры, которые влияют на то, насколько хорошо выполняются функции управления безопасностью. Выделяются следующие восемь факторов культуры:

- образованность и желание предоставлять отчеты;
- приоритет безопасности, правил и соответствия;
- участие и обязанности руководства;
- понимание ограничения проявления риска и возможностей человека;
- ощущение ответственности;
- доверие и честность;
- атмосфера рабочей команды и поддержка;
- мотивация, влияние и участие.

**Оценка управления безопасностью** конкретного потенциально опасного участка выполняется в последовательности.

1. Аудит системы управления безопасностью, сфокусированный на том, как система в зависимости от участка управляет набором выбранных барьеров безопасности, то есть конкретизируется в отношении реальных, существующих на участке защитных барьеров.

2. Исследование культуры в области безопасности среди служащих участка на основании анкеты.

Процесс оценки управления безопасностью представлен в виде блок-схемы на рисунке 4.22.

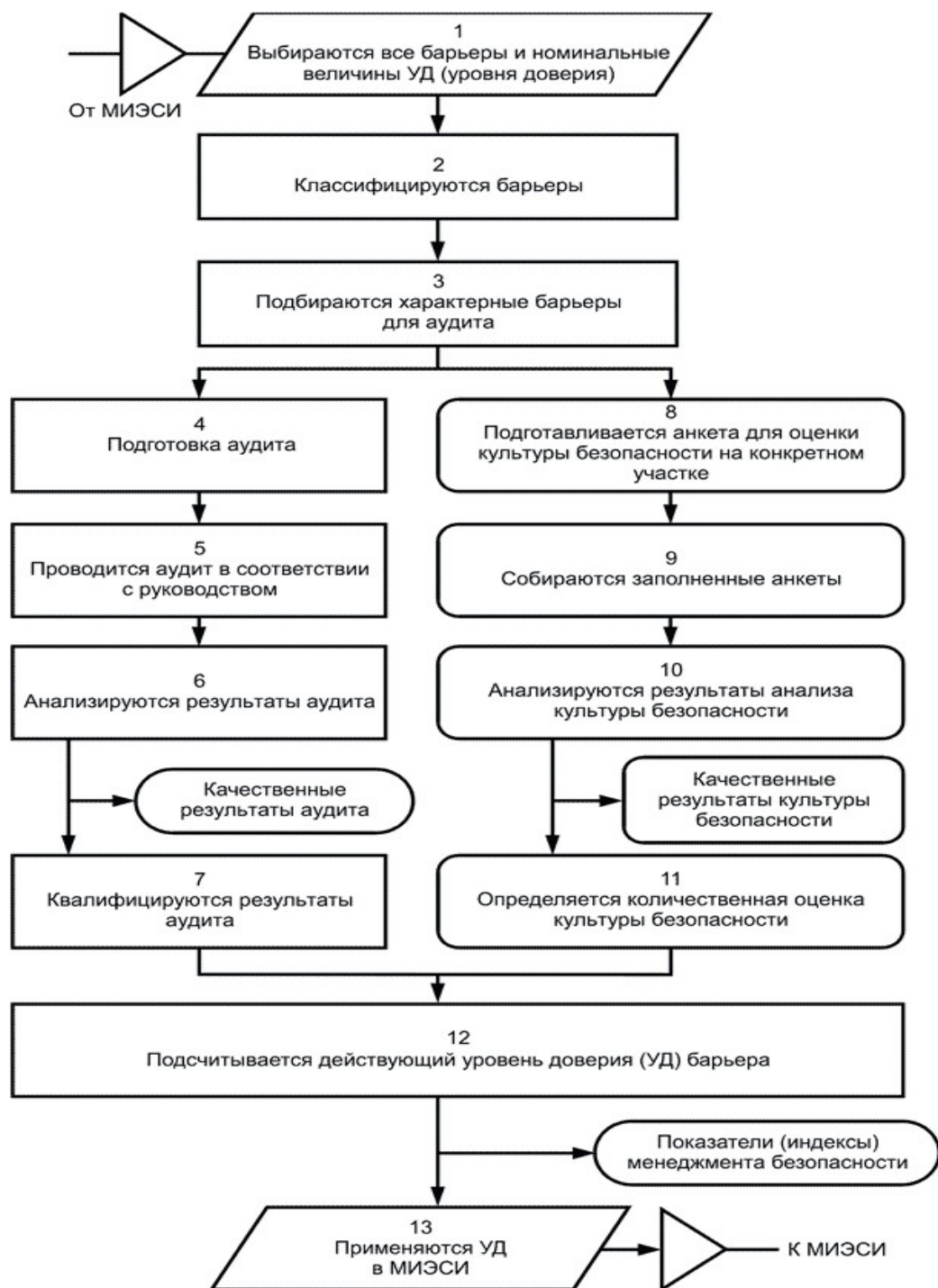


Рисунок 4.22. Блок-схема оценки управления безопасностью

## 4.3. Анализ статистических данных по авариям на опасных объектах и при транспортировке опасных грузов

Одним из важных элементов в расчетах риска является использование статистики по аварийным и чрезвычайным ситуациям, произошедшим на опасных объектах, с целью прогнозирования возможностей их реализации в будущем, т.е. прогнозирования частоты их возникновения.

Для иллюстрации принципиальных особенностей выполнения этого этапа ниже приводятся классические подходы, используемые в ряде ведущих западных стран, а именно: в этом разделе будет представлена методология оценки годовой частоты (вероятности) ЧС или аварии с высвобождением опасных материалов из стационарных объектов и транспортных систем. Приводимые далее формализованные таблицы для грузового, железнодорожного, морского транспорта, систем трубопроводов и стационарных объектов могут в значительной мере облегчить процедуру вычисления (оценки) частоты (вероятности) аварий с выбросами различного количества вещества. Если даже вероятность аварии не определена, формализованные таблицы и соответствующий текстовый материал могут быть полезными при идентификации и уточнении конкретного сценария аварии.

Наибольшие трудности, как правило, представляет сбор достоверной информации, необходимой для составления формализованной таблицы для оценки частоты аварий: число и протяженность перевозок, количество и объем резервуаров, хранилищ или производственных аппаратов и т.д. Заметим, что более детальная информация или очень точный расчет не всегда являются оправданными. Если информации недостаточно или она непригодна, то необходимо проводить экспертные оценки с использованием информации из других компетентных источников.

Рассмотрим следующие характерные виды деятельности (производства), представляющие потенциальную опасность для окружающей среды и населения:

- производство, переработка и хранение опасных веществ на стационарных установках;
- транспортировка опасных грузов различными видами наземного, водного и воздушного транспорта;
- транспортировка (перекачка) опасных веществ по трубопроводам.



Для каждого вида деятельности данные по аварийности (авария/год) представлены также в удельных показателях на единицу длины или пути (авария/год/км), на единичную операцию с опасным веществом (авария/операция) или на весь маршрут движения (авария/маршрут). В дальнейшем, имея информацию о количественных характеристиках деятельности (количество поездок, число хранилищ и т.п.), умножением этих характеристик на интенсивность аварийных отказов можно получить значения частот возникновения тех или иных типов аварий.

Перейдем к представлению статистических оценок для конкретных видов деятельности. В качестве основной информативной базы использованы доступные данные прошлых лет из мирового банка по авариям на выделенных видах деятельности, приведенные в работе (Сафонов и др., 1996).

### **Производство, переработка и хранение опасных веществ на стационарных установках**

К установкам, являющимся источником потенциальных рисков, связанных с выбросом опасных материалов, можно отнести:

- газохимические комплексы;
- газонефтеперерабатывающие и нефтеочистные заводы;
- химические заводы;
- резервуарные парки;
- наливные терминалы;
- базы, склады горючих и взрывчатых веществ;
- промышленные объекты общего назначения.

Вследствие столь широкого спектра потенциальных источников опасности практически не существует точных и качественно проранжированных данных для достоверной оценки показателей аварийности по всем объектам. Достаточно хорошо изученными считаются на сегодня отдельные составляющие и в целом морские терминалы, а также операции по загрузке/разгрузке железнодорожных вагонов (цистерн) и грузового автотранспорта. Данные по объектам химической промышленности и связанных с ней нефтяной, угольной, резиновой промышленности, а также по производствам искусственного волокна и пластмасс освещены в литературе в значительно меньшей степени.

Выбросы из стационарных объектов могут произойти по следующим причинам:

- разрывы или нарушения герметичности резервуаров, технологических аппаратов или контейнеров;
- разрывы или нарушения герметичности трубопроводов;
- выбросы через предохранительные клапаны;
- выбросы, вызванные пожарами, поломками оборудования, преднамеренными или непреднамеренными действиями;
- выбросы, произошедшие в результате переполнения резервуаров или увеличения давления в них выше предельно допустимых значений, включая неадекватные действия персонала, отказы предохранительных клапанов;
- выбросы из-за отказов загрузочных устройств или неисправностей в соединительных устройствах и т.п.

Для укрупненной оценки они могут быть сгруппированы по территориально-производственному признаку в три основные категории:

- 1) производственный процесс;
- 2) зона перекачки (передачи) груза или терминал по загрузке или разгрузке;
- 3) хранение.

Характерной отличительной чертой погрузочно-разгрузочных зон является наличие большого числа «временных» соединений и ручных операций и, как следствие, – значительное влияние на возникновение аварий как ошибок персонала, так и отказов стыковочных узлов.

Зоны хранения представляют потенциальную опасность прежде всего вследствие концентрации на ограниченной территории больших объемов горючих и взрывопожароопасных веществ.

Особое внимание, с точки зрения «живучести» объекта, заслуживают вопросы, связанные с экстремальными внешними воздействиями (природные катаклизмы, акты диверсий или терроризма). При этом транспортные и подходные пути к объекту, линии подачи электроэнергии и воды для тушения пожаров могут быть разрушены, а имеющиеся ресурсы безопасности могут оказаться неадекватными ситуации.

Основываясь на анализе имеющейся зарубежной статистической информации, а также использовании логических схем возникновения крупных аварий (построение деревьев отказов) в таблице 4.16 пред-

ставлены характерные частоты (вероятности) аварий основных технологических элементов.

Таблица 4.16. Характерные частоты (вероятности) аварий основных технологических элементов

Технологический элемент	Частота
Резервуар (хранилище) с двойной оболочкой	$10^{-6}$ / резерв. в год
Резервуар (хранилище) с одинарной оболочкой	$10^{-4}$ / резерв. в год
Аппараты под давлением	$10^{-4}$ / сосуд в год
Внутриобъектовые трубопроводы	$5 \cdot 10^{-6}$ / м в год
Загрузочные устройства	$10^{-4}$ / операция $10^{-2}$ / устройство в год

Поскольку представленные категории оборудования не охватывают все возможные сценарии аварий, они обычно дополняются некоторыми из наиболее вероятных (типичных) для данного объекта событий, связанных с потенциальной потерей больших объемов материалов. Трубопроводы в данном анализе рассматриваются только диаметром более  $> 8''$  (дюймов<sup>1</sup>) и «длинными» участками (30–50 м), *частота погрузочно-разгрузочных операций* принимается не менее **10 операций в год**.

Некоторые характерные значения отказов элементов стационарных систем даны в таблице 4.17 по зарубежным данным и используются в формализованной таблице 4.17.

Таблица 4.17. Рекомендуемые данные по частоте аварий для стационарных объектов

Тип объекта	Степень аварийности	Размер утечки
Химические заводы		
Резервуары (изотермические хранилища) с двойной оболочкой	$1,0 \cdot 10^{-6}$ / резерв.-год	90 % случаев – выброс содержимого через отверстие 1" до тех пор, пока утечка не будет остановлена; 10 % случаев – все содержимое выбрасывается мгновенно
Резервуары (хранилища) с одинарной оболочкой или сосуды под давлением	$1,0 \cdot 10^{-4}$ / резерв.-год	90 % случаев – весь объем выбрасывается мгновенно; 10 % случаев – утечка из отверстия 1"

<sup>1</sup> 1" = 2,54 см

Тип объекта	Степень аварийности	Размер утечки
Трубопроводы	$5,0 \cdot 10^{-6}$ / м-год	90 % случаев – выброс содержимого через отверстие 1" в стенке трубопровода до тех пор, пока утечка не будет остановлена; 10 % случаев – полный разрыв трубопровода
Шланги, рукава	$10^{-4}$ на операцию загрузки или разгрузки; $10^{-2}$ на один шланг-год	Полный диаметр шланга до остановки потока
Промышленные объекты общего назначения, лаборатории, объекты водоочистки		
Резервуары (хранилища) контейнеры для хранения, стабильных жидкостей	$1,0 \cdot 10^{-4}$ / резерв.-год	90 % случаев – выброс через отверстие в 1" до момента ликвидации утечки; 10 % случаев – мгновенный выброс всего содержимого
Трубопроводы (если длина больше 30 метров)	$5 \cdot 10^{-6}$ / м-год	90 % случаев – выброс содержимого через отверстие 1" в стенке трубопровода до тех пор, пока утечка не будет остановлена; 10 % случаев – полный разрыв трубопровода
Загрузочные шланги (если используются более 10 раз/в год)	$10^{-4}$ на операцию загрузки или разгрузки; $10^{-2}$ на шланг-год	100 % случаев – выброс через полный диаметр шланга при загрузке/разгрузке до остановки потока
Склады и другие объекты хранения		
Контейнеры для хранения (бараны, цилиндры и т.д.)	$10^{-3}$ /год	90 % случаев – потери 10 % от общего объема хранимого материала; 10 % случаев – потеря 100 % от объема хранимого материала (т.е. все контейнеры вместе)

Таблица 4.18. Рекомендуемые форматы представления данных для оценки частот выбросов стационарных объектов

Опасный материал(ы):	_____
Количество аппаратов производственного процесса/хранилищ (резервуаров) с одинарной оболочкой	A= _____
Количество резервуаров (хранилищ) с двойной оболочкой	B= _____
Длина трубопровода	C= _____ (метров)
Годовое количество операций погрузки / разгрузки (или количество шлангов)	D <sub>1</sub> = _____ D <sub>2</sub> = _____
<b>Частоты пролива</b>	
Аппараты основного процесса/ резервуара (хранилища)	E=A·10 <sup>-4</sup> = _____ (проливов/год)
Резервуары хранилища с двойной оболочкой	F=B·10 <sup>-6</sup> = _____ (проливов/год)
Трубопроводы	G=C·5·10 <sup>-6</sup> = _____ (проливов/год)
Погрузочно /разгрузочные шланги	H= D <sub>1</sub> ·10 <sup>-4</sup> = _____ (проливов/год) или H= D <sub>2</sub> ·10 <sup>-2</sup> = _____ (проливов/год)
<b>Объемы утечек</b>	
Аппараты основного процесса/ резервуара (хранилища) под давлением	
10 % содержимого	E·0,1 = _____ (проливов/год)
100 % содержимого	(E·0,9) + F = _____ (проливов/год)
Трубопроводы:	
выброс через отверстие 1";	G·0,9 = _____ (проливов/год)
выброс через полный диаметр в течение времени, необходимого для перекрытия или для опорожнения соответствующего резервуара	G·0,1 = _____ (проливов/год)
Погрузочно /разгрузочные шланги:	
выброс через полный диаметр шланга во время подачи среды в течение времени, необходимого для перекрытия	H = _____ (проливов/год)

Если нарушение герметичности системы соединений трубопроводов между сосудами может привести к мгновенной утечке из более чем одного сосуда, то такой сценарий обязательно должен быть

учтен. При необходимости используется соответствующая информация по условиям функционирования каждого из аппаратов в группе, включая регламентное и максимальное количество его содержимого, температуру процесса, давление и т.д. Особое внимание и детальное рассмотрение должно быть проведено для аппаратов с веществами, с которыми возможна спонтанная полимеризация, взрывные или другие опасные реакции.

Отказы загрузочных шлангов обычно возникают при перекачке от транспортного средства и в него. Во многих (но не во всех) случаях скорость утечки эквивалентна скорости перекачки груза по шлангу, хотя действительная скорость утечки может быть несколько выше (особенно в начале). Потенциальная продолжительность утечки должна определяться с учетом наличия систем аварийного перекрытия, наличия специализированных подразделений и времени, необходимого для прекращения выброса с помощью различных имеющихся в их распоряжении средств. Если точно неизвестна возможность перекрытия утечек, то *продолжительность выброса на стационарных системах* принимается равной **10 минутам**. Очевидно, что общее количество выброса не должно превышать объема резервуара или транспортного средства.

Особое внимание уделяется ситуациям, в которых имеются штатные системы аварийного перекрытия утечек с ручным управлением, но они могут оказаться недоступными в аварийной ситуации. Например, водитель грузового транспорта не всегда может приблизиться к транспортному средству, чтобы повернуть вентиль аварийного перекрытия, поскольку вокруг транспортного средства при аварии может сформироваться зона высокотоксичного или взрывоопасного газа или воспламеняющейся жидкости. При отсутствии необходимой информации рекомендуется принять *продолжительность выброса веществ из транспортных средств* равной **5 минутам**.

## **Транспортировка опасных веществ железнодорожным транспортом**

По оценкам специалистов из общего числа грузовых поездов около 35% перевозят опасные материалы. В то же время только 7,5 % железнодорожных аварий включают случаи с поездами, перевозящими опасные материалы (Herberg, 1979). Эти данные примерно соответствуют процентному отношению количества цистерн, перевозящих химические

и подобные им вещества, сжиженные газы и/или нефтепродукты, к общему количеству цистерн, использующихся ежегодно (Association, 1985).

Укрупненные оценки условных вероятностей аварий с различными веществами на тонну перевозимого груза представлены в таблица 4.19 на основании данных (ОТА-SET-340, 1986).

Таблица 4.19. Укрупненные оценки условных вероятностей аварий с различными веществами на тонну перевозимого груза

Вещества	Условные вероятности
Горючие жидкости и не воспламеняющиеся сжатые газы	48 %
Слаботоксичные вещества	25 %
Воспламеняющиеся сжатые газы	12 %
Среднетоксичные вещества	3 %
Высокотоксичные вещества	0,13 %

Как показывает анализ, наиболее вероятны аварии на участках маневрирования (Chemical, 1985). При этих операциях выходит из строя до 15 % подвижного состава. Например, в 1977 г. из общего потока аварий на участках маневрирования произошло 36 % случаев схода с рельс и 73 % случаев столкновений составов (Nayak et al., 1983).

При анализе выбросов опасных веществ наиболее значимой является авария, которая возникает при столкновении составов или сходе вагонов с рельс, так как при этом обычно происходит значительное повреждение корпуса. Однако существует и второй тип выбросов, связанных с неисправностью или дефектами оборудования. Это обычно утечки из фланцевых соединений, предохранительных клапанов и т.п. Доля таких утечек (Harvey et al., 1987) составляет до 70 % от их общего числа.

Аварии, происходящие при загрузке и разгрузке, относятся к авариям на стационарных установках.

Рекомендуемая *величина удельной аварийности для железнодорожного транспорта* составляет  $1,9 \cdot 10^{-6}$  на состав-км. Чтобы перевести эту цифру в величину на вагон-км, предполагается, что при аварии понесут ущерб 20 % вагонов. Таким образом, общая степень аварийности составляет  $0,2 \cdot 1,9 \cdot 10^{-6} = 3,8 \cdot 10^{-7}$  на вагон-км.

*Удельные показатели аварийности для узлов маневрирования* обычно принимают равными  $8 \cdot 10^{-6}$  аварий на состав-км. Принимая долю

повреждений вагонов в составе, равной 20 %, получим оценку около  $1,6 \cdot 10^{-6}$  на вагон-км.

По статистическим данным около 15 % аварий приводят к проливу как на основных путях, так и на участках маневрирования без какой-либо заметной дифференциации. В отношении распределения объемов проливов при авариях специалистами предлагается использовать следующие данные, приведенные в таблице 4.20.

Таблица 4.20. Укрупненные оценки распределения объемов проливов при авариях на железнодорожном транспорте

Объем пролива	Условные вероятности
10 % груза (условно через отверстие 2")	50 %
30 % груза (условно через отверстие 2")	20 %
100 % груза («мгновенно»)	30 %

Большой вес последней категории аварий частично относят и к авариям, в которых выброс части содержимого происходит более чем из одного вагона.

В таблице 4.21 приводятся рекомендуемые экспертами для использования данные по степеням аварийности и другим необходимым для анализа факторам.

Таблица 4.21. Рекомендуемые данные по степеням аварийности для перевозок железнодорожным транспортом

Удельные показатели аварийности <i>на главном пути</i>	$1,9 \cdot 10^{-6}$ на состав-км $3,8 \cdot 10^{-7}$ на вагон-км
Удельные показатели аварийности <i>для узлов маневрирования</i>	$8 \cdot 10^{-6}$ на состав-км $1,6 \cdot 10^{-6}$ на вагон-км
Распределение размеров проливов (относительная доля)	0,5 для 10 % потери груза 0,2 для 30 % потери груза 0,3 для 100 % потери груза

В таблице 4.22 формализована процедура определения средней годовой частоты (вероятности) аварии для проливов различных веществ. Дополнительная информация, которая необходима для решения этой задачи, включает:

- рассматриваемый материал;
- годовое число вагонов;



- общий объем груза на один вагон;
- общую длину главного пути, в том числе вблизи населенных пунктов;
- общую длину путей при маневрировании одного вагона.

Таблица 4.22. Формализованная таблица для оценки частот аварий при грузовых перевозках опасных веществ железнодорожным транспортом

Опасный материал(ы):	_____
Количество вагонов в год:	A= _____ (только загруженные вагоны)
Количество вагонов-км на участках маневрирования:	B= _____ (км на поездку вблизи адм. образований)
Количество вагонов-км на главном пути	C= _____ (км на поездку вблизи адм. образований)
Частота аварии:	$D=(A \cdot B \cdot 1,6 \cdot 10^{-6})+(A \cdot C \cdot 3,8 \cdot 10^{-7})$ _____ аварий/год
Частота пролива E = D · 0,15 =	_____ проливов/год
Проливы по размерам:	
10 % потери груза:	E · 0,5 = _____ проливов/год
30 % потери груза:	E · 0,2 = _____ проливов/год
100 % потери груза:	E · 0,3 = _____ проливов/год

Для полноты картины приведем также краткий обзор зарубежных данных по аварийности при транспортировке опасных веществ водным, автомобильным транспортом и по трубопроводам.

### Транспортировка опасных веществ водным транспортом

Большая часть опасных веществ перевозится баржами или другими судами по внешним и внутренним водным линиям. Значительную часть всех перевозок в экспорте и импорте большинства портов составляют сырая нефть, нефтепродукты, химические вещества и сжиженные газы. Нефтепродукты включают спирты, очищенное топливо, растворители и окислители. Типичными химическими продуктами являются серная кислота, бензол, толуол, щелочь, неорганические продукты и удобрения. Наиболее часто перевозимыми сжиженными газами являются пропан и бутан, а также в последние годы СПГ. Иногда водным путем перевозятся также аммиак, хлор, пропилен, бутилен и бутадиен, а также множество других товарных грузов.

В основном морские перевозки проводятся с относительно малой скоростью и сопровождаются целым рядом специальных мер контроля. В силу этого они характеризуются наименьшей степенью аварийности на тонну-км. Однако «заключенный» в них большой энергетический потенциал может привести к серьезным последствиям при столкновениях судов друг с другом или с другими объектами.

Показатели аварийности и другие факторы, влияющие на масштабы утечек при транспортировке опасных грузов водным транспортом, представлены ниже. При этом показатели обычно классифицируют следующим образом:

- столкновения и посадки на мель в озерах, реках и других внутриматериковых водных путях;
- столкновения и посадки на мель в гаванях и заливах;
- столкновения/несчастные случаи с судами в доках и при швартовке.

### ***1. Столкновения и посадки на мель в озерах, реках и других внутриматериковых водных путях***

Для *столкновений* экспертами предлагается использовать степень аварийности  $6,2 \cdot 10^{-6}$  на км передвижения, что включает как относительно низкие показатели аварийности на водных путях с малой скоростью движения, так и более высокие показатели аварийности на полноводных реках, т.е. на интенсивно эксплуатируемых маршрутах.

Основываясь на статистических данных Gulf intercostals Waterway (ICWW) для *наиболее серьезных случаев посадки на мель*, которые могут привести к потере герметичности корпуса и к утечкам груза, в работе (Сафонов и др., 1996) предлагается использовать вероятность возникновения несчастного случая вследствие аварии, равную  $3,1 \cdot 10^{-6}$  на км.

### ***2. Столкновения и посадки на мель в гаванях и заливах***

Вероятность посадки на мель или столкновений в гавани/заливе дается на разовое «прохождение» этой гавани или залива: для случаев посадки на мель и столкновений *в районе гавани* предлагается значение, равное  $10^{-3}$  на «прохождение».

### ***3. Столкновения/несчастные случаи с судами в доках и при швартовке***

Вероятность столкновения при швартовке приводится в значениях «на один заход в порт» (при заходе в порт делается два «прохождения»),

т.е. туда и обратно): при швартовке судов и заходе их в доки предлагается вероятность аварии, равная  $2,0 \cdot 10^{-4}$  на один заход в порт.

Если не оговариваются различия между типами судов и их конструкциями (или не имеется информации), то можно принять, что в 15 % случаев аварий произойдет утечка вещества (груза) в окружающую среду.

Если же уточняется тип корпуса судна, то принимается, что 25 % аварий однокорпусных судов приведут к потере груза, а при авариях судов с двойными корпусами и водонепроницаемыми переборками выброс произойдет лишь в 5 % случаев.

В отношении распределения объемов проливов при авариях специалистами предлагается использовать следующие данные, приведенные в таблице 4.23.

Таблица 4.23. Укрупненные оценки распределения объемов разливов при авариях на водном транспорте

Объем пролива	Условные вероятности
10 % потери груза из одного резервуара/отделения	35 %
30 % потери груза из одного резервуара/отделения	35 %
100 % потеря груза из одного резервуара/отделения	30 %

В таблице 4.24 приводятся предлагаемые специалистами для использования данные по степеням аварийности и другим необходимым для анализа риска факторам, а таблица 4.25 описывает процедуру определения средней годовой частоты (вероятности) аварии с проливами различных количеств веществ.

Таблица 4.24. Обобщенные экспертные данные по степеням аварийности для транспортировки водным транспортом

Степени аварийности	$6,2 \cdot 10^{-6}$ на км	для столкновений на озерах, реках и внутрибереговых водных путях
	$3,1 \cdot 10^{-6}$ на км	для посадки на мель на озерах, реках и внутрибереговых водных путях
	$10^{-3}$ на «прохождение»	для столкновений и посадки на мель в гавани/заливе
	$2 \cdot 10^{-4}$ на один заход в порт	для столкновений при швартовке

Условные вероятности пролива	0,15	не считаясь с видом судна для судов с двумя корпусами и защитой днища
	0,05	
	0,25	для однокорпусных судов
Распределение объемов пролива (в относительных долях)	0,35	для 10 % потери из одного резервуара или отделения
	0,35	для 30 % потери из одного резервуара или отделения
	0,30	для 100 % потери из одного резервуара или отделения

Таблица 4.25. Формализованная таблица для оценки частот аварий при грузовых перевозках опасных веществ водным транспортом

Опасный материал(ы):	_____	
Длина маршрута (реки, озера, море)*	$A = \frac{\quad}{\quad}$	(км вблизи адм. образований)
Годовое число перевозок на маршруте*	$B = \frac{\quad}{\quad}$	(только загруженный транспорт)
Годовое количество транзита в гавани/заливе*	$C = \frac{\quad}{\quad}$	(только загруженный транспорт)
Годовое число заходов в док*	$D = \frac{\quad}{\quad}$	(только загруженный транспорт)
Частота аварии: $E = [A \cdot B \cdot (6,2 \cdot 10^{-6} + 3,1 \cdot 10^{-6})] + (C \cdot 10^{-3}) + (D \cdot 2 \cdot 10^{-4})$	_____	
Частота пролива $F = E \cdot 0,15 =$	_____	проливов/год (все суда)
Или $F = E \cdot 0,25 =$	_____	проливов/год (однокорпусные суда)
$F = E \cdot 0,05 =$	_____	проливов/год (двухкорпусные суда)**
Проливы по размерам:		
10% потери груза из одного резервуара или отделения	$F \cdot 0,35 =$	_____ проливов/год
30% потери груза из одного резервуара или отделения	$F \cdot 0,35 =$	_____ проливов/год
100% потери груза из одного резервуара или отделения	$F \cdot 0,3 =$	_____ проливов/год

*Примечания:*

\*) Если этот параметр необходим.

\*\*) Если известно, сколько судов являются однокорпусными и сколько двухкорпусными, то эта таблица может быть составлена отдельно для однокорпусных и двухкорпусных судов.

Из-за особой природы утечек из морских судов и трудностей в оценке их интенсивности и продолжительности, рекомендуется считать (при отсутствии более конкретной информации или подходов), что все проливы происходят мгновенно.

Дополнительная информация включает:

- исследуемый опасный материал(ы);
- максимальную вместимость одного резервуара на судне, перевозящем этот материал;
- общее количество озер, рек или внутрибереговых водных линий в регионе;
- общее количество проходов судов по маршруту в год;
- общее количество грузовых танкеров/барж, входящих и выходящих в залив или гавань;
- общее количество заходов в порт барж/танкеров;
- общую длину рек в районе;
- количество барж/танкеров, передвигающихся по речным маршрутам в год.

Когда обобщается количество заходов в порт барж/танкеров или транзиты в гавани, нужно помнить, что в расчет включаются только те из них, которые загружены опасными веществами/материалами. Пустые суда могут также давать некоторый риск от пожара или взрыва, но это не так важно, как в случае с загруженными судами. Также заметим, что все приведенные в таблицах данные не обязательно необходимы для каждой местности. Например, для населенного пункта, расположенного на реке и не имеющего гавани или залива, необходимо знать только общую длину реки и количество судов, проходящих по реке. В этом случае представляют интерес только столкновения во время передвижения и посадки на речные мели.

Аварии, вызванные внутренними причинами, например, пожар/взрыв груза, повреждение корпуса или машинного отделения, а также структурные повреждения имеют, как правило, очень малую вероятность возникновения. Поэтому обычно они в анализ не включаются.

## Транспортировка опасных веществ по автодорогам

В общее число аварий при транспортировке опасных веществ по скоростным трассам включены и аварии с грузовыми цистернами или трейлерами, а также аварии с более специализированными средствами перевозки грузов.

Относительная доля повреждаемости грузов при автомобильных перевозках в зависимости от типа груза приведена в табл. 4.26 по данным (Urbanek, Barber, 1980).

Таблица 4.26. Относительная доля повреждаемости грузов при автомобильных перевозках в зависимости от типа транспортируемого вещества

Вещества/материалы	Условные вероятности
Горючие жидкости, невоспламеняющиеся сжатые газы и воспламеняющиеся твердые материалы	79,0 %
Слаботоксичные вещества	11,6 %
Воспламеняющиеся сжатые газы и взрывоопасные вещества	4,7 %
Среднетоксичные вещества	4,2 %
Высокотоксичные вещества	0,5 %

По обобщенному международному опыту автомобильных грузовых перевозок опасных веществ/материалов средняя степень (удельная частота) аварийности равна  $1,2 \cdot 10^{-6}$  аварий/км.

Более детальная характеристика влияния специфики дорог региона на аварийность может быть сделана на основании информации об авариях при перевозках между областями, по сельским дорогам или городским магистралям, тоннелям и узким дорогам как функция различных входных переменных и конструкций перевозочных средств (Urbanek, Barber, 1980; National, 1981; Considine, 1986; Clarke et al, 1976).

Как показывает практика, к выбросам под давлением, проливам или утечкам приводят около 50 % аварий, если рассматривать все проливы, включая очень незначительные, например из негерметичных клапанов или фланцевых соединений. Если пренебречь последними, как не представляющими серьезной угрозы, то *доля значимых* утечек составит примерно 15–20% случаев аварий. Величина 20 % принимается обычно *как консервативная*.

Основываясь на соответствующих статистических данных, для практического использования предлагаются следующие распределения масштабов проливов или потери груза, приведенные в таблице 4.27.

Таблица 4.27. Укрупненные оценки распределения масштабов утечек/проливов при авариях на автомобильном транспорте

Объем пролива/утечки	Условные вероятности
10 % потери груза (условно через отверстие 1") или 1000 галл*	60 %
30 % потери груза (условно через отверстие 2") или 3000 галл	20 %
100 % потери груза (мгновенно) или 10000 галл.	20 %

*Примечание:* \*1 галлон = 4546 л

Эти величины охватывают область значительных объемов проливов/утечек. Для упрощения процедуры анализа последствий можно использовать два «репера», считая, что пролив 3000 галлонов случается в 80 % случаев аварий, а пролив 10000 галлонов – в 20 % случаев.

Приведенные выше экспертные оценки обобщены в таблице 4.28, а также в формализованной таблице 4.29, которая представляет упрощенный формат для расчета средней годовой частоты (вероятности) аварий при грузовых перевозках, приводящих к проливам различных количеств веществ. Дополнительная информация, необходимая для решения этой задачи, включает следующие данные:

- перевозимый материал;
- годовое число перевозок;
- общий объем груза на одну перевозку;
- общую длину маршрута, в том числе, вблизи населенных пунктов;
- тип автодороги, по которой осуществляется перевозка (если для них можно применить конкретные степени аварийности, если нет, то принимаются показатели как для скоростной трассы).

Таблица 4.28. Рекомендуемые экспертные оценки по показателям аварийности для грузовых перевозок автотранспортом

Показатель аварийности	Рекомендуемое значение
Степень аварийности	$1,2 \cdot 10^{-6}$ аварий/км
Условная вероятность пролива	0,2 для значительных проливов
Распределение размеров проливов (в относительных долях)	0,60 для 10 % потери груза 0,20 для 30 % потери груза 0,20 для 100 % потери груза

Таблица 4.29. Формализованная таблица для оценки частот аварий при грузовых перевозках опасных веществ автотранспортом

Опасный материал(ы):	_____	
Общее число грузовых перевозок:	$A =$	_____ (только загруженный транспорт)
Длина рассматриваемого маршрута	$B =$	_____ (миль вблизи адм. образований)
Общее число км в год <sup>*)</sup>	$C = A \cdot B$	_____
	$D = C \cdot 1,2 \cdot 10^{-6}$	_____ аварий/год
	$E = D \cdot 0,2$	_____ проливов/год
Проливы по размерам <sup>**)</sup>		
10% потери груза:	$E \cdot 0,6 =$	_____ проливов/год
30% потери груза:	$E \cdot 0,2 =$	_____ проливов/год
100% потери груза:	$E \cdot 0,2 =$	_____ проливов/год

*Примечания:*

\*) Если имеется несколько различных маршрутов с меняющимся количеством перевозок, то необходимо умножить число перевозок на длину пути каждого маршрута отдельно, а затем их просуммировать. Например, 100 перевозок на 15 км и 50 перевозок на 7 км дадут  $(100 \cdot 15) + (50 \cdot 7) = 1\ 850$  км (общая длина маршрута).

\*\*\*) Можно использовать для целей моделирования все три сценария или рассматривать только крупные проливы.

### Транспортировка опасных веществ по трубопроводам

По трубопроводам в первую очередь транспортируются нефть и нефтепродукты, а также топливные газы, которые обычно включают природный газ и сжиженный нефтяной газ (LPG). В значительно меньшей степени по трубопроводам также транспортируются сжиженный и газообразный этан, этилен, сжиженный природный газ (LNG), аммиак, оксид углерода, кислый (содержащий сероводород) природный газ и другие химические вещества. Большинство трубопроводов последнего типа связывает ограниченное число поставщиков и потребителей, в отличие от многочисленных магистралей по передаче природного газа на большие расстояния.



Большая часть опасных веществ транспортируется по трубопроводам относительно малых диаметров (до 12–13 дюймов<sup>2</sup>). Рабочее давление в трубопроводах при этом может изменяться в широких пределах (от нескольких атмосфер до 50–75 атмосфер).

Ежегодно в США и Европе представляются данные о тысячах случаев утечек, однако многие из них очень незначительны и, как правило, не имеют выраженных негативных последствий для населения.

Основываясь на имеющейся статистической информации, экспертами предлагается для трубопроводов с диаметром:

- менее 20" принять степень аварийности, равную  $\sim 1 \cdot 10^{-3}$  /км-год;
- больше или равным 20" – соответственно  $\sim 3 \cdot 10^{-4}$  /км-год.

Для анализа выбросов опасных веществ из трубопроводов предлагаются следующие распределения:

- для жидкостных и газовых трубопроводов выброс при разрушении на полное сечение (гильотинный разрыв) – 20 % случаев;
- для всех трубопроводов с газами или жидкостями 1 час выброса через отверстие 1" – 80 % случаев.

Эти данные обобщены в таблице 4.30 и используются в таблице 4.31.

Таблица 4.30. Рекомендуемые экспертные данные по степеням аварийности для транспортировки по трубопроводам

Показатель аварийности	Рекомендуемое значение	Примечание
Степень аварийности	$1 \cdot 10^{-3}$ /км-год $3 \cdot 10^{-4}$ /км-год	для трубопроводов с диаметрами: меньше 20" большими или равными 20"
Условное распределение масштабов	0,20  0,80	для 15 мин истечения потока через отверстие, эквивалентное диаметру трубы (или для 1 часа, если отсутствует система перекрытия аварийного участка); для 1 часа выброса вещества через отверстие 1"

<sup>2</sup> 1" = 2,54 см

Таблица 4.31. Формализованная таблица для оценки частот аварий на трубопроводах

Опасный материал(ы):	_____
Длина трубопроводов нестандартного диаметра	A= _____ расстояние в адм. образованиях
Длина трубопроводов с диаметром < 20"	B= _____ расстояние в адм. образованиях
Длина трубопроводов с диаметром > 20"	C= _____ расстояние в адм. образованиях
Частота пролива D = (A·1·10 <sup>-3</sup> )+(B·1·10 <sup>-3</sup> )+(C·3·10 <sup>-4</sup> ) = _____ (проливов/год)	
Проливы по масштабу:	
1 час выброса через отверстие 1": D·0,8 = _____ (проливов/год)	
Повреждение на полное сечение: D·0,2 = _____ (проливов/год)	

Дополнительная информация включает:

- исследуемое (транспортируемое) вещество;
- длину трубопровода в районе административных образований;
- диаметр трубопровода;
- скорость потока;
- наличие (или нет) систем обнаружения утечек и отсекающей (управляющей) арматуры.

### Транспортировка опасных веществ в небольших упаковках

По существующим оценкам большое количество транспортных средств и судов используются для перевозки опасных веществ/материалов в относительно мелких упаковках (ОТА-SET-301, 1986). Их емкость (масса) обычно не превышает 500 литров (500 кг). Они могут транспортироваться воздушным, водным, железнодорожным или автомобильным транспортом. По оценкам, транспортировка опасных товаров в упаковке составляет 50 % от общего грузопотока, перевозимого автомобильным транспортом и 80 % от общего объема перевозок для наливного транспорта. До 8 % морских перевозок указанных грузов осуществляется сухогрузами, перевозящими небольшие резервуары или контейнеры. Транспортировка опасных материалов воздушным транспортом в основном ограничена небольшими упаковками. Транспортируемые воздушным транспортом материалы относятся обычно либо к дорогостоящим, либо к требующим скорой доставки.

Информация по грузопотокам подобных перевозок крайне ограничена из-за их большого количества и разнообразия. Как следствие, существует определенный недостаток данных по уровням аварийности или распределении проливов по объемам, которые могут быть приняты за основу.

В основе определения последствий аварий с «малыми» упаковками лежит использование базовой информации по общей аварийности для железнодорожного, водного или автомобильного транспорта с учетом соответствующих долей аварий, приводящих к проливу или утечке.

На первом этапе оценки распределения по размерам пролива можно принять, что потеря одного контейнера (или группы контейнеров) в одной упаковке происходит в 90 % случаев, а полная потеря груза (все контейнеры) – 10 % случаев.

При анализе последствий при авариях с опасными веществами/материалами, транспортируемыми в отдельных упаковках, часто предполагается, что весь объем упаковки выбрасывается в окружающую среду мгновенно.

При необходимости более точной оценки может быть полезна одна из более детальных методологий, например (Kloeber et al, 1979).

#### **4.4. Использование методик экспресс-оценки частоты аварий при осуществлении различных видов деятельности**

В данном разделе представлены материалы, опубликованные в работе (Быков, Колесников, Кондратьев-Фирсов, 2013).

Помимо использования статистики по аварийным и чрезвычайным ситуациям, произошедшим на опасных объектах, для прогнозирования возможностей аварий и ЧС в будущем, для прогнозирования частоты и последствий их реализации могут использоваться специальные методические материалы и теоретические знания по авариям и взрывам (Аварии и катастрофы, 1995; 1996; Андреев, Беляев, 1960; Бесчастнов, 1991).

В данном разделе будет в качестве иллюстрации представлен подход, использованный в международном «Руководстве по классификации и определению приоритетности рисков, связанных с крупными авариями на объектах перерабатывающих и смежных отраслей промышленности»

(Manual, 1996). Руководство было разработано в рамках Межведомственной программы по оценке и управлению риском для здоровья и окружающей среды от энергетических и других сложных промышленных систем, которая должна была способствовать внедрению комплексной оценки и управления риском в крупных промышленных районах. Программа предусматривала сбор методик по оценке риска для окружающей среды и здоровья населения, обмен знаниями и опытом между странами в области применения этих методик и внедрения комплексного подхода к управлению риском. Программа осуществлялась под эгидой четырех организаций ООН: МАГАТЭ, Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) в рамках. Программы расширения осведомленности и обеспечения готовности к чрезвычайным ситуациям на местном уровне (АПЕЛЛ), Организацией Объединенных Наций по промышленному развитию (ЮНИДО) и Всемирной Организацией Здравоохранения (ВОЗ).

Организации ООН, финансирующие данную программу, в течение ряда лет участвовали в деятельности по оценке и управлению рисками для окружающей среды и здоровья населения, предотвращению серьезных аварий и повышению готовности к чрезвычайным ситуациям. Данное Руководство было разработано на основе опыта, полученного в ходе этой деятельности, и главная его цель – осуществление методической помощи в классификации и определении приоритетности рисков в крупных промышленных районах с тем, чтобы дальнейшую более детальную и подробную оценку рисков проводить с учетом установленных приоритетов.

В процессе работы по Программе поступили замечания из нескольких стран (Колумбия, Индия, Италия, Нидерланды, Швейцария и США), которые были учтены в третьей версии Руководства. Первая версия – процедура инвентаризации, разработанная Д. ван ден Брандом для провинции Южная Голландия, – есть только на голландском языке. Вторая версия Руководства разработана «TNO Environmental and Energy Research» (Нидерланды) и в основном использует идеи Д. ван ден Бранда. Эта версия Руководства переведена на ряд языков и называется "The Guide to Hazardous Industrial Activities". Версия Руководства IAEA-TECDOC-727 (Manual, 1996) представляет собой руководство третьего поколения, преследующее те же цели, основанное во многом на тех же технических данных, но содержащее важные дополнения, а также поэтапный подход, который ранее не использовался.

Описанные в Руководстве методические подходы и алгоритмы применимы к рискам, связанным с авариями на стационарных промышленных объектах, занимающихся хранением, обработкой, переработкой опасных веществ, а также крупными авариями при транспортировке опасных веществ автомобильным, железнодорожным, трубопроводным и внутренним водным транспортом. Учитываются риски для здоровья населения, связанные:

- с пожарами;
- взрывами;
- выбросами токсических веществ за пределы опасных объектов.

Риск для здоровья персонала и риски последствий для окружающей природной среды в расчет не принимаются.

В Руководстве «риск» определяется через понятия последствий и вероятностей реализации нежелательных (опасных) событий.

В данном разделе будут кратко представлены методические подходы Руководства по *оценке вероятностей реализации аварий*.

Основные допущения, принятые в Руководстве в отношении оценки вероятностей реализации аварий:

- оценка вероятностей осуществляется с использованием категорий/классов, отличающихся друг от друга на порядок величины;
- средняя частота аварий принимается на основании статистических данных;
- использование поправок для учета различий между видами промышленной деятельности, уровня безопасности и др.

### **Краткое описание метода и порядка его применения**

Определение приоритетности рисков согласно (Manual, 1996) можно разделить на следующие этапы:

- классификация опасных видов деятельности и веществ;
- оценка тяжести последствий;
- оценка вероятностей аварий;
- оценка социального риска;
- определение приоритетности рисков.

## **Краткое описание этапов**

### **Классификация опасных видов деятельности и веществ**

После определения границ и основных общих характеристик рассматриваемой территории собирают общую информацию обо всех опасных стационарных объектах и обо всех маршрутах и способах транспортировки опасных веществ (совместно именуемые далее как «опасные виды деятельности»). Из этих видов деятельности отбирают лишь те, которые представляют опасность для населения, и собирают о них более подробную информацию. После этого проводят инвентаризацию опасных веществ и классифицируют их.

### **Оценка тяжести последствий**

Оценивают тяжесть последствий (т.е. число погибших людей за пределами объекта) крупных аварий для каждого анализируемого вида деятельности, умножая площадь зоны поражения на плотность населения в зоне и ряд поправочных коэффициентов. Поправки учитывают расстояние до ближайшего района заселения, распределение населения в зоне поражения, возможные действия по смягчению последствий.

### **Оценка частоты (вероятности) аварий**

*Стационарные объекты.* Оценивают среднюю частоту крупных аварий для каждого вида деятельности, вводят поправки для учета отдельных операций (погрузочно-разгрузочных), систем безопасности, организации и управления безопасностью, вероятности ветра в направлении заселенных районов в зоне поражения.

*Транспортировка опасных веществ.* Оценивают среднюю частоту крупных аварий для каждого опасного вещества (группы веществ), идентифицированного для каждого анализируемого участка автомобильной дороги/ железной дороги/ водного пути/ трубопровода, вводят поправки на условия безопасности транспортной системы, интенсивность перевозок, вероятность ветра в направлении заселенных районов в зоне поражения.

При этом частота и вероятность в Руководстве приводятся и рассчитываются в виде десятичных логарифмов с противоположным знаком («7» =  $10^{-7}$ , «5,5» =  $3 \times 10^{-6}$  и т.п.).

### **Оценка социального риска**

Каждый вид деятельности классифицируют в зависимости от тяжести последствий и вероятности аварии, приводящих к таким последствиям. Классифицированные таким образом виды деятельности отображают на матрице вероятностей и последствий.

## Определение приоритетности рисков

Оценку социальных рисков для всех видов деятельности проводят с помощью матрицы, на которой легко выявить виды деятельности, не отвечающие установленным требованиям. Исходя из нормативов, на матрице можно провести границу приемлемости риска и определить, какие вероятности и/или последствия являются достаточно серьезными и требуют продолжения процесса более детальной оценки и управления рисками.

Таким образом, в целом, метод основан на классификации опасных видов деятельности в анализируемой зоне через классификацию тяжести последствий и вероятностей возникновения крупных аварий. Для классификации тяжести последствий определяют, сколько человек погибнет в результате аварии на стационарном объекте или при транспортировке опасных материалов. Оценка вероятностей дает информацию о частоте аварий (число аварий в год для данного вида деятельности). Полученные результаты рекомендуется представлять в матричной или графической форме в системе координат  $x - y$ , где по оси  $x$  отложен класс тяжести последствий, а по оси  $y$  – класс вероятности аварии. По такому графику или матрице можно идентифицировать все виды деятельности, не удовлетворяющие определенным требованиям, проведя на матрице границу приемлемости риска и определить, какие вероятности и/или последствия видов деятельности требуют более детального рассмотрения. Конечная цель при использовании Руководства – получить перечень тех видов деятельности, для которых необходим в первую очередь более детальный анализ риска.

## Классификация видов деятельности и опасных веществ

В руководстве методики позволяют идентифицировать и классифицировать опасные виды деятельности и опасные вещества с помощью системы таблиц. В частности, в таблице 4.32 дан перечень **видов деятельности, опасных веществ и их цифровые коды**. Для идентификации веществ в Руководстве используются цифровые коды, приведенные в таблице 4.32, а также приводится примерный перечень веществ, соответствующих определенному типу и свойству вещества и присвоенному коду.

Таблица 4.32. Коды классификации видов деятельности и используемых опасных веществ (Manual, 1996)

Код	Вид деятельности	Тип вещества	Свойства	Вещества (примеры)
1 2 <sup>a</sup> 3	Хранение в заглубленных резервуарах Трубопроводы Прочее	Горючие жидкости	Давление насыщенных паров <0,3 бар при 20°C (температура вспышки > 20° C)	Аллиловый спирт Анилин Бензальдегид Бензилхлорид Бутанол Бутилдигликоль Дихлорбензол Дихлорпропен Дизельное топливо Диэтилкарбонат Диметилформамид Этаноламин Этилформиат Этилгликоляцетат Этилсиликат Этиленхлоргидрин Этиленгликоль Топливное масло Фурфурол Фурилкарбинол Изоамиловый спирт Изобутанол Изопропанол Метилбутилкетон Метилгликоль Метилгликоляцетат Нафталин Нитробензол Нефть Фенол Стирол Триоксан Ксилен
			Давление насыщенных паров <0,3 бар при 20° C (температура вспышки ≤ 20° C)	Ацеталь Ацетальдегид Ацетон Ацетонитрил Бензол Безилхлорид



Код	Вид деятельности	Тип вещества	Свойства	Вещества (примеры)
				Бутадион Бутанол Бутанон Бутилхлорид Бутилформиат Циклогексен Дихлорбутан Дихлорпропан Диэтиламин Диэтилкетон Диметилкарбонат Диметилциклогексан Диоксан Этанол Этилкарбонат Этилакрилат Этилбензол Этилформиат Гептан Гексан Изобутилацетат Изопропиловый эфир Метанол Метилацетат Метилциклогексан Метилизобутилкетон Метилпропионат Метилметакрилат Метилвинилкетон Октан Пиперидин Пропилацетат Пиридин Толуол Триэтиламин Винацетат
4 5 <sup>a</sup>	Хранение в заглубленных резервуарах Трубопроводы		Давление пара $\geq 0,3$ бар при 20°C	Дисульфид углерода Раствор коллодия Циклопентан Диэтиловый эфир Этилбромид Изопропен

Код	Вид деятельности	Тип вещества	Свойства	Вещества (примеры)
6	Прочее			Изопропиловый спирт Метилформиат Лигроин (керосин) Природный газо-конденсат Пентан Бензин (газолин) Пропанол Пропиленоксид
7 8 <sup>a</sup> 9	Ж.-д. и автомобильный транспорт, наземные хранилища Трубопроводы Прочее	Воспламеняющиеся газы	Сжиженные под давлением	1,3 - бутadiен Бутан Бутен Окись углерода (II) Циклобутан Циклопропан Дифторэтан Диметиловый эфир Этан Этилхлорид Этиленоксид Этилфторид Изобутан Изобутилен СПГ Метиловый эфир Метилфторид Пропадиен Пропан Пропилен Винилхлорид Винилметиловый эфир Винилфторид
10 11	Хранение в заглубленных резервуарах Прочее		Сжиженные при охлаждении	Этилен Метан Метилацетилен Природный газ (см. также 7-9)
12 <sup>a</sup>	Трубопроводы		Под давлением	Метилацетилен Этилен Водород Метан

Код	Вид деятельности	Тип вещества	Свойства	Вещества (примеры)
				Метилацетилен Природный газ
13	Хранение в баллонах и цистернах (25–100 кг)			Ацетилен Бутан Водород СУГ Пропан
14 15	Хранение навалом На стеллажах (напр., артиллерийские снаряды)	Взрывчатые вещества, в том числе горючие пыли		Нитрат аммония (тип удобр. А1) Боеприпасы Нитроглицерин Органические пероксиды (тип В) Тринитротолуол Горючие пыли
16 17	Хранение в заглубленных резервуарах Прочее	Токсичные жидкости	Низкотоксичные	Ацетилхлорид Аллиламин Аллилбромид Аллилхлорид Хлоропикрин Дихлордиэтиловый эфир Диметилгидразин Диметилсульфат Диметилсульфид Эпихлорогидрин Этантол Этилизоцианат Этилтрихлорсилан Пентакарбонил железа Изопропиламин Метакролеин Метилгидразин Тетраоксид осмия Перхлорметилтиол Перхлорметилмеркаптан Фенилкарбиламинхлорид Фосфора оксихлорид Фосфора трихлорид Хлорид серы

Код	Вид деятельности	Тип вещества	Свойства	Вещества (примеры)
				Тетраэтилсвинец Тетраметилсвинец Трихлорсилан Винилиденхлорид
18	Хранение в заглубленных резервуарах		Среднетоксичные	Акролеин Акрилонитрил Бром Сульфид углерода Хлорацетальдегид Хлорметиловый эфир Цианбромид Диметилхлорсилан Этилхлорформиат Этиленимин Раствор формальдегида Плавиковая кислота Изобутиламин Метилхлорформиат Метилдихлорсилан Метилйодид Метилтрихлорсилан Азотная кислота (дымящ.) Олеум (дымящ. серн. к-та) Пропиленимин Пропиленоксид Тетрахлорид олова
19	Ж.-д. и автомобильный транспорт			
20	Водный транспорт			
21	Прочее			
22	Хранение в заглубленных резервуарах		Высокотоксичные	Синильная кислота Диоксид азота Триоксид серы Тетрабутиламин
23	Ж.-д. и автомобильный транспорт			
24	Водный транспорт			
25	Прочее			
26	Хранение в заглубленных		Очень высокотоксичные	Метилизоцианат Карбонил никеля Пентаборан

Код	Вид деятельности	Тип вещества	Свойства	Вещества (примеры)
27	резервуарах Ж.-д. и автомобильный транспорт			Пентафторид серы
28	Водный транспорт			
29	Прочее			
30		Токсичные газы	<b>Сжиженные под давлением</b> Низкотоксичные	Этилмин Окись этилена Винилхлорид
31			Среднетоксичные	Аммиак Трифторид бора Окись углерода (II) Трифторид хлора Диметиламин Фтор Фтороводород Метилбромид Трифторид азота Перхлорилфторид Силан Тетрафторсилан Диоксид серы Триметиламин Винилбромид
32			Высокотоксичные	Трихлорид бора Сульфид карбонила Хлор Диоксид хлора Дихлорацетилен Тетраоксид диазота Формальдегид Герман Гексафторацетон Бромоводород Хлороводород Сероводород Метилхлорид Моноксид азота Сульфурилфторид

Код	Вид деятельности	Тип вещества	Свойства	Вещества (примеры)
				Станнан
33			Очень высокотоксичные	Борэтан Карбонилхлорид (фосген) Карбонилфторид Циан Фтор Селеноводород Кетен Нитрозилхлорид Дифторид кислорода Фосген Фосфин Стибин Тетрафторид серы Гексафторид теллура
34			Чрезвычайно высокотоксичные	Арсин Селеноводород Озон Гексафторид селена
35	В случае водного транспорта использовать 30–34 вместо 35–39		<b>Сжиженные при охлаждении</b> Низкотоксичные	См. 30
36			Среднетоксичные	См. 31
37			Высокотоксичные	См. 32
38			Очень высокотоксичные	См. 33
39			Чрезвычайно высокотоксичные	См. 34
40 <sup>a</sup>			В трубопроводах: среднетоксичные	См. 31
41 <sup>a</sup>			Высокотоксичные	См. 32
42 <sup>a</sup>			Под давлением более 25 атм: высокотоксичные	См. 32
	Переработка отходов		Токсичные продукты горения или обжига:	

Код	Вид деятельности	Тип вещества	Свойства	Вещества (примеры)
43			Пестицидов	
44			Удобрений (содерж. азот)	
45			Серной кислоты	
46			Пластиков (содерж. хлор)	

Для веществ, не приведенных в перечне табл. 4.32, класс токсичности может быть определен по следующим общим правилам:

- вещество рассматривается как жидкость, если давление пара при  $20^{\circ}\text{C} < 1 \text{ атм}$ ;
- вещество рассматривается как газ, если давление пара при  $20^{\circ}\text{C} > 1 \text{ атм}$ ;
- числа а и б, получаемые исходя из LC50 (таблица 4.33) и физических свойств (таблица 4.33) складываются и сравниваются со значениями, приведенными в таблица 4.35.

Таблица 4.33. Определение для вещества значения расчетного числа (а) исходя из LC50

LC <sub>50</sub> (в ppm, крысы, 4 ч)	Расчетное число (а)
01–0,1	8
0,1–1	7
1–10	6
10–100	5
100–1000	4
1000–10 000	3
10 000–100 000	2

Таблица 4.34. Определение для вещества значения расчетного числа (б) исходя из физических свойств

Физические свойства	Расчетное число (б)	
Жидкости (давление при $20^{\circ}\text{C}$ )	< 0,05 бар	1
	0,05–0,3 бар	2
	0,3–1 бар	3
Сжиженный под давл. газ (темп. кип.)	> 265 К	3
	< 265 К	4
Сжиженный при охл. газ (темп. кип.)	> 245 К	3
	< 245 К	4

Таблица 4.35. Определение класса токсичности для вещества исходя из значения суммы  $a + b$

Сумма $a + b$	Класс токсичности
6	Низкая
7	Средняя
8	Высокая
9	Очень высокая
10	Крайняя

### Особенности применения процедур метода для территорий

Руководство нацелено на установление приоритетности рисков среди всех видов деятельности, осуществляемых на анализируемой территории, которая может, например, представлять собой административно-территориальную единицу или промышленный район и/или важный населенный пункт. Площадь такой территории обычно составляет от 10 до 200 км<sup>2</sup>.

После определения границ рассматриваемой территории необходимо собрать информацию обо всех опасных видах деятельности на данной территории. При этом рекомендуется **отдельно выделить стационарные объекты и транспорт**. В принципе данных, приведенных в таблице 4.33 должно быть достаточно для определения опасного вида деятельности. В случае необходимости можно дополнительно воспользоваться рекомендуемым в Руководстве перечнем, приведенным в таблице 4.36.

Таблица 4.36. Перечень характерных опасных веществ для определенных видов деятельности

Вид деятельности		Опасные вещества	Код вещества
Топливные хранилища	Станции поставок	Бензин	6
	АЗС	Бензин и сж. газ	7
	Промежуточные депо	Бензин	6
		Сжиж. газ	7, 9
	Основные хранилища	Нефть	1, 3
		Бензин	4, 6
	Газохранилища	Сжиж. газ	7, 9, 10, 11
Природный газ		10, 11	



Вид деятельности		Опасные вещества	Код вещества
		Различные газы	13
Обработка и хранение топлива	Очистка Алкилирование	Сж. газ, пропан	7, 9
		Фтороводород	31
	Продукты крекинга нефти	Бутен	7, 9
		Этилен	12
		Окись этилена	30
		Пропен	7, 9
	Винилхлорид	7, 9	
Транспортировка топлива	Трубопровод	Сж. газ, пропан	8
		Природный газ	12
		Бензин	5
		Нефть	2
	Внутренние водные пути	Сж. газ (сжатием)	9
		Сж. газ (охлаждением)	11 6
		Бензин	3
		Нефть	7
	Железная дорога	Сж. газ	6
		Бензин	4
		Нефть	
		Аммиак	31
Промышленные холодильные установки	Скотобойни, молочные комбинаты, пивоваренные заводы, производство маргарина, шоколада, мороженого, хранение мяса, рыбы, фруктов, цветов, ледяные катки		
Пищевая промышленность	Пр-во сахара, муки, извлечение жиров и масел, пр-во какао	Двуокись серы	31
		Метилбромид	32
		Гексан	1, 3

Вид деятельности		Опасные вещества	Код вещества	
	Пр-во дрожжей, перегонка спирта	ЛВЖ	4, 6	
Сырьевые продукты	Производство кожи	Акриловые к-ты	18, 21	
	Лесная пром-сть	Формальдегид	32	
	Бумажная пром-сть	Окись этилена	30	
	Производство резины	Эпихлоргидрин	16, 17	
		Стирол	4, 6	
	Акрилонитрил	18, 21		
	Текстильная промышленность	Окись этилена	30	
		Формальдегид	32	
		Алкилфенолы		
Металлургическая, электронная промышленность	Конвертерные печи	Окись углерода СО	31	
	Обработка поверхности	Аммиак	31	
		Арсин	34	
Химикаты	Удобрения	Аммиак	31, 36	
		Продукты горения	43	
	Серная кислота	Оксиды серы	45	
		Синтетические смолы	Окись этилена	30
			Хлор	32
			Акрилонитрил	18, 21
			Фосген	33
	Пластмассы	Формальдегид	32	
		Винилхлорид	7, 9	
		Акрилонитрил	18, 21	
		Хлор	32	
		Продукты горения	46	
	Краски и пигменты	Фосфин	33	
		Растворители	4, 6	
	Фторохлороуглероды	Продукты горения	46	
		Хлороводород	40, 42	
		Хлор	32	
	Хлор	Фтороводород	31	
		Хлор	32, 37	
		Винилхлорид	Хлор	32

Вид деятельности		Опасные вещества	Код вещества	
	Аммиак Хлороводород	Винилхлорид	7, 9	
		Хлороводород	40, 42	
		Аммиак	31, 36	
		Хлороводород	40, 42	
		Хлор	32	
	Волокна	Дисульфид углерода	18 32	
	Лекарства	Сероводород	32	
		Хлор	4, 6	
	Полимеризация	Растворители	7, 9	
		Бутен	12	
		Этилен	7, 9	
		Пропан	1, 3	
	Синтетическое волокно	Винилацетат	1, 3	
		Метанол		
Хлоралканы	Хлор	32		
	Водород	12		
Металлургическая, электронная промышленность	Конвертерные печи	Окись углерода СО	31	
		Аммиак	31	
	Обработка поверхности	Арсин	34	
Химикаты	Удобрения	Аммиак	31, 36	
		Продукты горения	43	
	Серная кислота	Оксиды серы	45	
		Синтетические смолы	Окись этилена	30
		Хлор	32	
		Акрилонитрил	18, 21	
		Фосген	33	
	Пластмассы	Формальдегид	32	
		Винилхлорид	7, 9	
		Акрилонитрил	18, 21	
		Хлор	32	
		Продукты горения	46	
	Краски и пигменты	Фосфин	33	
		Растворители	4, 6	
		Продукты горения	46	

Вид деятельности		Опасные вещества	Код вещества
	Фторохлоро-углероды	Хлороводород	40,42
		Хлор	32
		Фтороводород	31
	Хлор	Хлор	32, 37
		Винилхлорид	32
	Аммиак	Винилхлорид	7, 9
		Хлороводород	40, 42
		Аммиак	31, 36
	Хлороводород	Хлороводород	40, 42
		Хлор	32
	Волокна	Дисульфид углерода	18
		Сероводород	32
	Лекарства	Хлор	4, 6
		Растворители	7, 9
	Полимеризация	Бутен	12
Этилен		7, 9	
Пропан		1, 3	
Винилацетат		1, 3	
Синтетическое волокно	Метанол		
	Хлоралканы	32	
		Водород	12
	Металлургическая, электронная промышленность	Конвертерные печи	Окись углерода СО
	Обработка поверхности	Аммиак	31
		Арсин	34

Можно исключить из рассмотрения опасные виды деятельности, не представляющие непосредственной угрозы для населения, а также исключить из рассмотрения маршруты, редко используемые для транспортировки опасных веществ.

Критерии:

- удаленности от районов заселения (расстоянию от опасного объекта до ближайших жилых домов) для стационарных объектов и транспорта приведены в таблице 4.37;

• интенсивности перевозок для транспортировки опасных веществ приведены в таблице 3.38.

Таблица 4.37. Критерии включения видов промышленной деятельности в анализ: удаленность от районов заселения

Вид хозяйственной деятельности		Удаленность от районов заселения, м
Стационарные объекты	Огнеопасные и/или взрывчатые в-ва.	< 1000
	В частности:	
	– бензозаправочная станция;	< 50
	– газозаправочная станция;	< 100
	– трубопровод с огнеопасными жидкостями;	< 50
	– хранение баллонов (25–100 кг).	< 100
Токсичные в-ва	< 10 000	
В частности:		
– холодильная установка;	< 100	
– склад пестицидов для розничной торговли	< 50	
Транспортировка	Сж. газ:	
	авто/ж.д.	< 200
	водный тр-т	< 500
	Бензин:	
	авто/ж.д.	< 50
	водный тр-т	< 200
Нефть:		
авто/ж.д.	< 25	
водный тр-т	< 100	
Токсичные в-ва:		
авто/ж.д.	< 3000	
водный тр-т	< 3000	

При рассмотрении перевозок по внутренним водным путям обычно не учитывают транспортировку растворимых жидкостей (давление пара при 20°C < 1 бар ) и веществ с плотностью выше плотности воды (> 1 кг/дм<sup>3</sup>). Если вещество может вступать в химическую реакцию с водой, необходимо оценить количество образующихся при этом опасных продуктов.

Выбранные маршруты транспортировки автомобильным/ железнодорожным/ водным/ трубопроводным транспортом рекомендуется разбить на участки протяженностью 1 км (значения вероятностей приведены для однокилометровых участков), исключив из рассмотрения участки, удаленные от районов заселения на безопасное расстояние. На каждом

выделенном участке выбирается место, наиболее приближенное к району заселения. В случае железнодорожных перевозок особое внимание уделяют сортировочным станциям, в случае водных перевозок – портам.

Таблица 4.38. Критерии включения видов промышленной деятельности в анализ: интенсивность перевозок

Вид промышленной деятельности				Интенсивность перевозок (ед./год)
Транспортировка опасных веществ	Газ:	авто	сортировочные станции	>50
		ж.-д.		>500
	Жидкости:	водный	сортировочные станции	>50
				>500
	Взрывчатые в-ва:	авто	сортировочные станции	>50
		ж.-д.		>5000
		водный	сортировочные станции	>50
				>50
Взрывчатые в-ва:	авто	сортировочные станции	>20	
	ж.-д.		>200	
	водный	сортировочные станции	>20	
			>20	

Процедуры можно применять также и в отношении **конкретного вида деятельности** (например, для сортировочных станций потребуются лишь сведения, относящиеся к сортировочным станциям. Такой же анализ можно выполнить для цепочки «производство, хранение и транспортировка», например аммиака. В этом случае надо будет воспользоваться информацией по аммиаку и конкретному виду деятельности, в зависимости от целей анализа).

После сбора и структурирования необходимой информации об опасных видах деятельности на рассматриваемой территории выполняют оценку последствий крупных аварий для каждого вида деятельности, включенного в анализ. Эти процедуры будут описаны в разделах, посвященных методам экспресс-оценки последствий аварий и чрезвычайных

ситуаций. В данном разделе акцент сделан на оценке частоты (вероятности) аварий или чрезвычайных ситуаций.

## **Экспресс-оценка вероятности крупных аварий на стационарных объектах**

Для того чтобы для каждого выделенного и включенного в анализ опасного стационарного объекта (индекс  $i$ ) рассчитать частоту (вероятность) аварий ( $P_{i,s}$  – число аварий в год), связанных с выбросом опасного вещества (индекс  $s$ ) и приводящих к определенным последствиям, необходимо найти так называемый «показатель вероятности аварий» ( $N_{i,s}$ ). Этот показатель непосредственно связан с частотой  $P$ :

$$N = |\log_{10} P|.$$

$N_{i,s}$  предлагается рассчитывать по формуле:

$$N_{i,s} = N_{i,s}^* + n_1 + n_f + n_o + n_p, \quad (4.1)$$

где  $N_{i,s}^*$  – средний показатель вероятности аварий для объекта и вещества;  $n_1$  – поправка на частоту погрузочно-разгрузочных работ;  $n_f$  – поправка на системы обеспечения пожаробезопасности для огнеопасных веществ;  $n_o$  – поправка, учитывающая организационно-управленческие аспекты обеспечения безопасности;  $n_p$  – поправка, учитывающая вероятность направления ветра в районы заселения.

Для установленного вида деятельности и опасного вещества оценка вероятности/частоты аварий осуществляется в несколько этапов, результатом которых станет вычисление показателя вероятности аварий согласно (4.1).

По таблице 4.39 выбирается **средний показатель вероятности аварий** для каждого опасного вещества (или группы веществ), соответствующего каждому виду деятельности.

По таблице 4.40 оценивается **первая поправка**  $n_1$ . Эта поправка учитывает частоту операций по погрузке-разгрузке данных опасных веществ на объекте.

Таблица 4.39. Средние показатели вероятности аварий ( $N_{i,s}^*$ ) для стационарных объектов

Вещества (код)	Вид деятельности	
	Хранение	Переработка
Горючая жидкость (1–3)	8	7
Горючая жидкость (4–6)	7	6
Воспламеняющийся газ (7)	6	5
Воспламеняющийся газ (9)	7	6
Воспламеняющийся газ (10, 11)	6	–
Воспламеняющийся газ (13)	4	–
Взрывчатое вещество и горючая пыль (14, 15)	7	6
Токсичное вещество (жидкость) (16–29)	5	4
Токсичное вещество (газ) (30–34)	6	5
Токсичное вещество (газ) (35–39)	6	–
Токсичное вещество (газ) (42)	5	4
Токсичное вещество (продукты горения или обжига) (43–46)	3	–

Таблица 4.40. Поправка ( $n_1$ ) на частоту погрузочно-разгрузочных операций

Частота погрузочно-разгрузочных операций, (в год)	Поправка
1–10	+0,5
10–50	0
50–200	–1
200–500	–1,5
500–2000	–2

*Примечание.* Поправка может быть определена для всех видов деятельности, кроме трубопроводного транспорта и хранения баллонов (код: 13).

Для разгружаемых/загружаемых судов в порту поправка  $n_1$  оценивается иначе, поскольку помимо опасности, связанной с погрузочно-разгрузочными операциями, также важно учитывать возможность столкновений судов в порту, что может привести к повреждению разгружаемого/загружаемого судна.

Поправку ( $n_1$ ) на частоту погрузочно-разгрузочных операций разгружаемых/загружаемых судов в порту находят по формуле:

$$n_1 = 10 + (I) + (II) + (III),$$



где: значение (I), значение (II), значение (III) рассчитываются по таблице 4.41.

Таблица 4.41. Значения для числа судов

Число судов, проходящих через порт в течение года:	Значение (I)
300–3000	–3
3000–30 000	–4
30 000–300 000	–5
Число разгружаемых/загружаемых судов в год:	Значение (II)
300–3000	–2
3000–30 000	–3
30 000–300 000	–4
Среднее время одной погрузочно-разгрузочной операции:	Значение (III)
1 ч	0
3 ч	–0,5
10 ч	–1

По таблице 4.42 оценивается **вторая поправка  $n_f$** . Эта поправка используется только применительно к огнеопасным веществам. Она учитывает наличие систем противопожарной безопасности и количество хранящихся емкостей с такими веществами.

Таблица 4.42. Поправка ( $n_f$ ) для горючих веществ

Вещество (код)	Меры пожаробезопасности/ число хранящихся баллонов	Поправка
Воспламеняющийся газ (7)	Спринклерная система	+0,5
Воспламеняющийся газ (10)	Двуслойная защитная оболочка	+1
Воспламеняющийся газ (13)	Противопожарная стена	+1
	Спринклерная система	+0,5
	Хранение: 5–50 баллонов	+1
	50–500 баллонов	0
	> 500 баллонов	–1

По таблице 4.43 оценивается **третья поправка  $n_o$** . Она учитывает такие организационные и управленческие факторы, как фактический срок службы объекта, качество управления безопасностью, наличие и качество процедур обеспечения безопасности, качество эксплуатационного обслуживания оборудования, а также наличие планов мероприятий на случай

чрезвычайных ситуаций, планов эвакуации и т.д. К оценке этой поправки следует подходить осторожно, особенно при невозможности непосредственно обследовать объект. Отметим, что стандартного метода учета всех таких факторов нет.

Таблица 4.43. Поправка ( $n_o$ ) на организацию обеспечения безопасности

Уровень обеспечения безопасности	Поправка
Уровень обеспечения безопасности выше среднеотраслевого	+0,5
Уровень обеспечения безопасности = среднеотраслевому	0
Обеспечения безопасности ниже среднеотраслевого уровня	-0,5
Неудовлетворительный уровень обеспечения безопасности	-1
Отсутствие мер по обеспечению безопасности	-1,5

В принципе, если не рассматривать размер возможных последствий, то оцененных параметров достаточно для определения «показателя вероятности аварий» ( $N_{i,s}$ ):

$$N_{i,s} = N_{i,s}^* + n_l + n_f + n_o.$$

Однако для использования в дальнейшем в матрице «частота-последствия» для выработки приоритетов необходимо учитывать возможность уменьшения последствий из-за, например, благоприятного направления ветра в сторону, противоположную селитебным районам.

Поэтому по таблице 4.44 оценивается **четвертая поправка  $n_p$** . Эта поправка учитывает вероятность направления ветра в сторону предварительно определенных наиболее важных районов заселения в круге радиусом, равным максимальной протяженности зоны поражения.

В Руководстве зоны поражения делятся на три типа (рисунок 4.23).

Обозначение I соответствует площади круга диаметром, равным максимальной протяженности зоны поражения (круговая зона поражения, как при взрыве).

Обозначение II соответствует 1/2 площади такого круга (например, облако тяжелого горючего газа с замедленным воспламенением и/или облако, образовавшееся в результате испарения из проливов большой площадью).

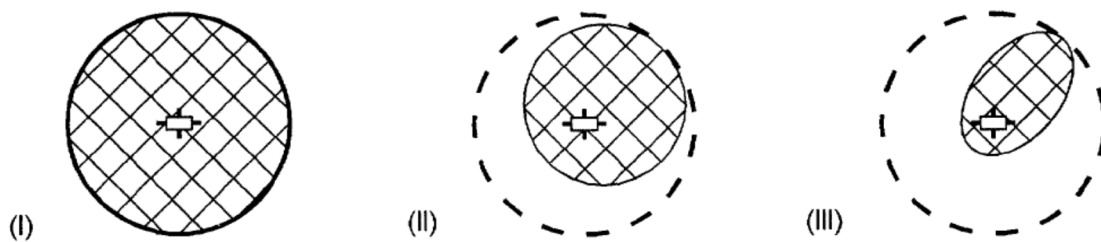


Рисунок 4.23. Типы зон поражения

Обозначение III соответствует примерно 1/10 площади такого круга (протяженное облако при рассеянии в атмосфере).

В частности, эта поправка неприменима к авариям, вызывающим симметричные эффекты (т.е. с зоной поражения в форме круга: такие зоны характерны для взрывов и относятся к типу I). Если зона поражения занимает часть круга (зоны II и III типов, характерные для рассеяния токсичных веществ), производится увязка с теми секторами, которые рассматриваются при оценке последствий для населения (будет рассмотрено далее в разделах, посвященных методам экспресс-оценки последствий). Если зона поражения занимает часть круга, но население проживает со всех сторон от опасного объекта, поправка равна нулю.

Значения, приведенные в таблице 4.44, рассчитаны для равномерного распределения направлений ветров.

Таблица 4.44. Поправка ( $n_p$ ) на вероятность направления ветра в сторону заселенных районов в зоне поражения

Тип зоны поражения	Заселенная часть площади зоны поражения (%)				
	100 %	50 %	20 %	10 %	5 %
I	0	0	0	0	0
II	0	+0,5	+0,5	+0,5	+0,5
III	0	+0,5	+0,5	+1	+1,5

Далее рассчитывается показатель вероятности аварий  $N_{i,s}$  с определенными последствиями по формуле. Перевести этот «показатель вероятности» в вероятность  $P_{i,s}$  можно по таблице 4.45 или напрямую исходя из определения  $N$ .

Таблица 4.45. Перевод показателя вероятности аварий (N) в частоту аварий (P, событий в год)<sup>a</sup>

N	P	N	P	N	P
0	$1 \cdot 10^0$	5	$1 \cdot 10^{-5}$	10	$1 \cdot 10^{-10}$
0,5	$3 \cdot 10^{-1}$	5,5	$3 \cdot 10^{-6}$	10,5	$3 \cdot 10^{-11}$
1	$1 \cdot 10^{-1}$	6	$1 \cdot 10^{-6}$	11	$1 \cdot 10^{-11}$
1,5	$3 \cdot 10^{-2}$	6,5	$3 \cdot 10^{-7}$	11,5	$3 \cdot 10^{-12}$
2	$1 \cdot 10^{-2}$	7	$1 \cdot 10^{-7}$	12	$1 \cdot 10^{-12}$
2,5	$3 \cdot 10^{-3}$	7,5	$3 \cdot 10^{-8}$	12,5	$3 \cdot 10^{-13}$
3	$1 \cdot 10^{-3}$	8	$1 \cdot 10^{-8}$	13	$1 \cdot 10^{-13}$
3,5	$3 \cdot 10^{-4}$	8,5	$3 \cdot 10^{-9}$	13,5	$3 \cdot 10^{-14}$
4	$1 \cdot 10^{-4}$	9	$1 \cdot 10^{-9}$	14	$1 \cdot 10^{-14}$
4,5	$3 \cdot 10^{-5}$	9,5	$3 \cdot 10^{-10}$	14,5	$3 \cdot 10^{-15}$

<sup>a</sup> N – абсолютное значение логарифма  $P(N = |\log_{10} P|)$ .

Приведенная выше процедура должна быть осуществлена для всех видов деятельности.

**Пример.** Продемонстрируем оценку частоты (вероятности) аварий на примере склада, где хранятся 1700 баллонов с пропаном и бутаном, каждый баллон вместимостью 40 кг, склад оборудован противопожарной стеной и спринклерной системой пожаротушения. На этапе оценки последствий установлено: зона поражения I типа, минимальное расстояние между складом и заселенной зоной – 10 м, заселенная зона занимает 15 % площади кольца, ограниченного радиусами 10 м и 100 м от склада. Этапы и результаты оценки приведены в таблице 4.46.

Таблица 4.46. Этапы оценки частоты (вероятности) аварий иллюстративного примера

Этап	Результат этапа	Источник
1	Вид деятельности и вещество: хранение воспламеняющегося газа (код вещества 13)	Таблица 4.32 Таблица 4.36
2	Стандартный показатель вероятности аварий = 4	Таблица 4.39
3	Поправка на частоту погрузочно-разгрузочных операций отсутствует (код 13)	Таблица 4.40 Примечание
4	Необходимо учесть 3 поправки для огнеопасных веществ: Наличие противопожарной стены = +1; Наличие спринклерной системы = + 0,5; Хранение более 500 баллонов = -1 Суммарная поправка на пожароопасность = +0,5	Таблица 4.42

#### Окончание таблицы 4.46

Этап	Результат этапа	Источник
5	Поправку на организацию обеспечения безопасности для данного вида деятельности принимаем консервативно равной $-0,5$ (Обеспечение безопасности ниже среднеотраслевого уровня)	Таблица 4.43
6	Поправка на вероятность определенного направления ветра = 0 (зона поражения I типа).	Таблица 4.44
7	Итоговый «показатель вероятности» равен: $4 + 0,5 - 0,5 = 4$ Оценка частоты событий: $P = 10^{-4}$ в год.	Таблица 4.45

### Экспресс-оценка вероятности крупных аварий при транспортировке опасных веществ

Оценка частоты (вероятности) аварий при транспортировке опасных веществ осуществляется по той же технологии, что и для стационарных объектов. Для того чтобы рассчитать частоту аварий ( $P_{t,s}$ , число аварий в год) при транспортировке (индекс  $t$ ) опасного вещества (индекс  $s$ ), приводящих к определенным последствиям, сначала оценивают «показатель вероятности аварий»  $N_{t,s}$  по формуле:

$$N_{t,s} = N_{t,s}^* + n_c + n_{t\delta} + n_p, \quad (4.2)$$

где  $N_{t,s}^*$  – средний показатель вероятности аварий для данного вида транспортировки данного вещества;  $n_c$  – поправка на условия безопасности системы транспортировки;  $n_{t\delta}$  – поправка на интенсивность перевозок;  $n_p$  – поправка на вероятность ветра в направлении заселенных районов.

Так же, как в случае со стационарными объектами для установленного вида деятельности и опасного вещества, оценка вероятности/частоты аварий при транспортировке осуществляется в несколько этапов, результатом которых станет вычисление показателя вероятности аварий согласно (4.2).

Предварительно необходимо выбрать вид и маршрут транспортировки (автомобильная дорога/ железная дорога/ водные пути/ трубопровод); выделить однокилометровый участок маршрута; определить, какое

место на этом участке самое опасное из-за неблагоприятного сочетания высокой плотности населения и низкого уровня транспортной безопасности. Если по данному маршруту производится перевозка нескольких опасных веществ, анализ выполняется по каждому веществу в отдельности.

По таблице 4.47 выбирается **средний показатель вероятности аварий** для каждого опасного вещества (или группы веществ), соответствующего каждому виду деятельности. Это необходимо сделать для каждого выделенного участка рассматриваемых путей.

Таблица 4.47. Средние показатели вероятности аварий ( $N_{t,s}^*$ ) при транспортировке<sup>а</sup>

Вещество (код)		Транспорт			
		автомобильный	железнодорожный	водный <sup>б</sup>	трубопроводный
Горючая жидкость	(2)				6
Горючая жидкость	(5)				5
Горючая жидкость	(3, 6)	8,5	9,5	7,5 9 <sup>с</sup>	3
Воспламеняющийся газ	(7)	9,5	10,5		
Воспламеняющийся газ	(8)				6
Воспламеняющийся газ	(9)			10	
Воспламеняющийся газ	(11)			9	
Воспламеняющийся газ	(12)				6
Взрывчатое вещество и горючая пыль	(14)	9 7,5	10 8,5	8	
Токсичное вещество (жидкость)	(19, 23, 27)			6,5 8 <sup>в</sup>	
Токсичное вещество (жидкость)	(20, 24, 28)	9,5	10,5	9 8	6 5 <sup>г</sup>
Токсичное вещество (газ)	(31, 32)				
Токсичное вещество (газ)	(36, 37)				
Токсичное вещество (газ)	(40, 41, 42)				

*Примечания.*

<sup>а</sup> В таблице приведены лишь те значения, которые используются в Руководстве.

<sup>б</sup> Внутренние водные пути.

<sup>в</sup> Двойной корпус.

<sup>г</sup> Для веществ, вызывающих сильную коррозию при контакте с водой.

По таблицам 4.48 и 4.49 оценивается **первая поправка**  $n_c$ . Эта поправка учитывает условия безопасности системы транспортировки. В таблице 4.48 приведены значения поправок для автомобильного, водного и трубопроводного транспорта (для среднего уровня безопасности поправка равна 0), в таблице 4.49 – для железнодорожного транспорта. Особое внимание следует уделять железнодорожным сортировочным станциям вблизи промышленных зон.

Таблица 4.48. Поправка ( $n_c$ ) на условия безопасности транспортных систем: автомобильный, водный и трубопроводный транспорт

Условия безопасности	Поправка		
	Автомобильный	Водный	Трубопроводный
Безопасные	+1	+0,5	+1
Среднеопасные	0	0	0
Опасные	-1	-0,5	-1

К **безопасным** условиям можно отнести, например:

- пути сообщения без пересечений; маршруты с низкой или нулевой интенсивностью движения;
- дороги с отдельными проселочными дорогами;
- водные пути: широкие, прямые;
- трубопроводы, изготовленные и проложенные в соответствии с новыми нормативами.

К **опасным** условиям можно отнести, например:

- маршрут, на котором часто происходят аварии;
- участки с перекрестками с высокоинтенсивным движением; с развилками и резкими изгибами; без светофоров; со скользким покрытием;
- водные пути: с изгибами; перекрестками; с движением паромов; с рейдовыми стоянками для перевалки грузов; с такими препятствиями, как мосты и шлюзы;
- трубопроводы: изношенные; изготовленные по устаревшим нормативам; расположение трубопровода неизвестно или не отмечено указателями.

К **среднеопасным** относят те участки, которые невозможно отнести ни к одной из двух других категорий.

Отметим, что в действительности вклад (поправок) безопасных или опасных участков в вероятность аварии может существенно отличаться от значений, приведенных в таблице 4.48.

Таблица 4.49. Поправка ( $n_c$ ) на условия безопасности транспортных систем: железнодорожный транспорт

Транспортная система	Описание	Поправка
Рельсовые пути	Стандартный свободный рельсовый путь	0
	Товарно-пассажирский поезд (поправка для газов)	-1
	Заводской подъездной путь*	-1
Сортировочные станции	Переформирование составов:	
	– с использованием сортировочной горки;	-3
	– с использованием локомотива и свободного движения вагонов;	-3
	– перестановка вагонов с помощью локомотива;	-2
	– процесс без переформирования составов	-1
	Плохое состояние проходящих вагонов** или плохое состояние сортировочной станции***	-1
<p><i>Примечания.</i>  * Особенно ответвления пути к производственным сооружениям.  ** Частые утечки и т.п.  *** Свободный доступ на территорию; загрязненность территории; плохое состояние пути; неавтоматизированный процесс и проч.</p>		

По таблице 4.50 оценивается **вторая поправка  $n_{t8}$** . Поправка учитывает интенсивность перевозок, т.е. число единиц транспорта (автоцистерн, вагонов, барж и т.п.), используемых в течение года для транспортировки данного опасного вещества, или число единиц транспорта, обрабатываемых в течение года на железнодорожной сортировочной станции.

Таблица 4.50. Поправка ( $n_{t8}$ ) на интенсивность перевозок

Число транспортных средств/ судов в год	Поправка
10–50	-1,5
50–200	-2
200–500	-2,5
500–2000	-3
2000–5000	-3,5
5000–20 000	-4

Оценка интенсивности перевозок может вызывать определенные трудности и требовать много временных затрат, поэтому, как подчеркивается в Руководстве, данный метод позволяет провести лишь



предварительную быструю или экспресс-оценку. Предполагается, что при недостатке информации более подробный анализ должен выполняться лишь для тех участков пути, которые вносят существенный вклад в риск для населения.

**Поправка  $n_p$** , учитывающая вероятность направления ветра в сторону предварительно определенных наиболее важных районов заселения в круге радиусом, равным максимальной протяженности зоны поражения, оценивается по той же таблице, как и в случае стационарных объектов.

Наконец, рассчитывается **показатель вероятности аварий**  $N_{t,s}$  с определенными последствиями по формуле (4.2). Перевести этот «показатель вероятности» в вероятность  $P_{t,s}$  можно по таблице 4.45 или напрямую, исходя из определения  $N$ .

Приведенная выше процедура должна быть осуществлена для всех выделенных участков маршрута транспортировки.

**Пример.** Продемонстрируем оценку частоты (вероятности) аварий на примере автомобильных перевозок по маршруту длиной 10 км.

Объемы перевозок опасных веществ (в год): 4000 автоцистерн со сжиженным нефтяным газом и 200 автоцистерн с токсичным газом (например, аммиаком). Масса перевозимого сжиженного нефтяного газа и аммиака: 10–50 тонн на автоцистерну. Основное внимание при анализе уделяется опасному участку дороги протяженностью около 1200 м, по одну сторону которого расположен густонаселенный район.

Транспортируемые вещества относятся к разным классам опасных веществ, поэтому необходимо выполнить расчет по каждому веществу в отдельности.

Введем обозначения:

$S_1$  – для транспортировки сжиженного нефтяного газа и  $S_2$  – для транспортировки аммиака.

На этапе оценки последствий установлено:

для  $S_1$  – зона поражения I типа (максимальная протяженность зоны поражения = 100 м; площадь зоны поражения = 3 га);

для  $S_2$  – зона поражения II типа, (максимальная протяженность зоны поражения = 100 м; площадь зоны поражения = 1,5 га).

Этапы и результаты оценки частоты приведены в таблице 4.51.

Таблица 4.51. Этапы оценки частоты (вероятности) аварий иллюстративного примера

Этап	Результат этапа	Источник
1	Вид деятельности и вещество: Сжиженный давлением воспламеняющийся газ, код для $S_1 = 7$ . Аммиак – токсичное вещество (газ): код для $S_2 = 31$	Таблица 4.32 Таблица 4.36
2	Средний показатель вероятности аварий для $S_1$ и $S_2 = 9,5$	Таблица 4.47
3	Поправка на условия безопасности на анализируе- мом участке дороги: для $S_1$ и $S_2 = -1$	Таблица 4.48 Примечание
4	Поправка на интенсивность перевозок: для $S_1 = -3,5$ ; для $S_2 = -2$	Таблица 4.50
5	Поправка на распределение населения и направле- ние ветра: для $S_1 = 0$ (зона поражения I типа); для $S_2 = +0,5$ (зона поражения II типа; заселенность: 50%)	Таблица 4.44
6	Итоговый «показатель вероятности» равен для $S_1 : 9,5 - 1 - 3,5 = 5 \implies$ частота событий $10^{-5}$ в год для $S_2 : 9,5 - 1 - 2 + 0,5 = 7 \implies$ частота событий $10^{-7}$ в год	Таблица 4.45

В заключение данного раздела отметим, что если на участке автомобильной или железной дороги, водного пути или трубопровода существует опасность аварии в связи с транспортировкой различных веществ, то частоты, рассчитанные для каждого вещества, следует сгруппировать по классам тяжести последствий. Определенное для каждого класса значение представляет собой частоту аварий на км в год, приводящих к последствиям, характерным для этого класса. Частоты аварий, относящихся к одному и тому же классу тяжести последствий, суммируются.

# Глава 5. КОНЦЕПЦИЯ ДОПУСТИМОГО (ПРИЕМЛЕМОГО) РИСКА И ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ РИСКА

## 5.1. Обзор подходов по установлению допустимых уровней риска

### Актуальность концепции допустимого (приемлемого) риска

Развитие новых технологий в промышленности и энергетике привело к созданию и широкому практическому применению разнообразных сложных технических систем, таящих в себе потенциальную опасность возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) и аварий крупного масштаба. Для исследования потенциальных аварий, ЧС и их последствий на таких системах стала активно применяться методология анализа и управления техногенным риском сначала применительно к ядерно-техническим установкам, позднее к объектам химической промышленности и ракетно-космической технике. После ряда крупных аварий, приведших к загрязнению окружающей среды и многочисленным человеческим жертвам, интенсивно стало развиваться направление анализа и управления риском аварий и чрезвычайных ситуаций, а также риском, связанным с воздействием на окружающую среду и здоровье человека. Этот процесс уже перешел в область практической реализации – многие новые законодательные и нормативно-методические документы в области безопасности, прежде всего промышленной, радиационной и экологической, а также управления риском чрезвычайных ситуаций реализуют идеи методологии анализа и управления риском. Здесь следует отметить активность МЧС России, Ростехнадзора, Росатома по развитию исследований риска и практическому внедрению их результатов. Методология анализа и управления риском, как прекрасный инструмент поддержки принятия решений, постепенно находит понимание в региональных, районных и городских администрациях.

Еще более 15 лет назад, на состоявшейся в апреле 2004 года девятой Всероссийской научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций «Региональные риски чрезвычайных ситуаций и управление природной и техногенной

безопасностью муниципальных образований» (Региональные, 2004) в основном докладе Ю.Л. Воробьев (Воробьев, 2004) отмечал: *«Основой формирования государственной политики в области управления рисками является соответствующая законодательная база. Важным и необходимым шагом в переходе к новой стратегии управления безопасностью является реализация Федерального закона «О техническом регулировании» (184-ФЗ от 27 декабря 2002 г.), который широко использует понятие риска и его предельно допустимых значений для разработки соответствующих технических регламентов. В настоящее время ведется обоснование уровней приемлемого индивидуального и социального риска, которые могут стать целью и индикаторами обновленной стратегии национальной и региональной безопасности».* Проведены *«предварительные оценки уровней недопустимого, приемлемого и пренебрежимого риска для условий нашей страны. Эти уровни, очевидно, будут варьироваться не только между, но и внутри различных регионов России и муниципальных образований в зависимости, прежде всего, от уровня угроз, культурно-исторических, демографических условий и степени социально-экономического развития конкретной территории. В связи с этим нам предстоит большая и серьезная работа по нормированию рисков на различных территориях и в основных сферах жизнедеятельности населения».*

Сегодня в России живет около 145 млн человек. По статистике ежегодно из-за причин, не связанных с болезнями (убийства и самоубийства, различного рода несчастные случаи), население России сокращается примерно на четверть миллиона человек. Число смертей от таких (внешних) причин и их доля среди всех причин смерти в России весьма высоки в сравнении с другими развитыми странами, и их вклад в общую смертность если не растет, то и не уменьшается. Если в начале XX века в России от внешних причин ежегодно умирало около 40 тысяч человек (или 40 на 100 тысяч населения) и это составляло чуть больше 1 % всех умерших, то в начале XXI века в России, где живет около 145 миллионов человек, ежегодно от внешних причин умирает около 300 тысяч человек (или свыше 200 на 100 тысяч населения), и это составляет почти 15 % всех умерших, а в некоторые годы и более. В европейских странах доля смертей от внешних причин принципиально не менялась, составляя в мирное время 6–8 %. В США с населением примерно вдвое большим, чем в России, эти причины уносят почти в 2,5 раза меньше жизней и также составляют всего 6 % всех смертей.

Количество утонувших в водоемах людей примерно равно количеству погибших при пожарах. Особенно показательным число утонувших на 100 тысяч жителей – у нас оно самое высокое в мире – более 7 человек на 100 тысяч. (Для сравнения в разные годы эта цифра была: в Никарагуа – 6,3; в Германии – 0,5; во Франции – 2,1; в Австралии – 1,1). 40 % утонувших – дети. Треть утонувших – в состоянии алкогольного опьянения (Предельно допустимые, 2006).

Сложившаяся ситуация вызывает соответствующую озабоченность как законодательной, так и исполнительной власти страны. Уже в Федеральном законе «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ дано не только **понятие о риске**: *«вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда»*, но и обязательность в технических регламентах учитывать степень риска, не принимать технические регламенты, не позволяющие определить степень допустимого риска, и это законом предписывается делать с учетом положений международных стандартов, рекомендаций международных организаций, участником которых является Российская Федерация. Также в Градостроительном кодексе Российской Федерации при обосновании схем территориального планирования предлагается учитывать факторы риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Назрела необходимость на государственном уровне установить законодательно, первоначально рекомендуемый общероссийский приемлемый или допустимый уровень индивидуального и социального риска, на основе которого должны быть установлены приемлемые уровни индивидуального и социального риска для субъектов Российской Федерации.

В данном разделе представлен обзорный анализ международного опыта нормативно-экономического регулирования индивидуального и социального риска, анализируются показатели риска, применяемые для сравнения различных видов деятельности и в целях анализа и нормирования риска. Для научно-методического обоснования допустимых уровней индивидуального риска рассмотрены различные нормативно-экономические модели и подходы по установлению критериальных ограничений по риску техногенного воздействия на население, применяемые за рубежом в практической деятельности по управлению риском

в области промышленной и экологической безопасности. На основе обобщения практического опыта исследований и проделанных оценок риска в различных отраслях промышленности, энергетики и транспорта предлагаются экспертные рекомендации по введению системы стандартов (нормативов) риска и установлению количественных критериев допустимого риска для использования в нормативных целях на территории Российской Федерации.

### **Предписывающее и целеориентированное регулирование**

Ключевой ценностью современной жизни в мире является безопасность населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС), причем среди техногенных ЧС аварии и пожары являются, по-видимому, наиболее ответственными с точки зрения регулирования (нормирования) риска ЧС.

В настоящее время в России сложилось на уровне законодательных актов определенное понимание безопасности как состояния защищенности личности, имущества, общества и государства от факторов опасности. Так, Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 года № 116-ФЗ определяет промышленную безопасность как «...состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий...». Аналогично, Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 21 декабря 1994 года № 69-ФЗ определяет пожарную безопасность как «состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров...». Все другие Федеральные законы о безопасности, например «О безопасности населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера», «О техническом регулировании» и т.п., основываются на этой же самой идее, предлагая иногда другие формулировки. Однако ответы на важнейший практический вопрос – приемлемо ли текущее состояние защищенности населения – различные Федеральные законы (и связанные с ними подзаконные акты) предлагают разные.

Можно выделить два подхода, предлагаемые к реализации на законодательном уровне. Первый из них реализует принцип предписывающего регулирования, т.е. приемлемое личностью и обществом состояние защищенности достигается при соблюдении определенных обязательных требований – условий, запретов, ограничений и других. Это подход

*предписывающего регулирования* характерен для франко-германского права (образно – «делай как сказано, и будет хорошо»). В литературе отмечаются недостатки предписывающего регулирования, связанные с тем, что такой подход зачастую служит тормозом для технического прогресса, поскольку нормотворчество, как правило, не успевает за передовой научной мыслью; является необоснованно ограничительным и негибким в отношении уже существующих объектов, затрудняя учет конкретных условий; технические требования не всегда понятны и не укладываются в существующую систему принятия решений в отношении безопасности.

Лучшая мировая практика подсказывает (см., например: Alle, 1991; Wolski, Dembsey, Meacham, 2000; Roberts, Metonos, Shirvill, 2000; Guidance, 2003; HID's, 2002; Assessing, 2003; Policy, 2003; Principles, 2003; Marine, 2001; Reducing, 2001), что основным направлением *снятия ограничений предписывающего регулирования* является переход к непосредственному измерению, оценке безопасности в ясных и понятных (и для населения, и для лиц, принимающих решения) показателях, и установления критерия приемлемости уровня безопасности.

По своей природе «состояние защищенности» измеряется возможными потерями. Однако непосредственное «экспериментальное» измерение безопасности в потерях невозможно, потому что аварии и ЧС – это случайные, непредсказуемые и не планируемые явления, вследствие чего и потери от них являются случайной величиной, которая непосредственно не используется человеком для принятия решений. Однако человек понимает и умеет принимать решения на основании отдельных численных характеристик этой случайной величины «потери» – ожидаемого значения, или риска, и наибольшего значения.

Именно эти показатели, как демонстрирует лучшая мировая практика, используются для измерения уровня риска и безопасности и вынесения на основе их значений суждения о приемлемости или неприемлемости уровня безопасности (риска) конкретного объекта в конкретных условиях. При таком подходе, характерном для англо-саксонского права, устанавливается целевое значение показателя, поэтому он часто называется *целеориентированным*, при этом не регламентируется жестко, как именно этой цели надо достигать или что делать в каждом конкретном случае.

В настоящее время обеспечение безопасности (промышленной деятельности) в нашей стране все больше основывается на критериях риска.

При этом реализуется так называемый гибкий (или целеориентированный) подход к обеспечению безопасности, когда не регламентируются жестко все необходимые защитные мероприятия для определенного класса объектов (как это делается в случае применения СНиП, НПБ, правил безопасности и т.д.), а формулируются критерии безопасности и в самом общем виде пути достижения этих критериев. В качестве количественного критерия безопасности чаще всего принимают определенные величины индивидуального и социального риска. Количественные оценки, выполненные на основе общих и частных показателей риска, должны служить объективными характеристиками уровня безопасности населения. Расчет показателей риска необходим в первую очередь для принятия соответствующих управленческих решений по обеспечению приемлемого уровня риска и безопасности. Однако возникает вопрос: что считать приемлемым риском? Приблизиться к ответу на данный вопрос можно, например, проведя сравнение рисков, присущих различным видам деятельности.

### **Сравнение рисков различных видов деятельности**

Для сравнения различных видов деятельности, риск может выражаться количественно через показатель FAR (FAR – Fatal Accident Rate), характеризующий частоту аварий со смертельным исходом. Показатель FAR отражает количество смертельных исходов в течение 108 часов воздействия вероятных аварийных факторов на здоровье 1000 человек. Так, если для некоторого предприятия показатель FAR равен 8,0, это означает, что из 1000 мужчин и женщин, работающих на этом предприятии всю трудовую жизнь (например, 50 лет), при режиме работы в течение 50 недель в год (2 недели отпуск) и 40 часов в неделю, восемь могут погибнуть из-за аварии.

Нижеследующая таблица 5.1 дает представление о частоте аварий со смертельным исходом при ведении разных видов хозяйственной деятельности с использованием показателя FAR (Lees, 1981).

Отметим, что для сравнительного анализа риска той или иной деятельности также используются показатели индивидуального, социального и коллективного риска. Данные сравнительного анализа различных рисков, подобные тем, что приводятся в таблице 5.2, могут использоваться в процессе выработки политических решений, как это практикуется в Нидерландах (Kamer, 1988,1989). В таблице 5.2 показан ряд



опасностей, которые имеют сравнимые риски. Риск, присущий этим видам деятельности, отражает величины индивидуального риска, добавляемого к существующему природному и другим рискам.

Таблица 5.1. Сравнение опасности различных видов деятельности по показателю FAR

Вид хозяйственной деятельности	FAR за 10 <sup>8</sup> часов
Добыча угля	7,3
Строительство	5,0
Сельское хозяйство	3,7
Химическая промышленность	1,2
Другие	1,2

Таблица 5.2. Ежегодный уровень индивидуального риска смерти, связанной с определенной деятельностью и/или случайными происшествиями в Нидерландах

Деятельность / происшествие	Ежегодный уровень смертности	
Утопление в результате обвала насыпи (плотины)	10 <sup>-7</sup>	1 из 10 000 000
Укус пчелы	2·10 <sup>-7</sup>	1 из 5 500 000
Удар молнии	5·10 <sup>-7</sup>	1 из 2 000 000
Полеты	1,2·10 <sup>-6</sup>	1 из 814 000
Прогулки пешком	1,85·10 <sup>-5</sup>	1 из 54 000
Катание на велосипеде	3,85·10 <sup>-5</sup>	1 из 26 000
Вождение автомобиля	1,75·10 <sup>-4</sup>	1 из 5 700
Вождение мопеда	2·10 <sup>-4</sup>	1 из 5 000
Вождение мотоцикла	1·10 <sup>-3</sup>	1 из 1 000
Курение (1 пачка сигарет в день)	5·10 <sup>-3</sup>	1 из 200

Ниже в таблицах 5.3–5.6 представлены сводные зарубежные данные (Воробьев, Ковалев, 1983; Евстафьев, Григорьев, 1993; Ковалев, 1976, 1990) по показателям различных видов риска для людей, связанных как с естественной средой обитания и профессиональной деятельностью, так и со стихийными бедствиями.

В таблицах 5.7 и 5.8 приведены статистические данные по числу погибших в год и показатели индивидуального риска гибели по различным «неестественным» причинам, в том числе в результате чрезвычайных ситуаций.

Таблица 5.3. Риск смерти при естественных катастрофах (на человека в год)

Вид события	Риск смерти	Вид события	Риск смерти
Наводнения, цунами	$4 \times 10^{-6}$	Грозы	$6 \times 10^{-7}$
Землетрясения	$3 \times 10^{-6}$	Ураганы, торнадо	$3 \times 10^{-8}$
Тайфуны, циклоны, бури	$2 \times 10^{-6}$	Все виды событий	$1 \times 10^{-5}$

Таблица 5.4. Риск смерти при воздействии искусственной среды обитания (на человека в год)

Вид воздействия	Риск смерти	Примечание
Катастрофы в искусственной среде обитания	$10^{-6} - 10^{-5}$	Смог, аварийное загрязнение внешней среды и т.п.
Выбросы теплоэлектростанций	$4 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-5}$	Загрязнение атмосферы
Выхлопные газы автомобилей	$(1-5) \cdot 10^{-6}$	В промышленно развитых странах
Выбросы и отходы атомных электростанций (АЭС)	$5 \cdot 10^{-8} - 3 \cdot 10^{-7}$	При дозе 1–5 мбэр в год на границе зоны АЭС
Медицинские процедуры с применением излучений	$5 \cdot 10^{-6}$	При годовой популяционной дозе $1,5 \cdot 10^{-7}$ человеко-бэр
Прочие воздействия ионизирующей радиации на население	$(1-2) \cdot 10^{-7}$	Радиоактивные вещества в товарах широкого потребления, излучение телевизоров, при полетах обычных и сверхвысотных самолетов
Все виды воздействия искусственных источников ионизирующей радиации	$(3-6) \cdot 10^{-6}$	Исключая профессиональное облучение

Таблица 5.5. Риск смерти от несчастных случаев в транспортных условиях (на человека в год)

Причины смерти по перечню ВОЗ	Возрастные группы:			
	15–24	25–34	35–44	45–54
Несчастные случаи, связанные с автотранспортом	$6,3 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$
Несчастные случаи на общественных путях сообщения, связанные с другими средствами передвижения	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$

Окончание таблицы

Причины смерти по перечню ВОЗ	Возрастные группы:			
	15–24	25–34	35–44	45–54
Несчастные случаи на железнодорожном транспорте	$0,6 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Несчастные случаи на водном транспорте	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$
Несчастные случаи на воздушном транспорте	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$4,4 \cdot 10^{-5}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$

Таблица 5.6. Риск смерти для ряда промышленных профессий (на человека в год)

Профессия	Англия	США
Экипажи рыболовных траулеров	$2,7 \cdot 10^{-3}$	–
Рабочие угольных шахт	$3,1 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$ (включая шахты и карьеры)
Рабочие гончарного и керамического производства	$5,0 \cdot 10^{-4}$	–
Строительные рабочие	$1,9 \cdot 10^{-3}$	–
Рабочие обрабатывающей промышленности в целом	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Рабочие всей промышленности	–	$2,5 \cdot 10^{-4}$
Рабочие предприятий атомной промышленности США (нерадиационный риск)	–	$8,0 \cdot 10^{-4}$

Таблица 5.7. Риск гибели от «неестественных» причин (2000–2005) (Предельно допустимые, 2006)

Причина гибели	Число погибших, чел/год	Индивидуальный риск, 1/год
Самоубийства	до 55 000	$3,8 \cdot 10^{-4}$
Наркотики	до 50 000 (> 75% из них – люди в возрасте до 30 лет)	$3,4 \cdot 10^{-4}$
ДТП	более 34 000	$2,3 \cdot 10^{-4}$
Отравление некачественным алкоголем	33 000 (до 40–50 тыс.)	$2,3 \cdot 10^{-4}$

Окончание таблицы 5.7

Причина гибели	Число погибших, чел/год	Индивидуальный риск, 1/год
Убийства	более 32 000 (30–40 тыс.)	$2,2 \cdot 10^{-4}$
Гибель на воде	около 20 000	$1,4 \cdot 10^{-4}$
Пожары	до 20 000 (80 % в жилом секторе)	$1,4 \cdot 10^{-4}$
Несчастные случаи на производстве	5000–6000	$3,8 \cdot 10^{-5}$
Природные и техногенные ЧС	до 2 500	$1,7 \cdot 10^{-5}$
Всего	более 250 000	$1,7 \cdot 10^{-3}$

Таблица 5.8. Риск гибели от «неестественных» причин (2010–2015)

Причина гибели	Число погибших, чел/год	Индивидуальный риск, 1/год
Самоубийства	26 500–30 000	$1,8 \cdot 10^{-4} - 2 \cdot 10^{-4}$
Наркотики	до 50 000 (> 75% из них – люди в возрасте до 30 лет)	$3,4 \cdot 10^{-4}$
ДТП	29 000–30000	$2 \cdot 10^{-4} - 2,1 \cdot 10^{-4}$
Отравление некачественным алкоголем	14 500–15 500	$9,9 \cdot 10^{-5} - 1,1 \cdot 10^{-4}$
Убийства	13 000–15 500	$8,9 \cdot 10^{-5} - 1,1 \cdot 10^{-4}$
Гибель на воде	4 500–6 000	$3,1 \cdot 10^{-5} - 4,1 \cdot 10^{-5}$
Пожары	9 000–10 500	$6,2 \cdot 10^{-5} - 7,2 \cdot 10^{-5}$
Несчастные случаи на производстве	1300–1500	$8,9 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5}$
Природные и техногенные ЧС	550–800	$3,75 \cdot 10^{-6} - 5,4 \cdot 10^{-6}$
Всего	148 000–160 000	$1,01 \cdot 10^{-3} - 1,1 \cdot 10^{-3}$

Заболеваемость и смертность по многим показателям (материнская, детская, от ДТП, отравления, стихийные бедствия, убийства, самоубийства, алкоголь, ВИЧ, инфекционные заболевания и т.д.) можно получить из сборников «Мировая статистика здравоохранения», 2017 г.: мониторинг показателей здоровья в отношении Целей устойчивого развития (World health statistics 2017: monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals), издаваемых Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ).

Статистика гибели в техногенных, природных ЧС, на пожарах, на водных объектах получена на основе ежегодных Государственных докладов «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

Статистика производственного травматизма по всем видам исходов получена с сайта: <http://www.trudcontrol.ru/press/statistics/24076/rosstat-obobshil-dannie->

Результаты полученных в работе (Ревич, Быков, 1998) количественных оценок степени индивидуального риска смерти от загрязнения атмосферного воздуха в сравнении с другими видами риска смерти: от ведущих групп болезней, природных явлений и катастроф представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.9. Сравнительный анализ степени риска смерти от загрязнения атмосферного воздуха в сравнении с другими видами риска смерти для населения России в конце XX века

Факторы опасности для здоровья	Диапазон риска					
	$< 10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$
<i>Загрязнение атмосферного воздуха:</i>						
В целом (по взвешенным веществам)			I----	-----*	-I	
Мышьяк			*			
Кадмий			*			
Винилхлорид			I--	*--I		
Никель			*			
Бензол			I-*--	I		
Бенз(а)пирен	I-----	---*--I				
Формальдегид	*					
<i>Болезни со смертельным исходом:</i>						X
Заболевания сердца					X	
Злокачественные новообразования					XX	
Заболевания сосудов мозга					XX	

Окончание таблицы 5.9

Факторы опасности для здоровья	Диапазон риска					
	$< 10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}>$
Бронхит хронический				х		
Диабет сахарный				х		
Алкоголизм хронический				хх		
<i>Самоубийства и самоповреждения:</i>				х		
Убийства				х		
Несчастные случаи:				ххх		
автомобилотранспорт				х		
падения				х		
утопления				х		
пожары, ожоги				х		
прочие				х	х	
<i>Природные явления:</i>			о о			
Наводнения, цунами			о			
Землетрясения			о			
Тайфуны, циклоны, бури			о			
Грозы			о			
Ураганы, торнадо	о					

Проводя сравнение рисков, связанных с промышленной деятельностью и с повседневными бытовыми рисками следует учитывать, что одни опасности принимаются обществом добровольно (например, езда на автомобиле), а другие нет. Весьма важно, что вопрос о восприятии риска существенно зависит от тех реальных выгод, которые дает та или иная деятельность. В качестве иллюстрации на рисунке 5.1 представлены зарубежные характеристики восприятия людьми различных рисков в системе анализа «риск-выгода» (Fay, 1980; Andaman, 1979).

В зарубежной практике для проведения сравнительного анализа уровней социальной опасности различных промышленных объектов широко используются т.н. « $F-N$  диаграммы» (рисунок 5.2), полученные по результатам обработки статистики и экспертных оценок и характеризующие по своей сути масштаб негативного потенциала объекта. Очевидно, что чем ниже на плоскости располагается функция  $F(N)$  и чем интенсивней она уменьшается, тем меньшую социальную опасность представляет объект. Другими словами, это зависимость частоты возникновения событий  $F$ , в которых погибло или пострадало на определенном уровне не менее  $N$  человек, от этого числа  $N$ . Эти т.н.  $F-N$  диаграммы или  $F-N$  кривые

используются в основе оценки социального риска, характеризующего масштаб опасностей, связанных с аварией.

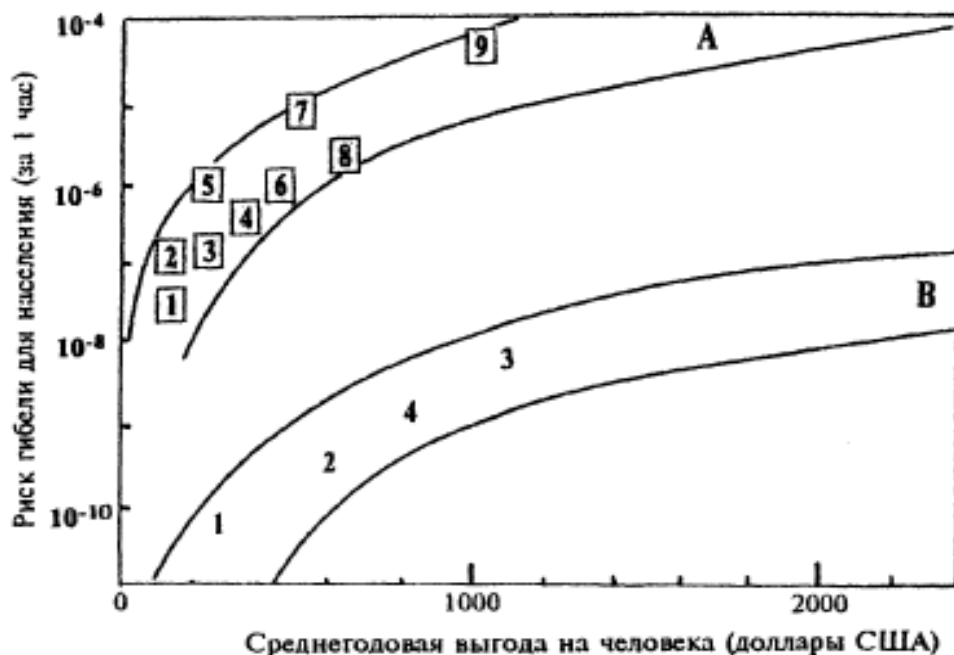


Рисунок 5.1. Восприятие людьми различных рисков.

*Примечание:* А – «добровольный» риск (занятия активной деятельностью):

- 1 – железнодорожный проезд (перевозки); 2 – год контрактной службы в армии;  
 3 – курение; 4 – охота, горные лыжи; 5 – езда на автомобиле; 6 – заболевания;  
 7 – участие в боевых действиях (Вьетнам); 8 – коммерческая авиация;  
 9 – авиация общего назначения;

В – «недобровольный» риск (от внешней опасности): 1 – природные катастрофы;

- 2 – морской терминал СПГ в США (Los Angeles); 3 – морской терминал СПГ  
 в Нидерландах (River Mass); 4 – ЛЭП высокого напряжения.

Использование кривых социального риска для сравнительного анализа степени опасности различных источников было предложено Фармером в 70-е годы прошлого столетия для обоснования безопасности эксплуатации атомных станций (Быков, Мурзин, 1998). Поэтому кривые социального риска называют также кривыми Фармера. Эти кривые наглядно показывают, какой из источников более опасен – тот, который располагается выше. Кроме того, кривые можно по определенному алгоритму «складывать», получая результирующую кривую социального риска от действия всех источников опасности. На рисунке 5.2,а демонстрируется пример (Быков, Мурзин, 1997) для техногенных источников опасности. Аналогичный подход применим и для сравнения социального риска от действия природных источников опасности – рисунок 5.1, б.

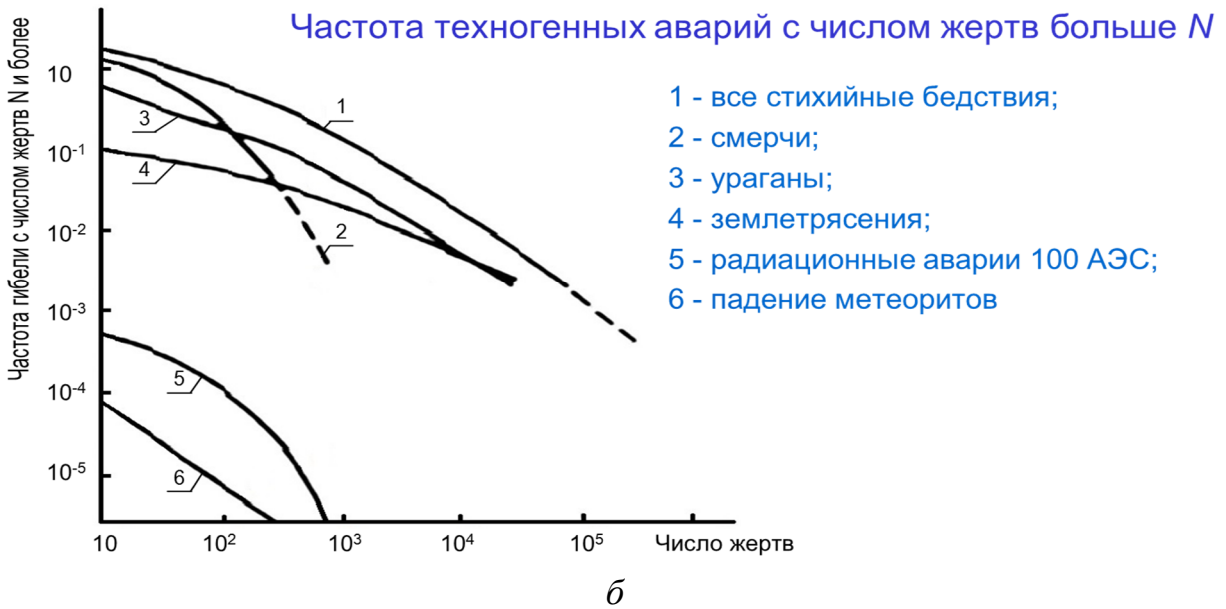
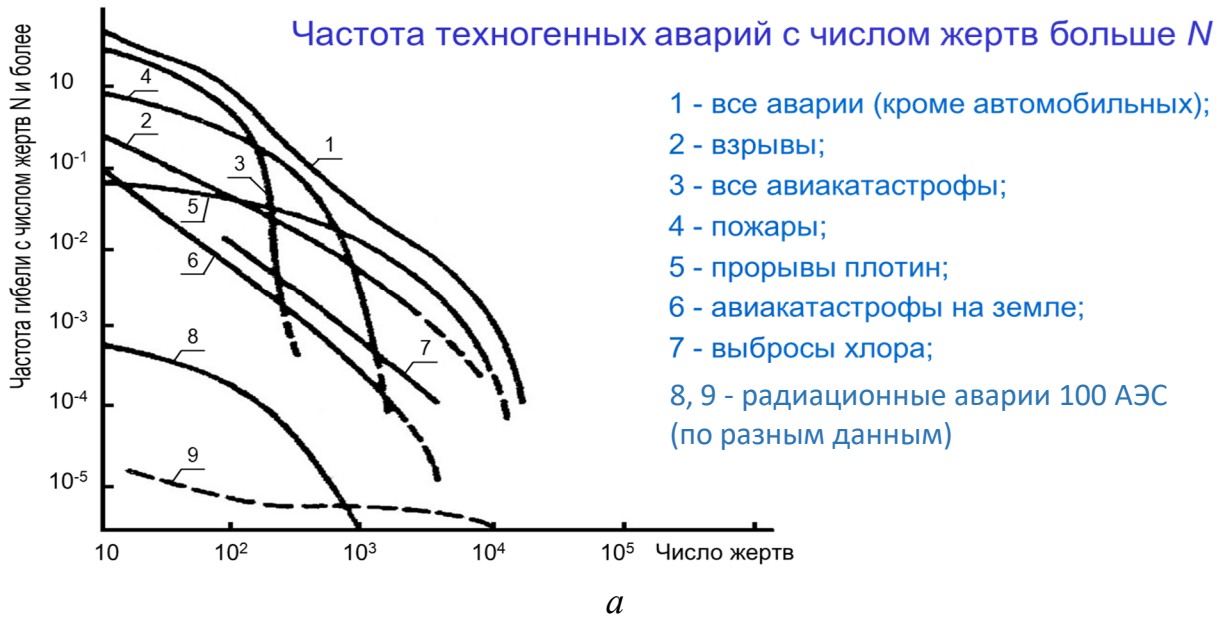


Рисунок 5.2. Различные варианты сравнения рисков:  
*a* – FN-диаграмма техногенных аварий;  
*б* – FN-диаграмма опасных природных явлений



## 5.2. Уровень приемлемости риска

### Принцип нулевого риска («0»-риска) и критерии допустимого риска

Согласно принципу «0»-риска подразумевается неприятие любого риска, какой бы малый он ни был и какие бы выгоды он ни сулил обществу. Но на практике мы не можем избавиться от присутствия риска вокруг нас. Всегда есть фоновый природный риск, и «небольшой риск» всегда предпочтительнее, если есть возможность избежать «большого риска». Например, лучше использовать относительно опасные пищевые добавки с целью избежать порчи продуктов, лучше сделать прививку (иммунизацию) детям, но избежать эпидемии, провести исследование органов человека с целью ранней диагностики возникновения рака. Тем не менее, в ряде законодательных актов некоторых стран запрещены определенные добавки в пищу животных, людей, если это может привести к онкологическим заболеваниям, тем самым реализуется на практике принцип «0»-риска.

В идеале риск должен быть равен нулю, что практически недостижимо, но можно к нему стремиться. В этом суть известного принципа ALARA (Маршалл, 1989). Акроним ALARA состоит из начальных букв английской фразы «as low as practically achievable», означающей «настолько низко, насколько это технически достижимо». Согласно этому принципу, независимо от достигнутого в промышленной деятельности уровня безопасности, требуется дальнейшее повышение этого уровня, если это технически осуществимо. Однако, как показывает опыт, всегда может произойти что-то непредвиденное, то есть нельзя полностью (абсолютно) ликвидировать опасность, например аварии, и достичь таким образом нулевого риска, состояния «абсолютной безопасности». Понимание этого факта привело к вытеснению философии «абсолютной безопасности» *концепцией приемлемого риска*, появлению принципа ALARA, что означает «as low as reasonably achievable», т.е. «настолько низко, насколько это разумно достижимо». В соответствии с принципом ALARA требуется достижение такого уровня безопасности, которое можно обеспечить с учетом экономических, социальных и экологических соображений и аспектов, в том числе и с учетом последствий реализации рисков.

Критерии допустимого риска, закрепляемые в законодательстве и нормативных актах, переводят на количественный, инженерный язык неформализованные представления личности и общества о приемлемом уровне риска и безопасности, устанавливают через законодательные механизмы такие условия, при которых и население, проживающее поблизости от опасного объекта, и его персонал не будут подвергаться чрезмерной опасности в случае, если значения риска будут удовлетворять данным критериям.

Существует несколько вариантов интерпретации терминологии при определении критериев приемлемости риска, причем термины «приемлемый» и «допустимый» иногда относятся к разным уровням риска, а иногда используются как взаимозаменяемые. Наиболее простая структура критериев приемлемости риска – это единственный предельно допустимый уровень (ПДУ) риска, который служит границей между допустимыми и недопустимыми значениями риска (как возможное следствие – между допустимыми и недопустимыми видами деятельности). Такая структура критериев привлекает простотой получения результатов, но пользоваться ими следует с большой осторожностью, поскольку они не отражают погрешностей и неопределенностей, присутствующих как при оценке риска, равно как и при определении того, что можно считать допустимым.

Определение степени приемлемости значений риска во многом основывается на сравнительной оценке различных источников опасности, связанных с разными видами деятельности человека. Считается, что в «идеальном» варианте уровень приемлемости риска должен соответствовать условию равновесия между риском и пользой от этого вида деятельности. Применение большинства технологий дает не только некоторую дополнительную пользу для общества, но и определенное увеличение уровня риска опасного или вредного воздействия на здоровье, результатом которого могут быть травма, заболевание определенной этимологии и/или смерть. Социальные аспекты этой проблемы проявляются в неравномерности распределения «пользы» и «вреда» между различными социальными группами общества от деятельности потенциально опасного объекта. Преимущества от применения технологии концентрируются зачастую у одних членов общества, а риск неблагоприятных последствий, связанных с ее недостатками, распределяется на других или на общество в целом (рисунок 5.2).

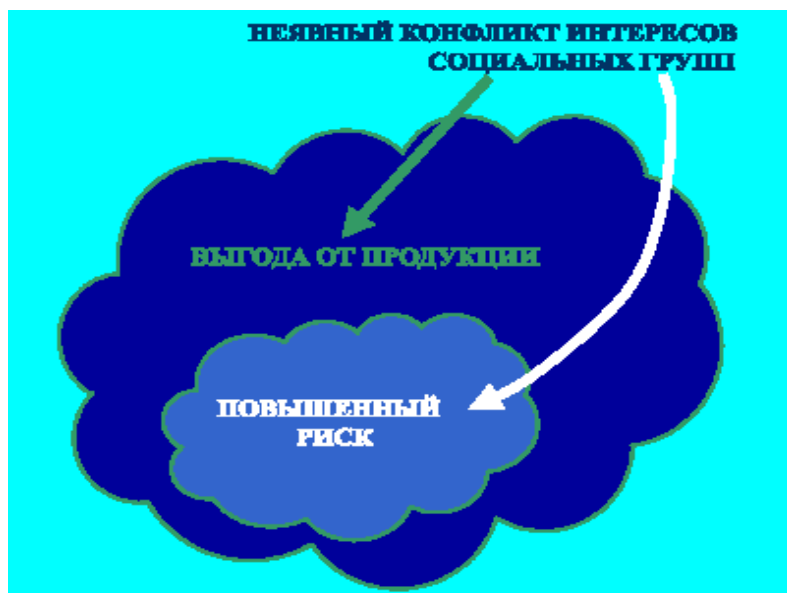


Рисунок 5.2. Иллюстрация неявного конфликта социальных интересов (Быков, 1998)

В ряде работ (Lees, 1981; Маршалл, 1989) отмечается, что всякая деятельность, приносящая выгоды и имеющая уровень риска меньший, чем уровень риска, связанный с автомобильным транспортом, является допустимой на том основании, что общество приемлет потери при дорожных происшествиях. Однако заметим, что опасности, связанные с автомобильным транспортом (вождение автомобиля), принимаются добровольно, а опасности, связанные с размещением опасного объекта (промышленного предприятия), таковыми не являются. Кроме того, если риск и выгоды, связанные с автомобильным транспортом, распространяются более или менее равномерно на все общество, то этого нельзя сказать о производстве и проживании вблизи потенциально опасных объектов. Действительно, выгоды производства той или иной продукции распространяются на все общество в целом, а риску подвергаются лишь люди, проживающие в радиусе действия поражающих факторов в случае реализации аварии.

Вопрос об уровне приемлемого риска является весьма важным в принятии решений. Следует подчеркнуть, что выбор критериального значения приемлемого уровня индивидуального риска во многом зависит от экономического состояния страны.

Одним из возможных подходов при определении границы приемлемого риска является подход, предложенный В. Маршаллом (Маршалл, 1989) и заключающийся в определении риска погибнуть в течение года

мужчине и женщине любого возраста (как от разных причин, так и от их совокупности). В его работе приводятся данные о том, что в зависимости от ожидаемых выгод может обсуждаться уровень риска в диапазоне  $10^{-3}$ – $10^{-6}$ , при этом максимально допустимой величиной риска (критерием опасности по уровню риска) автор считает ожидаемую частоту гибели человека  $5 \cdot 10^{-5}$  в год.

Известный английский ученый Лис (Lees, 1981) в качестве критерия принудительного приемлемого риска приводит значение уровня индивидуального риска  $10^{-7}$  в год. Эту величину он обосновывает статистическими данными о вероятности гибели человека в год от добровольных и принудительных опасностей и болезней различного рода (игра в футбол, вождение автомобиля, курение, лейкемия, падение метеорита и др.).

Хотя в настоящее время можно считать общепризнанным тот факт, что «абсолютная безопасность» не может быть достигнута, однако психологическое восприятие концепции приемлемого риска оказывается затрудненным. Отчасти это связано со спекуляциями и преувеличениями статистических данных, используемых при анализе, неоднозначной или неудачной терминологией, применяемой при рассмотрении проблемы приемлемого риска.

Психологические аспекты проблемы определения границ приемлемого риска очень сложны и еще пока мало изучены. Каждый человек имеет свою собственную, основанную на индивидуальном жизненном опыте систему оценки риска разных неблагоприятных последствий, связанных с его участием в различных сферах деятельности. Это особенно проявляется в тех сферах деятельности человека, в которых он принимает участие на добровольной основе (добровольный риск). Остальные виды деятельности человека включают случаи, когда отдельные лица из населения или население в целом подвергаются вынужденному риску. Известно, что отдельные лица склонны принимать добровольный риск, уровень которого в 1000 раз выше, чем в случае вынужденного риска.

## **Соотношения допустимых величин различных видов риска**

Вопросы приемлемости риска для различных объектов рассматриваются в работе (Wolski, Dembsey, Meacham, 2000) с учетом дихотомии характеристик, признаков или аспектов риска:

- добровольный – вынужденный,

- обычный – катастрофический,
- немедленный – отложенный,
- старый (известный) – новый (неизвестный),
- контролируемый – неконтролируемый,
- необходимый – не необходимый,
- непрерывный – случайный,
- природный – техногенный.

В табл. 5.10 воспроизведены данные, характеризующие различия допустимых значений риска с учетом указанных аспектов (по работе Wolski, Dembsey, Meacham, 2000).

Таблица 5.10. Соотношения допустимых величин различных видов риска

Факторы, характеризующие риск	Возможные различия (в разы) для допустимых величин риска при указанных факторах
Добровольный – вынужденный	100
Обычный – катастрофический	30
Немедленный – отложенный	30
Старый – новый	10
Контролируемый – неконтролируемый	5–10
Необходимый – не необходимый	1
Непрерывный – случайный	1
Природный – техногенный	20

В случае опасных производственных объектов при оценке критериев допустимого риска, определяющих границу приемлемости риска, наибольшее значение имеют такие виды факторов, как «добровольный (персонал) – вынужденный (население)» и «контролируемый (предусмотрены системы безопасности для персонала) – неконтролируемый (не предусмотрены системы безопасности для населения)». В этом случае допустимые критерии риска для персонала по сравнению с допустимыми критериями риска для населения могут быть увеличены в

$$100 \times (5-10) = 500 - 1000 \text{ раз.}$$

Например, если предельно допустимые значения индивидуального риска для населения согласно нормативам (Alle, 1991) в Нидерландах (как будет более подробно рассмотрено в следующих разделах) состав-

ляют  $10^{-6}$  год<sup>-1</sup>, то для рассматриваемого опасного объекта эти предельные значения риска для персонала могут составить  $5 \cdot 10^{-4} - 10^{-3}$  год<sup>-1</sup> соответственно. При этом для персонала разного рода объектов могут быть (в отличие от населения) назначены дифференцированные значения предельно-допустимого уровня риска.

### Порядковые шкалы степени приемлемости

Ниже в таблицах 5.11, 5.12 представлена ориентировочная шкала степени приемлемости индивидуального риска смерти для населения (на человека в год) и персонала за период профессиональной деятельности (Воробьев, Ковалев, 1983; Евстафьев, Григорьев, 1993; Ковалев, 1976, 1990).

Таблица 5.11. Ориентировочная шкала приемлемости индивидуального риска смерти (на человека в год)

Уровень риска	Оценка приемлемости риска
$> 10^{-2}$	Исключительно высокий уровень риска смерти
$10^{-3} - 10^{-2}$	Очень высокий уровень риска
$10^{-4} - 10^{-3}$	Высокий уровень риска
$< 10^{-4}$	Относительно невысокий уровень риска
Граница приемлемости	
$< 10^{-5}$	Невысокий и малый уровень риска

Таблица 5.12. Ориентировочная шкала приемлемости риска смерти за период профессиональной деятельности

Уровень риска	Оценка приемлемости риска
$> 10^{-1}$	Исключительно высокий уровень риска смерти
$10^{-2} - 10^{-1}$	Относительно высокий уровень риска
$< 10^{-2}$	Относительно невысокий уровень риска
Граница приемлемости	
$< 10^{-3}$	Невысокий и малый уровень риска

Для проведения сравнительного анализа риска и классификации степени риска смерти в работе (Ревич, Быков, 1998) также была предложена «порядковая шкала опасностей», представленная на рисунке 5.3. В соответствии с предложенной шкалой область, где располагается граница приемлемости, соответствует 4 уровню шкалы опасности (при значениях риска, близких к  $10^{-4}$  год<sup>-1</sup>). Использование подобной порядковой

шкалы опасностей и основанной на ней классификации степени риска позволяет, по мнению авторов, производить сравнения и сопоставления достаточно неопределенных оценок риска и тем самым упростить процедуру выработки приоритетов управления риском.

Порядковая шкала уровня (степени) риска смерти								
Низкий			Средний			Высокий		
<	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	>
пре-небрежимый	низкий	относительно низкий	средний	относительно высокий	высокий	очень высокий	экстремальный	
Порядковая шкала опасности								
8	7	6	5	4	3	2	1	

Рисунок 5.3. Порядковая шкала для ранжирования степени риска смерти

### Критерии допустимости социального риска

Введение критериев допустимости, основанных на понятии социального риска, позволяет создать «плавающую шкалу», автоматически ужесточающую уровень требований к опасному объекту по мере роста его потенциальной опасности. Действительно, как указывалось выше, социальный риск представляет собой зависимость частоты возникновения нежелательных событий (аварий, чрезвычайных ситуаций), приводящих к поражению числа людей больше определенного значения. Если не ограничиваться единственной (употребляемой долгие годы в системе МЧС России) точкой для этой величины (обычно принимается частота событий с числом пострадавших от ЧС или аварии 10 и более человек), количественная оценка социального риска дает дискретную зависимость ( $F-N$  диаграмму) ожидаемой частоты возникновения событий для любого числа пострадавших. Очевидно, что чем крупнее и опаснее объект, тем большее число людей с большей вероятностью может пострадать при авариях и ЧС, что численно отражается на  $F-N$  диаграмме.

Законодательство ряда стран закрепляет определенные значения частоты аварии и количество вызванных ими смертельных случаев в качестве критериев максимально допустимого социального риска эксплуатации того или иного объекта в виде линии на  $F-N$ -диаграмме (например в Нидерландах, как будет подробно рассмотрено далее) для риска гибели

10 и более человек предельное допустимое значение составляет  $10^{-5}$  год<sup>-1</sup>. Однако, если число погибших от реализации ЧС или аварии в два раза больше, то частота должна быть в четыре раза меньше. Если авария или ЧС способна вызвать гибель не 10, а 100 и более человек, то частота такой аварии или ЧС должна снижаться в 100 раз, и, следовательно, она не может превышать  $10^{-7}$  год<sup>-1</sup>. Таким образом, опасные объекты, аварии или ЧС на которых могут повлечь более серьезные последствия, ставятся и в более жесткие рамки допустимости риска, нежели менее опасные объекты. Примеры установления критериев допустимого социального риска с применением *F-N*-диаграмм будут отдельно и более подробно рассмотрены далее.

Резюмируя данный раздел, отметим, что общепринятых, универсальных критериальных предельных (приемлемых) значений уровня индивидуального риска для оценки опасности тех или иных потенциально опасных объектов в мире пока нет, да и быть не может. Предлагаемые различными организациями и учеными предельные значения индивидуального риска колеблются от величины  $10^{-3}$  до  $10^{-8}$  год<sup>-1</sup>. Разброс обуславливается отношением к риску (добровольный или принудительный), уровнем экономического развития, обеспечения промышленной безопасности в стране, а также различиями в количественных методах оценки и проведения сравнительного анализа риска. Поэтому, определение пределов риска, критериев допустимого риска – вопрос скорее политического компромисса, нежели научного анализа. Однако в процессе выработки политических решений могут использоваться данные сравнительного анализа различных рисков, подобные тем, что приводятся в таблицах предыдущего раздела. Для некоторых видов деятельности на основе подобных сравнений Правительство Нидерландов установило значения пределов риска, и это было одобрено Парламентом, тем самым критерии допустимого индивидуального риска (предельно допустимые значения риска) были заданы директивно на государственном уровне. (Забегая несколько вперед, отметим, что в Нидерландах максимально допустимое значение индивидуального риска составляет  $10^{-6}$  год<sup>-1</sup>).

Даже в случае выбора разумной, с точки зрения затрат, величины приемлемого индивидуального риска, общество несет потери в результате отчуждения и ограничений в хозяйственном использовании территорий. Знание уровня индивидуального риска не позволяет в полной мере судить о масштабе катастроф, однако в силу того, что в его определение



входят пространственные координаты, именно этот показатель наиболее часто используется за рубежом как мера потенциальной опасности, в частности при решении задач зонирования территории, прилегающей к потенциально опасным объектам. Поэтому, очевидно, что решение задачи определения критериев приемлемого риска имеет наибольшую практическую значимость для населения при зонировании территорий, прилегающих к потенциально опасным объектам, т.е. при определении территорий, характеризующихся той или иной степенью опасности для населения.

### **5.3. Зарубежные подходы к нормированию рисков**

#### **Британский подход: зонирование территорий по критериям риска**

Вопросы обоснования приемлемых значений риска при выборе места для строительства общественных зданий вблизи крупных потенциально опасных производств успешно решаются в Великобритании (Елохин, Елохин, 2004). Соответствующие исследования были выполнены в интересах Комитета по здравоохранению и промышленной безопасности (Health and Safety Executive – HSE) Великобритании.

Английскими учеными при определении индивидуального риска предлагается вместо критерия смертельного исхода использовать критерий получения человеком поражения той или иной степени. Например, возможно определить такое значение интенсивности того или иного поражающего фактора, которое приводит к одному из следующих эффектов:

- смертельное поражение получает каждый человек;
- значительная часть людей нуждается в медицинской помощи;
- небольшая часть людей получает серьезные повреждения, требующие длительного лечения;
- возможен смертельный исход для небольшого числа людей с повышенной чувствительностью к воздействию поражающих факторов.

Конкретное значение интенсивности того или иного поражающего фактора названо «опасной дозой», т.е. дозой, которая может вызвать смертельный исход, но он не обязательно происходит. Тогда под риском можно понимать частоту воздействия "опасной дозы" на конкретного человека в определенном месте. HSE в качестве предельной границы риска

использует величину риска  $6 \cdot 10^{-6}$  в год. Но, так как люди (в зависимости от возраста, пола и т.д.) имеют различную восприимчивость и сопротивляемость организма, то для людей, проживающих, например, в интернатах для престарелых, устанавливается пониженное критериальное значение риска, равное  $0,33 \cdot 10^{-6}$  в год, т.е. примерно в восемнадцать раз меньше.

В специально разработанных нормативных документах (Правила контроля промышленной опасности – СИМАН, Правила обращения с опасными веществами – NINHS) HSE определил для жилищного и культурно-бытового строительства в районе потенциально опасных объектов следующие зоны:

- 1) внутренняя зона, на внешней границе которой устанавливается значение риска  $10^{-4}$  в год;
- 2) средняя зона, на внешней границе которой устанавливается значение риска  $10^{-5}$  в год;
- 3) внешняя зона, на внешней границе которой устанавливается значение риска  $0,33 \cdot 10^{-5}$  в год.

В зависимости от типа зон на той или иной территории допускается тот или иной тип застройки. Для этого все типы застройки разбиты на 4 категории в зависимости от факторов, влияющих на степень риска. Этими факторами в документах HSE являются:

- а) уязвимость людей, свойственная той или иной группе населения (например, взрослые мужчины, дети, престарелые и т.д.);
- б) часть времени суток, которую проводит человек в определенной зоне (например, дома или на рабочем месте, в больнице и т.д.);
- в) количество людей, которые могут находиться в данной застройке (здании) в момент аварии;
- г) вероятность нахождения людей в зданиях или вне их и, для второго случая, время самостоятельно перемещения в укрытие;
- д) возможность эвакуации и других экстренных мероприятий;
- е) конструкция зданий (материалы, вентиляция и т.д.).

Ниже приводятся четыре основные категории застройки, которые могут располагаться в соответствии с Правилами СИМАН в той или иной зоне.

*Категория А:* жилые здания, гостиницы, дома отдыха. Это типы зданий, где люди проживают постоянно или временно. Здесь может быть смешанный контингент проживающих – молодые и старые, здоровые

и больные. Конструкция зданий не обеспечивает защиты в случае возникновения опасности.

*Категория В:* некоторые предприятия, типа небольших фабрик, контор, магазинов и т.п. В эту категорию входят здания, где находятся в основном здоровые люди, обычно их сравнительно немного, проводят они там относительно короткий промежуток времени в течение дня, в случае опасности их достаточно легко организовать для тех или иных мероприятий.

*Категория С:* общественные места, места для проведения досуга. Сюда относятся большие магазины, рестораны, кафе, бары и т.д. Хотя люди не находятся здесь относительно долго, тем ни менее скопления их могут быть достаточно велики, а в случае возникновения чрезвычайной ситуации скоординировать их действия может быть достаточно сложно.

В некотором смысле категория С включает в себя случаи, которые не вошли в категории А, В и Д.

*Категория Д:* характеризуется контингентом людей с высокой уязвимостью. Сюда относятся крупные общественные здания (больницы, интернаты для престарелых, школы и т.п.), а также некоторые случаи из категории С – крупные магазины и т.п. Люди, находящиеся в таких зданиях, чаще всего обладают особой уязвимостью и в случаях чрезвычайной ситуации их очень сложно эвакуировать.

Вышеизложенное составляет суть так называемой **концепции «трех зон»**. Концепция «трех зон» иллюстрируется данными таблицы 5.13, по которой даются рекомендации о строительстве вблизи потенциально опасных объектов.

Таблица 5.13. Рекомендации HSE по строительству вблизи потенциально опасных объектов

Категории	Зоны		
	Внутренняя	Средняя	Внешняя
А	Отказать	Требуется дополнительная экспертиза	Без ограничений
В	Без ограничений	Без ограничений	Без ограничений
С	Требуется дополнительная экспертиза	Требуется дополнительная экспертиза	Без ограничений
Д	Отказать	Требуется дополнительная экспертиза	Требуется дополнительная экспертиза

Реализация концепции «трех зон» позволяет управлять риском для населения вблизи потенциально опасных объектов, то есть создавать условия, снижающие риск для населения.

Необходимо отметить, что в каждом конкретном случае HSE использует при анализе риска *метод «осторожной оценки»*. Суть метода в том, что при расчетах используют допущения, близкие к действительности. В тех случаях, когда информации о моделируемых поражающих факторах недостает, HSE предпочитает завышать оценки воздействия поражающих факторов на человека. Это дает возможность получить в некотором роде «гарантированные» оценки риска. Характерной чертой метода HSE является то, что он содержит оптимистические допущения для таких факторов, как способность людей избежать опасности или защититься от нее в чрезвычайных ситуациях. Так, например, в случае аварий с токсическими выбросами HSE допускает, что люди, находящиеся на открытом пространстве, могли бы избежать опасностей, если бы они находились в помещении; в случае пожара через несколько секунд после возгорания люди стремятся удалиться от очага и тем самым защититься от теплового воздействия. Такой же подход для населения используют специалисты лондонской консультационной фирмы «Кремер и Варнер» (Елохин и др., 1990).

Существуют и другие структуры критериев приемлемости риска, но центральная роль в этом процессе принадлежит количественной оценке риска. Учитывая авторитет Нидерландов в развитии промышленной безопасности, рассмотрим применяемый в этой стране подход.

### **Голландский подход: нормативные уровни риска**

На государственном уровне методология анализа и управления риском, основанная на *концепции приемлемого риска*, является тем научным фундаментом, на котором строится практическая деятельность по повышению безопасности территорий и населения, проживающего в районах, насыщенных промышленными объектами, главным образом химической индустрии, газо- и нефтеперерабатывающих заводов. Нормативно-экономическая модель управления риском, использующая нормативные пределы риска аварийного и систематического воздействия на население и окружающую среду, успешно осуществляется в Нидерландах уже на протяжении десятилетий и начала применяться

в практической деятельности на государственном уровне с 1989 г., когда впервые была принята государственная политика управления риском воздействия на население и окружающую среду и правительством Нидерландов был опубликован Меморандум «Курс национальной политики по защите окружающей среды» (To Choose, 1988), содержащий стратегию экологической политики, направленной на достижение безопасного устойчивого развития. Этой стратегии в целом придерживаются в Нидерландах вплоть до настоящего времени, отдельные составляющие которой непрерывно совершенствуются в процессе накопления новых знаний и данных.

Голландский подход в последнее время получил широкое распространение в зарубежной практической деятельности по обеспечению безопасности и управлению риском. Согласно этому подходу весь «спектр» значений риска (индивидуального и социального) разбивают на три области в соответствии с т.н. принципом «светофора» (рисунки 5.4, 5.5):

- недопустимого (чрезмерного) риска – «КРАСНАЯ» область;
- приемлемого риска – «ЖЕЛТАЯ» область;
- пренебрежимого риска – «ЗЕЛЕНАЯ» область.

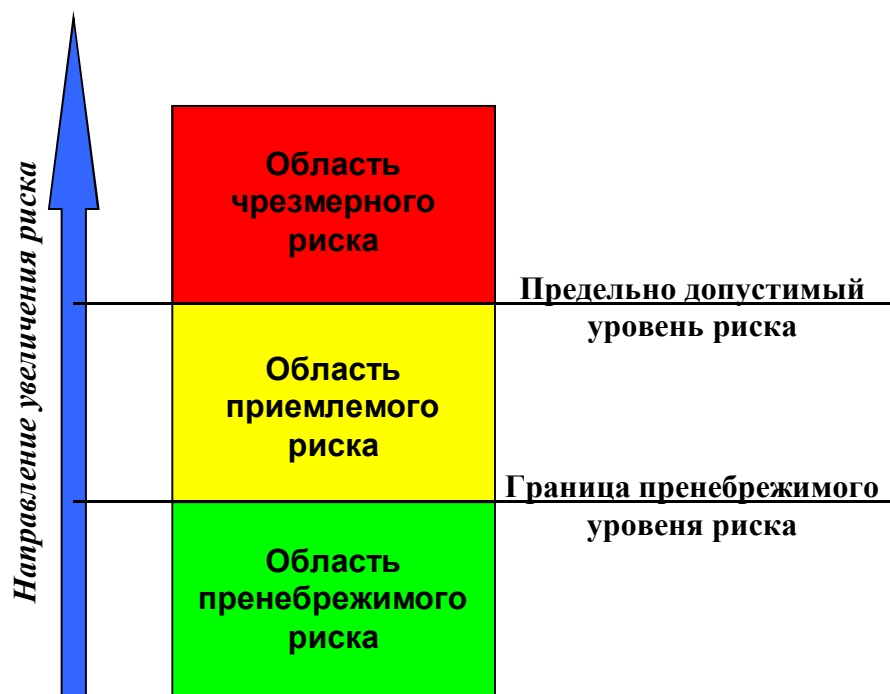


Рисунок 5.4. Разбиение диапазона значений индивидуального риска на три области: недопустимого (чрезмерного), приемлемого и пренебрежимого риска

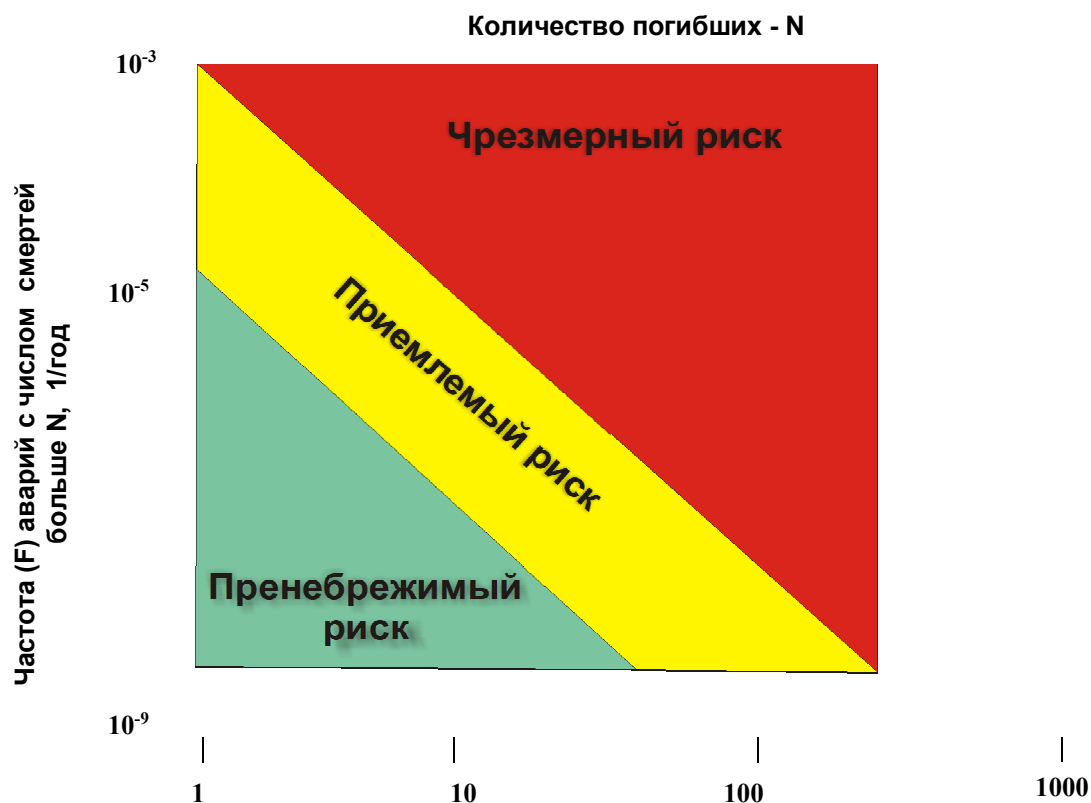


Рисунок 5.5. Разбиение диапазона значений социального риска на три области: недопустимого (чрезмерного), приемлемого и пренебрежимого риска

Если при оценке риска установлено, что его величина находится в зоне «неприемлемого» риска, то владельцы предприятия должны принять серьезные меры по снижению риска до приемлемого уровня.

Если при оценке риска установлено, что величина риска находится «между двумя линиями», разграничивающими зоны приемлемого и неприемлемого риска, то владельцы предприятия должны принять для снижения риска такие меры, которые считаются разумными, с практической точки зрения: под этим подразумевается, что реализация этих мер не должна требовать неоправданно высоких затрат или неоправданно больших усилий.

Это т.н. принцип **ALARA (ALARP)** (as low as reasonably applicable/practicable) – подход к управлению риском, который подразумевает его максимально возможное снижение, достигаемое за счет реально имеющихся (ограниченных) ресурсов. Иллюстрация применения этого принципа демонстрируется на рисунке 5.6.

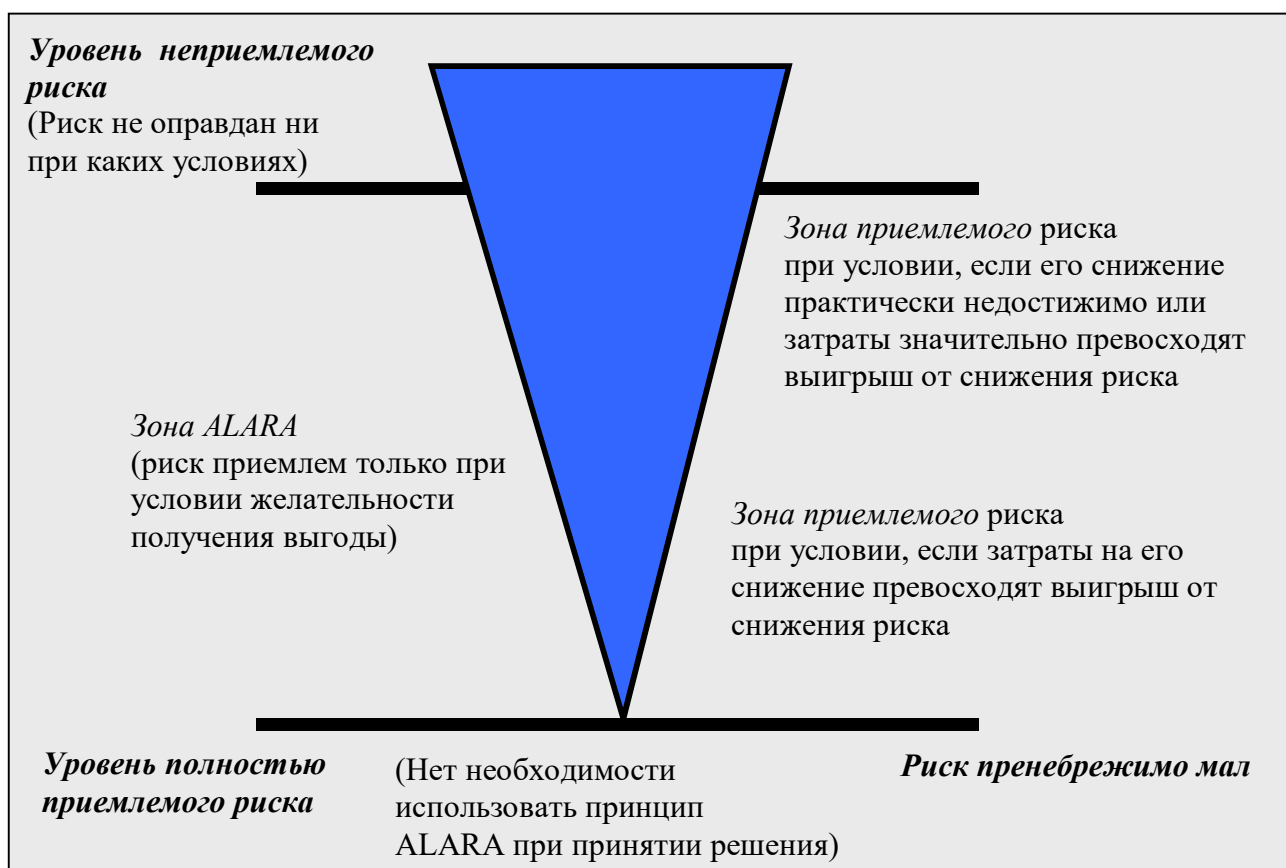


Рисунок 5.6. Иллюстрация принципа ALARA (ALARP)

Таким образом, основой используемого в зарубежной практике нормативного подхода является введение понятия «недопустимого» (или «чрезмерного») уровня риска. Введение области «недопустимого» (или «чрезмерного») риска изначально было основано на формулировке понятия о максимально или предельно допустимом уровне (ПДУ) риска для индивидуума. ПДУ риска должен быть достаточно низким, чтобы это не вызывало какого-либо беспокойства индивидуума. Соответственно, установление конкретного численного значения для ПДУ – это, в первую очередь, социальная проблема, решение которой входит в компетенцию социальных наук и политики. Естественно, что ее решение основывается на стремлении установить конкретное численное значение для величины ПДУ на таком низком уровне, какой технически достижим. Однако при этом учитывается, что такое стремление, как показывают практика и расчеты, связано с очень большими экономическими затратами на снижение риска, которые, в конечном итоге, как правило, ведут к нерентабельности самой хозяйственной деятельности. В силу этого, при установлении конкретного численного значения для ПДУ риска, отдавая приоритет социальным аспектам проблемы, учитывают и уровень экономического

развития, достигнутого в рассматриваемой социально-экономической системе. Принятое конкретное значение для ПДУ, как обязательное условие, должно соответствовать социальным требованиям и в то же время обеспечивать жизнеспособность дальнейшего развития экономики рассматриваемой социально-экономической системы. Более высокий уровень экономического развития позволяет установить более низкие значения для ПДУ.

Любая практическая деятельность, подвергающая жизнь того или иного индивидуума чрезмерному риску, является недопустимой. Ее внедрение в практику возможно только при условии принятия технических или организационных мер, позволяющих снизить уровень рассматриваемого риска до величины ПДУ.

Любая деятельность с таким низким уровнем риска, который попадает в область пренебрежимого риска, является широко приемлемой и не требующей каких-либо дополнительных усилий для снижения обусловленного ею риска. Соответственно, считается, что практическая деятельность с таким уровнем риска может не контролироваться соответствующими органами, надзирающими за уровнем безопасности.

Таким образом, как показано на рисунках 5.4–5.6, выделяются три области риска:

- **область чрезмерного риска:** любая деятельность, характеризующаяся для какого-либо индивидуума уровнем риска из этой области, недопустима, если даже она выгодна для общества в целом;
- **область пренебрежимого риска:** любая деятельность с уровнем риска из этой области не контролируется регулирующим органом;
- **область приемлемого риска:** любая деятельность с уровнем риска из этой области является объектом контроля для регулирующего органа. Уровень риска, приемлемый для той или иной деятельности, определяется исходя из экономических и социальных аспектов в соответствии с принципами управления риском.



## 5.4. Решения о допустимости риска: пределы риска

### Пределы индивидуального риска

Так как проблема установления конкретных численных значений для предельно допустимого (максимального) и пренебрежимого уровней риска является в большей мере политической и социально-экономической, то ее решение во многом зависит от социально-экономических условий, характеризующих социально-экономическую систему. Как следствие этого, численные значения (критерии) для этих критериальных уровней риска, принятые или предлагаемые в практической деятельности различными национальными организациями, отличаются от страны к стране. Сравнительный анализ критериев риска, используемых в Великобритании, Нидерландах, Венгрии и Чешской Республике, представлен в таблице 5.14 по работе (Трбоевич, 2004). При этом, исходя из того, что обусловленная опасностью смерть является исключительно недопустимым событием, под индивидуальным риском, как правило, понимают риск смерти для индивидуума.

Например, в Нидерландах на законодательном уровне для ПДУ индивидуального риска, обусловленного хозяйственной деятельностью, принято значение риска смерти, равное  $10^{-6}$  в год. Это решение было принято исходя из следующих положений. За основу был принят риск смерти индивидуума в возрасте 10–15 лет, который согласно статистическим данным по возрастной смертности составляет примерно  $10^{-4}$  в год и является минимальным на протяжении всей его жизни. Отметим для сравнения, что максимальный риск смерти для человека соответствует первому году его жизни и равен  $2 \cdot 10^{-2}$  в год. В Нидерландах, основываясь на этих данных, для ПДУ индивидуального риска принято значение, которое составляет 1 % от риска смерти в возрастном интервале от 10 до 15 лет, т.е.  $10^{-6}$  в год.

Что же касается численного значения для пренебрежимого риска, то в настоящее время преобладает точка зрения, согласно которой **риск смерти для индивидуума менее  $10^{-8}$  в год можно рассматривать как пренебрежимый** (таблица 5.14). В Нидерландах такое значение для уровня пренебрежимого риска обосновывается из условия, что его показатель должен составлять 1 % от принятого в стране значения для ПДУ индивидуального риска.

Таблица 5.14. Сравнение критериев индивидуального риска

Годовой индивидуальный риск	Великобритания	Нидерланды	Венгрия	Чешская Республика
$10^{-4}$	Недопустимый уровень для граждан (населения)			
$10^{-5}$	Риск должен быть снижен до уровня ALARP	Предельный уровень для действующих промышленных установок. Применяется принцип ALARA	Верхний предел	Предельный уровень для действующих промышленных установок. Должны осуществляться меры по снижению риска
$3 \cdot 10^{-6}$	Предел LUP-критерия, полученный путем пересчета риска получения опасной дозы равной $3 \cdot 10^{-7}$			
$10^{-6}$	Общественно приемлемый уровень риска	Предельный уровень для новых промышленных установок и единый предельный уровень после 2010 г. Применяется принцип ALARA	Нижний предел	Предельный уровень для новых установок
$10^{-7}$	Незначительный (пренебрежимый) уровень риска			
$10^{-8}$		Незначительный (пренебрежимый) уровень риска		

Во многих других экономически развитых странах был использован стандарт, введенный в Нидерландах, который применяется в практике лицензирования потенциально опасных объектов. Этот стандарт задает максимально приемлемые уровни индивидуального техногенного риска для населения, проживающего в регионе размещения этих объектов, в частности в Чешской Республике.

Необходимо также отметить, что основой регулирования безопасности в Великобритании является Закон об охране здоровья и обеспечении безопасности на производстве (Health, 1974). Он требует от работодателя гарантий и доказательств того, что риск для персонала, занятого неполный рабочий день, и населения находится на уровне настолько низком, насколько это практически достижимо (ALARP). Совет по здоровью и безопасности (HSE) публикует время от времени уровни риска, которые рассматриваются как неприемлемые или приемлемые при определенных обстоятельствах. Поскольку эти уровни риска охватывают все виды производств Великобритании, главным инструментом для контроля риска является изменение показателей уровня ALARP.

Ситуация в других странах не столь ясна. Например, в Нидерландах две области Риймонд и Скипхол исключены из сферы применения новых критериев, которые вошли в действие после 2010 г. В то же время, если уровень риска ниже, чем требуется в соответствии с нормативом, власти могут позволить увеличение риска до нормативного значения. В таких случаях принудительное использование принципа ALARA является сомнительным.

Как видно из таблицы 5.14, в Европе индивидуальный годовой риск на уровне  $10^{-5}$  является верхним пределом для существующих установок. В то же время, в Великобритании недопустимый уровень составляет  $10^{-4}$  в год, но применение подхода ALARP строго обязательно, что приводит к тому, что в действительности уровень риска значительно ниже предельного значения. Верхний предел для индивидуального риска для новых установок в Чешской Республике и в Нидерландах после 2010 года установлен на уровне  $10^{-6}$  в год. Необходимо также отметить, что индивидуальный риск в руководящих принципах Планирования землепользования (LUP) в Великобритании (HSE, 2004) может быть приведен к индивидуальному риску смерти  $3 \cdot 10^{-6}$  в год.

**Незначительный (пренебрежимый) уровень риска, определенный в Великобритании равным  $10^{-7}$  в год**, не подвергается сомнению, и предполагается, что в настоящее время это значение может быть принято всеми странами ЕС.

В заключение данного раздела в таблице 5.15 воспроизведем исторический обзор данных по критериям индивидуального риска, принятым различными официальными органами на национальном уровне до 1990 года. В ней представлен также обзор критериев социального риска. Таблица 5.15 приводится по работе (Кузьмин, Махутов, Хетагуров, 1997).

Таблица 5.15. Критерии риска, принятые или предлагаемые в практической деятельности различными национальными организациями (с указанием даты их одобрения)

Год	Консультативный орган / Правительство	Уровень риска, 1/год	Комментарии
1976	Комитет советников по основным опасностям (АСМН), Великобритания	$10^{-4}$	Максимально допустимая частота серьезной аварии (событие/год) на промышленном предприятии
1976	Королевская Комиссия по загрязнению окружающей среды (RCEP), Великобритания	$10^{-5}$  $<10^{-6}$	Обеспокоенность (предупреждение об опасности) по поводу уровня индивидуального риска (вероятности смерти в год). Уровень индивидуального риска (вероятности смерти в год) считается приемлемым
1981	Управление по охране здоровья и безопасности (HSE), Великобритания	от $20 \cdot 10^{-6}$ до $400 \cdot 10^{-6}$ (индивидуальный риск смерти)	Остановка работ, связанных с индивидуальным уровнем риска (вероятности смерти в год) из указанного диапазона, не рассматривается как обязательная
1983	Экспертная группа Королевского Общества, Великобритания	$<1 \cdot 10^{-6}$  $1 \cdot 10^{-3}$  от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-3}$	Уровень индивидуального риска приемлем. Уровень индивидуального риска неприемлем. Для работ, связанных со

Год	Консультативный орган / Правительство	Уровень риска, 1/год	Комментарии
			снижением уровня риска из данного диапазона рекомендуются анализ «затраты-выгоды», метод сравнения рисков
1989	Управление по охране здоровья и безопасности (HSE), Великобритания	$< 1 \cdot 10^{-6}$ от $0,3 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-6}$ Нет количественного критерия, оправданного для социального риска	Уровень индивидуального риска приемлем. Уровень индивидуального риска из данного диапазона на территориях активного землепользования (местах проживания населения, коммерческой деятельности и т. д.) считается неприемлемым
1989	Голландский национальный план в области политики об окружающей среде (Министерство жилищного строительства, планирования окружающей среды)	$1 \cdot 10^{-6}$ $1 \cdot 10^{-8}$ от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-8}$ $10^{-5}$ событий в год для $> 10$ смертей на событие $10^{-7}$ событий в год для $> 100$ смертей на событие $10^{-7}$ событий в год для $> 10$ смертей на событие $10^{-9}$ событий в год для $> 100$ смертей на событие	Максимально допустимый уровень индивидуального риска. Пренебрежимый уровень индивидуального риска. Требуется снижение уровня индивидуального риска. Максимально допустимый уровень социального риска. Пренебрежимый уровень социального риска

## Окончание таблицы 5.15

Год	Консультативный орган / Правительство	Уровень риска, 1/год	Комментарии
1990	Министерство планирования (NSW), Австралия	$< 1 \cdot 10^{-6}$ $< 0,5 \cdot 10^{-6}$ Критерий для социального риска используется от случая к случаю	Уровень индивидуального риска приемлем. Приемлемый уровень индивидуального риска на территориях активного землепользования (местах проживания населения, коммерческой деятельности). Установлены дополнительные критерии на случаи ущерба здоровью, которые не приводят к смертельному исходу (ранения и т д)

### Пределы социального риска

Введение пределов (критериев) социального риска в Великобритании может быть отнесено к концу 1970-х годов. Консультативный комитет по крупномасштабным опасностям в 1976 году (АСМН, 1976) сформулировал предположение о том, что крупная авария на отдельной промышленной установке может произойти не чаще чем один раз в 10 000 лет, что могло считаться границей приемлемости риска. Это значение часто принималось как отправная точка на  $F-N$ -кривой, для которой частота аварии, приводящей к 10 или более смертным случаям, не должна превышать значения 1 на 10 000 в год. Во втором отчете Canvey (HSE, 1981) было принято, что событие с 1 500 смертными случаями и частотой  $2 \cdot 10^{-4}$  в год следует считать недопустимым риском. Предложенный наклон  $F-N$ -кривой, равный «-1» (нет неприятия риска), был выбран на основе исторического опыта химической промышленности.

В 1991 году (АСМН, 1991) был определен верхний максимально допустимый риск с наклоном «-1», проходящий через точку с  $N = 500$  и  $F = 2 \cdot 10^{-4}$  в год. В 2001 году предложено (HSE, 2001), чтобы риск единичной аварии, приводящей к 50 и более смертным случаям с частотой 1 на 5 000 в год, мог рассматриваться как недопустимый.

Область общественно приемлемого уровня риска предложена на уровне нижней границы со смещением на три порядка по отношению к верхней линии допустимого уровня риска. Указанная эволюция верхнего – максимально допустимого уровня риска за более чем двадцатилетний период представлена на рисунке 5.7, четко демонстрируя снижение максимально допустимого уровня риска.

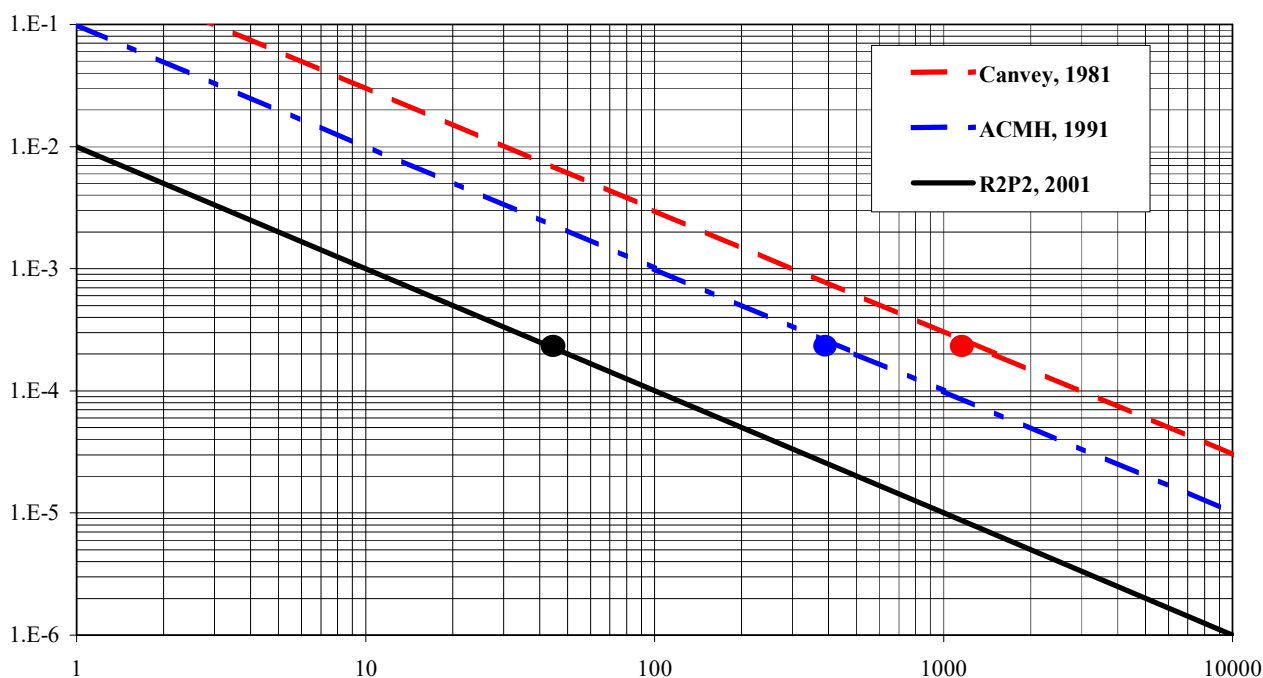


Рисунок 5.7. Эволюция предельно допустимого уровня социального риска в Великобритании

*Пояснения: ось X – число смертных случаев, ось Y – годовая частота с количеством смертных случаев N и более*

Относительно фактора неприятия риска в фундаментальном обзоре планирования землепользования (HSE, 2004) есть следующая цитата: «SR (социальный риск) связан с определением вероятности аварий с большим количеством смертельных исходов и принимает во внимание неприятие им общества». Там же приводится следующий исторический пример: «...среднегодовая вероятность 10 или более смертных случаев при пожаре в Великобритании равна единице. Вероятность того, что при аварии на железнодорожном транспорте погибнут или получают серьезные травмы 100 или более человек, составляет один шанс в 15 лет». Это подразумевало бы наклон F-N-кривой «-1,2» (Трбоевич, 2004).

В Нидерландах Постановление по требованиям к качеству окружающей среды, определяющее безопасность за пределами объекта, не устанавливает норму социального риска. Поэтому «для оценки безопасности вне объекта было принято решение пока использовать значения социального риска в качестве ориентировочных неофициальных стандартов» (Трбоевич, 2004). **Ориентировочные значения включают верхний допустимый уровень, который определен как  $10^{-3} / N^2$ , и незначительный (пренебрежимый) уровень риска равный  $10^{-5} / N^2$  в плоскости F-N.** Этот критерий имеет наклон  $-2$  и поэтому включает фактор неприятия риска.

Верхний критерий максимально допустимого риска в Чешской Республике для существующих установок – тот же, что и описанный выше неофициальный голландский критерий ( $10^{-3} / N^2$ ). В то же время для новых установок этот критерий более строгий, а именно  $10^{-4} / N^2$ . В Венгрии критерии социального риска не используются (Трбоевич, 2004).

Сравнение вышеупомянутых F-N критериев представлено на рисунке 5.8.

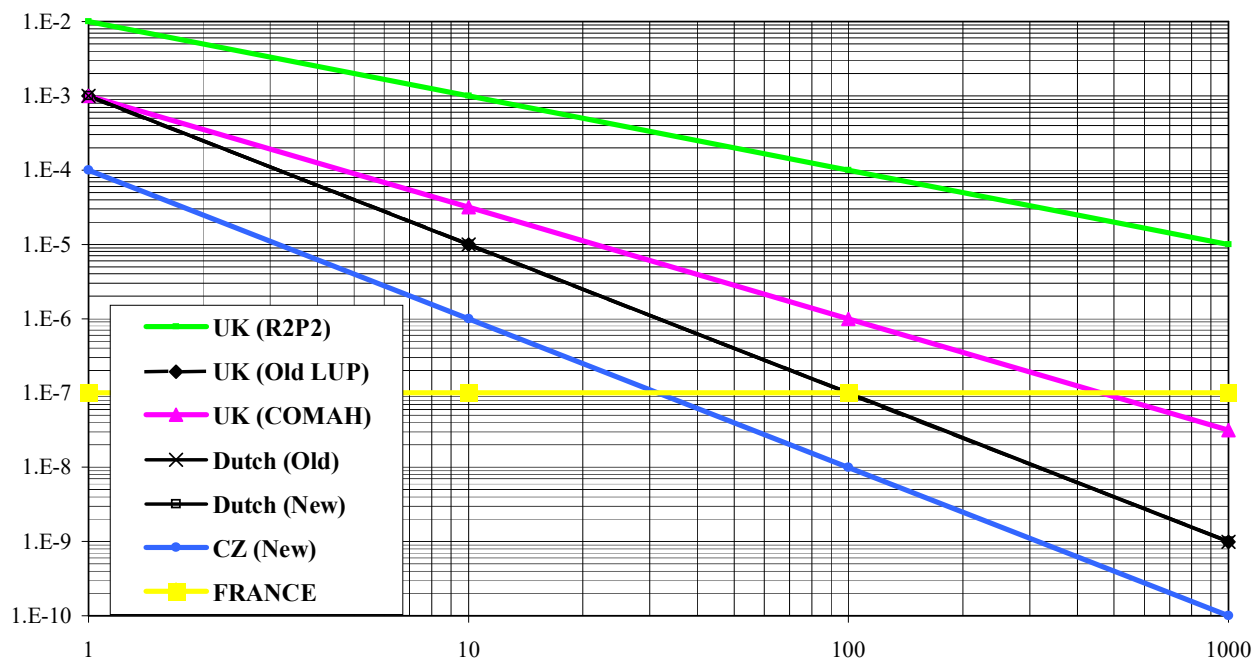


Рисунок 5.8. Сравнение FN критериев, используемых в странах ЕС (Трбоевич, 2004)

Пояснения: ось X – число смертных случаев, ось Y – годовая частота с количеством смертных случаев N и более



Интересно обратить внимание на то, что старый критерий землепользования (LUP-критерий) в Великобритании и старые и новые критерии в Нидерландах фактически совпадают, в то время как критерий, используемый в Чехии для оценки риска для новых сооружений, на порядок ниже. Близко значение и критерия британского руководства по обеспечению безопасности при крупных авариях (COMAH) (HSE, 2004).

Критерии социального риска используются также в Швейцарии при управлении рисками, связанными с транспортировкой опасных грузов, и рисками, присущими железнодорожному транспорту. Подчеркнем, что социальный риск в швейцарском подходе определяется как взвешенная сумма вероятностей, умноженных на последствия (BUWAL, Handbuch, 1991).

### **Пределы индивидуального риска от систематического и совместного воздействия различных факторов**

Для рисков, создаваемых для населения из-за долговременных поступлений загрязняющих веществ в окружающую среду и постоянного «беспорогового» воздействия загрязняющих веществ на здоровье населения, в Нидерландах были установлены пределы индивидуального риска, не зависящие от возраста населения. Максимально допустимый уровень индивидуального риска смерти был принят  $1 \cdot 10^{-6}$  в год в соответствии с рекомендацией Национального Совета по здравоохранению. Пренебрежимый уровень был принят на уровне 1 % от максимально допустимого и составляет, таким образом, величину  $1 \cdot 10^{-8}$  в год.

Отметим, что голландский подход хорошо согласуется с американской практикой управления пожизненным канцерогенным риском. Введенный нормативный уровень пренебрежимого риска коррелирует с используемым уровнем «de minimis», составляющим  $1 \cdot 10^{-6}$  за жизнь, что примерно соответствует индивидуальному риску смерти  $1 \cdot 10^{-8}$  в год.

Последствия воздействия веществ с пороговым механизмом действия будут проявляться при уровнях воздействия, величина которых выше порога. При этом можно ожидать появления эффектов, имеющих широкий диапазон: от повреждения отдельных органов или тканей до головных болей, других расстройств в организме и отклонений в развитии. Риском воздействия таких веществ с пороговым действием управляют,

устанавливая жесткие нормативы их содержания в окружающей среде, т.е. максимально допустимый уровень концентрации каждого вещества в компонентах окружающей среды.

Предельно допустимый риск смерти для людей в результате совместного действия загрязняющих веществ, радиационного облучения и других факторов в Нидерландах (To Choose, 1988) установлен таким, что полный риск смерти от всех видов воздействия не должен превышать  $10^{-5}$  в год. В то же время риск смерти от каждого из видов воздействия не должен превышать  $10^{-6}$  в год. Сравнимые значения были установлены для рисков заболеваний и рисков негативных последствий, вызываемых шумом или неприятными запахами.

Система нормативно-экономического управления риском в США и некоторых других странах основана, в отличие от европейского подхода, не на годовых, а на пожизненных рисках для населения, т.е. рисках, которые накапливаются с момента начала воздействия до конца жизни человека. Аналогично европейскому подходу вводятся два уровня риска, т.н. De Minimis и De Manifestis риски (эквивалентные пренебрежимому и предельно допустимому уровням риска).

Принцип De Minimis означает, что имеются некоторые настолько незначительные уровни риска, про которые можно сказать «законом определены, как не вызывающие беспокойства».

Для развитых стран, по мнению ряда регулирующих органов, пожизненный De Minimis риск составляет  $1 \cdot 10^{-6}$  или 0,000001 для населения. Дополнительные канцерогенные пожизненные риски – от  $10^{-6}$  до  $10^{-4}$  (т.е. от 1 случая на миллион до 1 на 10 тысяч (0,000001 до 0,0001)) обычно рассматриваются как приемлемые при управлении риском. Уровни риска по верхнему пределу ( $10^{-4}$ , что в сто раз значительнее  $10^{-6}$ ) могут быть приемлемыми, если только несколько человек находится под угрозой во всей стране, как это может случиться с пищевыми добавками. Использование широкого диапазона приемлемых уровней риска означает, что приемлемость того или иного уровня риска будет зависеть от контекста, и решение о приемлемости принимается на причинно-специфической основе в конкретной ситуации.

De Manifestis риск – это риск, который должен жестко контролироваться независимо от затрат. Риск более  $10^{-4}$  попадает в эту категорию и полностью регулируется соответствующими законодательными актами.

Приведенный обзор нормативных уровней риска, используемый в практике управления риском в различных странах, свидетельствует о том, что для целей нормирования применяются различные количественные показатели риска, равно как различные нормативные значения. Наиболее жесткие нормативные уровни применяются в Нидерландах и Чехии. Чем ниже уровень экономического развития, тем более мягкими могут быть приняты нормативные уровни риска. Например, в Гонконге была введена аналогичная голландской системе нормативно-экономического регулирования риска, однако **критериальные уровни риска были приняты большими на порядок**. В ряде других стран также установлены большие по сравнению с Нидерландами нормативные значения риска.

### **Применение критериев риска для критически важных объектов**

Критически важные инфраструктурные объекты являются сложными системами. Поэтому критерии риска для критически важных инфраструктурных объектов входят в число критериев риска для сложных социальных систем. Согласно работе (Shrader-Frechette, 1985) можно выделить по меньшей мере четыре подхода к определению критериев риска для критически важных объектов:

1) критерии, основанные на анализе «затраты-риск» или анализе «затраты-выгоды» (см., например, (Быков, Соленова, Земляная и др., 1999; Быков, Мурзин, 1998; Быков, Акимов, Фалеев, 2004), т.е. на сопоставлении затрат на снижение риска с выгодами от этого снижения, который, например, проводится для сложных и дорогостоящих медицинских услуг;

2) критерии, основанные на прошлом опыте или выявленных предпочтениях, как например при лицензировании особо опасных видов деятельности, в частности при обеспечении безопасности высокоскоростных железнодорожных линий;

3) критерии, основанные на выраженных общественных предпочтениях, на общественном мнении, как например в случае с запретом на применение асбеста или мерами по уменьшению выбросов диоксида, наносящих вред здоровью;

4) критерии, основанные на природных стандартах, как например некоторые критерии экологического риска.

Во многих случаях критерии риска применяются для оценки на этапе проектирования (в частности, для особо опасных объектов (Institute of Chemical Engineering, 1985; Health and Safety Executive, 1989), восстановления дамб и водозащитных сооружений (Technical Advisory Committee on Water Retaining Structures, 1984) или даже могут быть еще более уместными на этапе демонтажа (например, объектов ядерной энергетики).

Однако не всегда обеспечивается необходимый контроль риска на критически важных инфраструктурных объектах в период эксплуатации. Поскольку по ряду обстоятельств это не всегда возможно, традиционные механизмы управления риском и безопасностью, доминирующие на проектной стадии, могут оказаться неадекватными на стадии эксплуатации.

Рассмотрим кратко вероятностные критерии индивидуального и социального риска, которые использовались в Нидерландах применительно к ряду критически важных инфраструктурных объектов: аэропортам, железным дорогам, авиатранспорту, автодорогам, транспортировке опасных материалов.

Для сложных социальных систем, таких как общество в целом или нация, в качестве количественного критерия используют *индивидуальный риск смерти*, который в Нидерландах колеблется в пределах  $10^{-5}$ – $3 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup> для профессиональных, транспортных и потребительских рисков. Индивидуальный риск смерти (за год) устанавливается для всего населения, подверженного риску. Хотя никаких общих универсальных нормативных критериев индивидуального риска не установлено, заметна тенденция сравнивать такие риски с уровнем риска *de minimis*, приблизительно равным  $10^{-6}$ – $10^{-5}$  год<sup>-1</sup>. В Нидерландах были установлены критерии индивидуального риска для некоторых частных случаев критически важных объектов, например для высокоскоростных железнодорожных линий (Frijters, Van Hengel, Houben, 1998), что демонстрируется в таблице 5.16.

То же касается определения границ санитарно-защитных зон между химически опасными объектами и жилыми районами: зонирование проводится по границе индивидуального риска смерти  $10^{-6}$  год<sup>-1</sup> (норма, установленная голландским Министерством жилищного строительства, территориального планирования и охраны окружающей среды (Bottelberghs, 2000)).

Таблица 5.16. Уровни риска, установленные в Нидерландах для высокоскоростных поездов

Группа риска	Индивидуальный риск (смертей в год)
Пассажиры	$4 \cdot 10^{-6}$
Поездная бригада	$5 \cdot 10^{-5}$
Путевые работники	$5 \cdot 10^{-5}$
Лица, проживающие вблизи железнодорожного пути	$1 \cdot 10^{-6}$
Прохожие	$1 \cdot 10^{-6}$

Для критически важных инфраструктурных объектов, определены также и социальные риски (Fischhoff, 1990; Slovic, Lichtenstein, Fischhoff, 1994), графически представляемые с помощью FN-кривой. Для социального (группового) риска химически опасных предприятий определены ориентировочные нормативные кривые, при этом убывающая квадратичная функция на них отражает более быстрое уменьшение приемлемой частоты аварий с увеличением потенциального числа жертв (Bottelberghs, 2000).

Другой подход к оценке затрат на реализацию мер по снижению риска предложен в (Vrijling, Hengel, Houben, 1995) и доработан в (Vrijling, van Gelder, Goossens et al, 2001). Социально приемлемый уровень риска предлагается оценивать на общегосударственном уровне, устанавливая для каждого вида деятельности предельно допустимое ожидаемое число жертв в год  $E(N_{di})$ . Такой подход соответствует второму из перечисленных выше подходов введения критериев риска – на основе прошлого опыта или выявленных предпочтений. Однако при ограничении лишь ожидаемого числа смертей не учитывается фактор неприятия риска, который относится к понятию выраженных предпочтений. Это означает, что риск увеличения смертности при авариях должен сравниваться с более низкими (жесткими) критериями риска, как например в случае с Голландскими (ориентировочными) критериями социального риска для основных видов опасностей.

Согласно (Vrijling, Van Gelder, 1997; Slijkhuis, Van Gelder, Vrijling, 1997) неприятие риска можно представить математически, добавив к ожидаемому значению  $E(N_{di})$  доверительный интервал, кратный стандартному отклонению  $\sigma(N_{di})$ :

$$E(N_{di}) + k \cdot \sigma(N_{di}) < \beta_i,$$

где  $k = 3$  – коэффициент неприятия риска;  $\beta_i$  – политический фактор.  $\beta_i$  колеблется от 0,01 для вынужденных или не несущих никакой выгоды видов деятельности до 100 для абсолютно добровольных видов деятельности, приносящих прямую выгоду, как предложено (Vrijling, Hengel, Houben, 1995).

По данным (Starr, 1969), при одной и той же выгоде, общественная толерантность к добровольным рискам в 1000 раз превышает таковую к вынужденным рискам. В этом случае лица, принимающие решения или определяющие политику, устанавливают значение политического фактора исходя из своего понимания общественных предпочтений.

Хотя, с одной стороны, с помощью приведенной формулы критериев риска можно получить желаемые (с точки зрения лица, принимающего решение) значения критериев рисков для конкретного вида деятельности, с ее помощью, безусловно, можно также определить требуемое минимальное значение политического фактора  $\beta_i$  для конкретной деятельности.

Синтез этого национального критерия риска и критерия по социальному риску приводит к верхней границе  $F$ - $N$ -кривой для определенной деятельности, которая обратно пропорциональна числу независимых объектов  $N_A$  и пропорциональна квадрату политического фактора  $\beta_i$ :

$$1 - F_{N_{dij}}(x) \leq C\sqrt{x^2} \text{ для всех } x \geq 10,$$

где  $C_i = \left[ \frac{\beta_i \cdot 100}{k \cdot \sqrt{N_A}} \right]^2$ ;  $1 - F_{N_{dij}}(x) = P(N_{dij} > x)$ .

Численное значение допустимой частоты можно, в некоторых пределах, регулировать с помощью фактора  $\beta_i$ .

Отметим, что применение на практике данного подхода к реальным ситуациям: расширению национального аэропорта Шипхол (Нидерланды), воздушному пассажирскому транспорту, транспортировке опасных химических веществ по воде, а также автомобильному транспорту выявило определенную неадекватность данного подхода, связанную с невозможностью введения единого значения политического фактора для разных видов деятельности. Кроме того, применение данного подхода к автомобильному транспорту выявило противоречие между допустимым индивидуальным и социальным риском, в частности значение  $\beta = 1,0$ , которое следует из допустимого уровня индивидуального риска смерти

в автомобильной аварии, потребовало бы значительного снижения фактического социального риска примерно в 17 раз, что на практике осуществить было бы невозможно.

## 5.5. Нормативные уровни риска: рекомендации для России

Строгое обоснование нормативных уровней риска требует рассмотрения комплекса технических, экономических, социальных и психологических проблем, а также обязательного учета регионального фактора. Далее представим некоторые рекомендации, высказываемыми различными экспертами и организациями на основе опыта исследований, оценки, анализа и управления риском в нашей стране.

### Зонирование территорий по критериям риска в литературных источниках

В Российской Федерации попытка определения критериев приемлемости риска, в частности, была проведена в работах (Елохин, 2004; Елохин, 2000), где предлагается следующий состав зон и соответствующие уровни приемлемого риска для населения:

а) для территорий вблизи существующих потенциально опасных объектов: уровень риска более  $10^{-4}$  – зона недопустимого риска; менее  $10^{-4}$ , но более  $10^{-5}$  – зона жесткого контроля риска; менее  $10^{-5}$  – зона приемлемого риска;

б) для территорий вблизи нового строительства уровень риска должен быть снижен для каждой зоны на порядок.

Расшифруем названия зон.

1-я зона – *зона недопустимого риска* – это территория, где необходимо либо проводить соответствующий комплекс мероприятий, либо не допускать нахождение людей в этой зоне. Под комплексом мероприятий понимаются мероприятия, обеспечивающие снижение риска и проводимые либо на самом объекте (изменение технологических процессов, уменьшение запасов опасных веществ, введение дополнительных систем контроля и т.д.), либо вне его (улучшение организации экстренной медицинской помощи, обучение населения и т.д.). Для нового строительства

в таких зонах вообще не следует предусматривать нахождение людей, не связанных непосредственно с обслуживанием технологических процессов на объекте.

2-я зона – *зона жесткого контроля риска*. В этой зоне должны выполняться следующие требования:

- нахождение в зоне ограниченного числа людей в течение ограниченного отрезка времени (например, один-два объекта с наибольшей работающей сменой до 100 человек в течение рабочей смены);
- персонал таких объектов должен быть хорошо обучен и готов к проведению защитных мероприятий в случае крупной производственной аварии на потенциально опасном объекте;
- в зоне должна быть отработана система оповещения, позволяющая в кратчайшие сроки осуществить мероприятия по защите производственного персонала;
- объект, находящийся в такой зоне, сам не должен являться потенциально опасным объектом, поддерживающим эффект «домино» (Елохин, 2004; Елохин, 1990; Бурдаков, Елохин, Нехорошев, 1990) и не должен содержать непрерывных технологических процессов.

3-я зона – *зона приемлемого риска* – это территория, где допускается любое строительство и размещение населения.

До настоящего времени в мире отсутствуют также общепризнанные критерии приемлемости социального риска. Это обусловлено сложностями в определении возрастания существующего социального риска. Например, упоминавшийся выше Комитет по здравоохранению и промышленной безопасности (HSE) ежегодно рассматривает несколько тысяч случаев застройки вблизи потенциального источника опасности; несколько сотен случаев требуют детального рассмотрения. За более 30 лет «накопилось» более 10 тысяч таких случаев. Каждый из них в отдельности слабо влияет на общенациональный социальный риск от основных опасностей, но все вместе они свидетельствуют о значительном ухудшении общей ситуации в стране (в смысле значительного увеличения социального риска). Представляется сложным выделить из общего списка в 10 тысяч потенциальных опасностей одну или несколько, значимых при оценке общенационального социального риска, поэтому соответствующий численный критерий управления HSE не имеет, рекомендуя, однако, считать неприемлемым риск, когда 25 и более людей подвергаются опасности с частотой  $10^{-5}$  в год (рисунок 5.9).



Очевидно, уровень риска от основных опасностей определяется как объективными, так и субъективными факторами. Это обстоятельство может затруднить или даже сделать невозможным использование универсального критерия (в данном случае – некоторого «порогового» значения риска), применимого по всем видам опасностей. К объективным факторам можно отнести: массу опасного вещества, вовлеченного в аварию; время, в течение которого здания (сооружения, участки местности) заняты людьми; возможность проведения защитных мероприятий в чрезвычайных условиях и др. К субъективным факторам относятся: природа опасности (т.е. мгновенное или длительное поражение); факторы, не относящиеся к поражению человека (т.е. ущерб, нанесенный имуществу, окружающей среде; затраты, связанные с возможной эвакуацией населения); экономические и политические факторы и др.

Различные типы опасности (взрывы, токсические выбросы и др.) существенно различаются по характеру воздействия на объекты поражения. Следовательно, если определенный уровень риска приемлем в одном случае (например, при взрыве), то в других случаях необходима его соответствующая адаптация, т.е. доопределение уровня риска путем введения частных критериев или задание векторного критерия, где в качестве компонент задаются значения приемлемого ущерба для окружающей среды, производственных фондов, жилой застройки и т.д.

В этой ситуации определение приемлемости риска в каждом конкретном случае сводится, очевидно, к решению задачи поиска лексикографического максимума. При этом по каждой компоненте векторного критерия должны быть заданы приемлемые значения. В частности, для определения порогового значения по наиболее важной компоненте – количеству погибших – необходимо иметь в виду следующее. Показатели медицинских последствий для таких групп населения, как престарелые и дети, существенно тяжелее, чем для «средних» людей, и их нельзя «компенсировать», например, за счет рациональной организации экстренной медицинской помощи. Для обоснования количественных оценок приемлемого социального риска для этих групп населения был проведен специальный вычислительный эксперимент, результаты которого приведены в работе (Елохин, 2002).

Анализ результатов эксперимента показал, что уровень приемлемого риска для престарелых и малолетних должен быть установлен ниже на порядок по сравнению с уровнем, определенным для «взрослых» людей.

С учетом этого, а также рекомендаций HSE (см. выше) и результатов анализа последствий крупных производственных аварий в Российской Федерации предлагается (Елохин, 2004; 1990; 1998; Бурдаков, Елохин, Нехорошев, 1990; Yelokhin, 1997; 1999) установить следующие **критерии социального риска для населения**:

- неприемлемым считается риск, когда 25 и более взрослых людей подвергаются опасности с частотой более  $10^{-4}$  в год;
- неприемлемым считается риск, когда 25 и более детей, престарелых, больных подвергаются опасности с частотой более  $10^{-5}$  в год.

Последнее означает, что в зоне с уровнем риска на внешней границе, равном  $10^{-5}$ , нельзя строить и эксплуатировать дошкольные и детские учреждения, а также дома престарелых. Аналогичные решения должны быть приняты и для медицинских стационаров.

Другими словами, предлагается максимально допустимый уровень социального риска устанавливать разным для детей и взрослых, соответственно  $1 \cdot 10^{-5}$  и  $1 \cdot 10^{-4}$  в год с максимальным числом погибших, равным 25. Эти две основные точки показаны на рисунке 5.9.

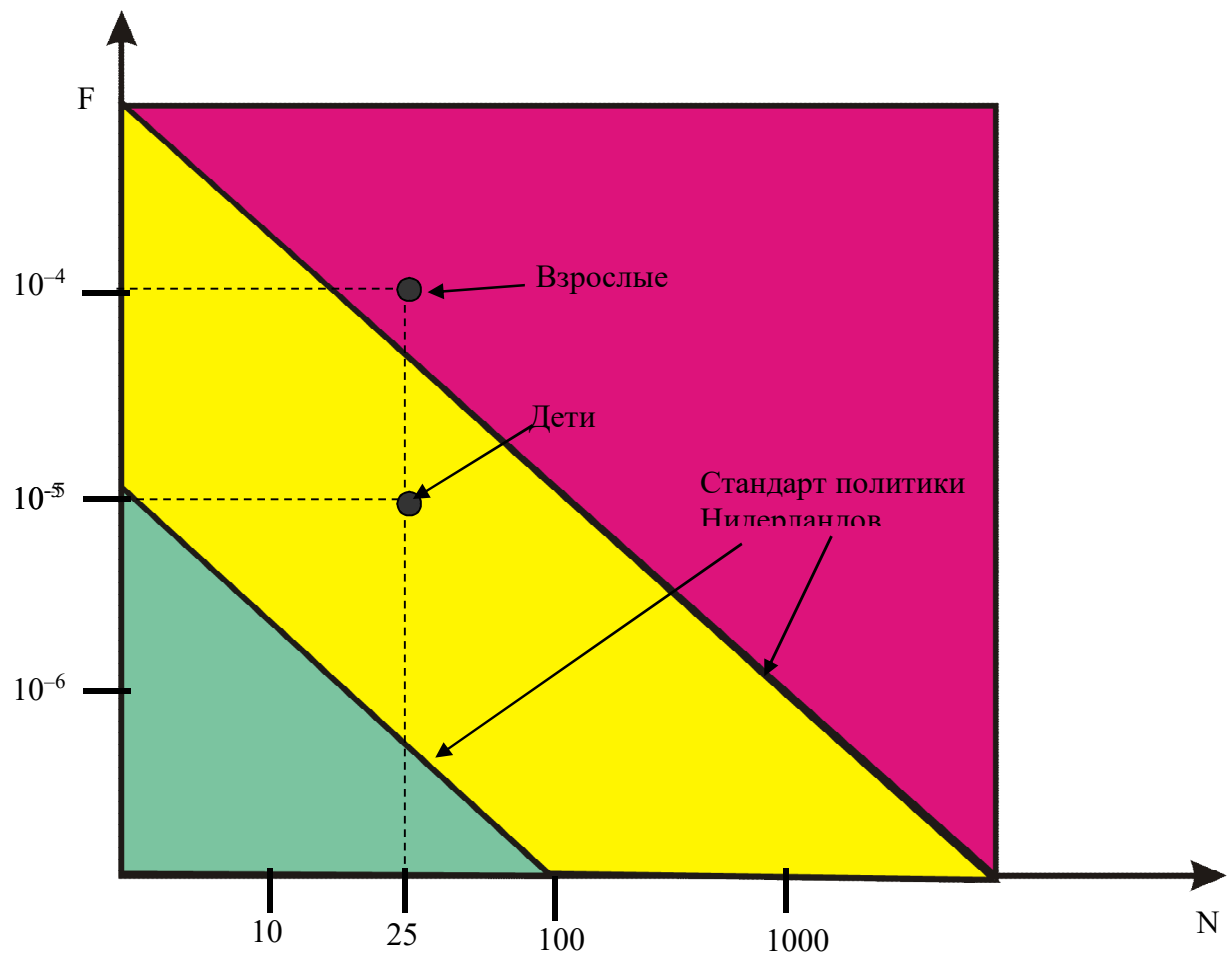


Рисунок 5.9. Рекомендации для России по пределам социального риска

## Рекомендации Российского научного общества анализа риска по предельно допустимым уровням риска

19 апреля 2006 года во время проведения в Москве конференции «Актуальные проблемы гражданской защиты» состоялось расширенное заседание Президиума Общероссийской общественной организации «Российское научное общество анализа риска». В заседании помимо членов президиума Общества приняли участие члены Научного совета, Исполнительного комитета, Московского городского отделения Общества, председатели и представители региональных отделений. На заседании среди других вопросов была утверждена Декларация Российского научного общества анализа риска **«О предельно допустимых уровнях риска»** (Декларация, 2006). Несмотря на рекомендательный характер данного документа, отметим его значимость в области создания правового поля регулирования уровней индивидуального и социального риска. Далее в данном разделе мы дадим краткое пояснение вошедших в Декларацию положений.

Исходя из анализа литературных данных по определению уровней приемлемого риска, при разработке Декларации был использован следующий методологический подход к нормированию рисков:

1. За основу берутся уровни индивидуальных и социальных предельных рисков, принятых в ведущих зарубежных странах (там, где они приняты, например, в Нидерландах).

2. Учитываются дополнительные показатели и факторы, влияющие на коррекцию взятых за основу уровней:

- реальные возможности по достижению данных предельных уровней риска. В России реальные уровни индивидуального и социального рисков на 1–2 порядка выше зарубежных. Естественно, одномоментно, скачком, достичь зарубежных уровней риска вряд ли в ближайшее время представится возможным, поэтому в России в настоящее время область приемлемых рисков объективно должна быть выше, чем в зарубежных странах;

- политическая, экономическая и социальная значимость данного региона или объекта, в том числе критически важного (КВО). Очевидно, что, например, для Москвы уровень предельного риска должен быть несколько выше, чем для какой-либо территории, не имеющей такого важного значения для государства. То же самое можно сказать

и относительно КВО. Однако это не исключает введения общих усредненных уровней риска для всей территории страны или для всех КВО. В этом случае следует говорить не о жестких границах риска, а об области приемлемого риска, ограниченной уровнем допустимого риска и уровнем пренебрежимого риска;

- мнение общественности по восприятию установленного приемлемого риска;
- учет возможных неопределенностей;
- возможность контроля за соблюдением установленных нормативов рисков и др.

### Рекомендации по пределам индивидуального риска

Различные значения ПДУ индивидуального риска, используемые в разных странах, указывают на то, что **уровень риска смерти выше  $10^{-4}$  в год в качестве значения для ПДУ однозначно признается неприемлемым (чрезмерным)**. Если напрямую использовать голландский подход, то **предельный уровень приемлемого индивидуального риска составит  $3,0 \cdot 10^{-6}$  в год**, так как по российским статистическим данным минимальная годовая вероятность смерти составляет  $3,0 \cdot 10^{-4}$  в возрасте от 10 до 14 лет.

Экспертные оценки, основанные на обобщении проделанных исследований и практического опыта, в том числе декларировании безопасности, показывают (Быков, Мурзин, 1997; Кузьмин, Махутов, Хетагуров, 1997; Воробьев, Ковалев, 1983; Елохин, 2000), что **ПДУ индивидуального риска для России, учитывая социально-экономический уровень развития, должен находиться в диапазоне  $10^{-4}$ – $10^{-5}$  в год** (Быков, Акимов, Фалеев, 2004).

При этом целесообразным представляется применение различных критериальных уровней для вновь строящихся объектов и уже действующих (Декларация, 2006; Предельно допустимые, 2006). Ясно, что для вновь вводимых объектов критериальные уровни должны быть установлены ниже тех, которые могут применять в течение определенного периода времени (например, 5–10 лет) для уже функционирующих объектов. **Для новых объектов ПДУ индивидуального риска может быть установлен на уровне  $10^{-5}$  в год, для действующих –  $10^{-4}$  в год**, при условии принятия мер по снижению риска в течение установленного срока (рисунок 5.10).

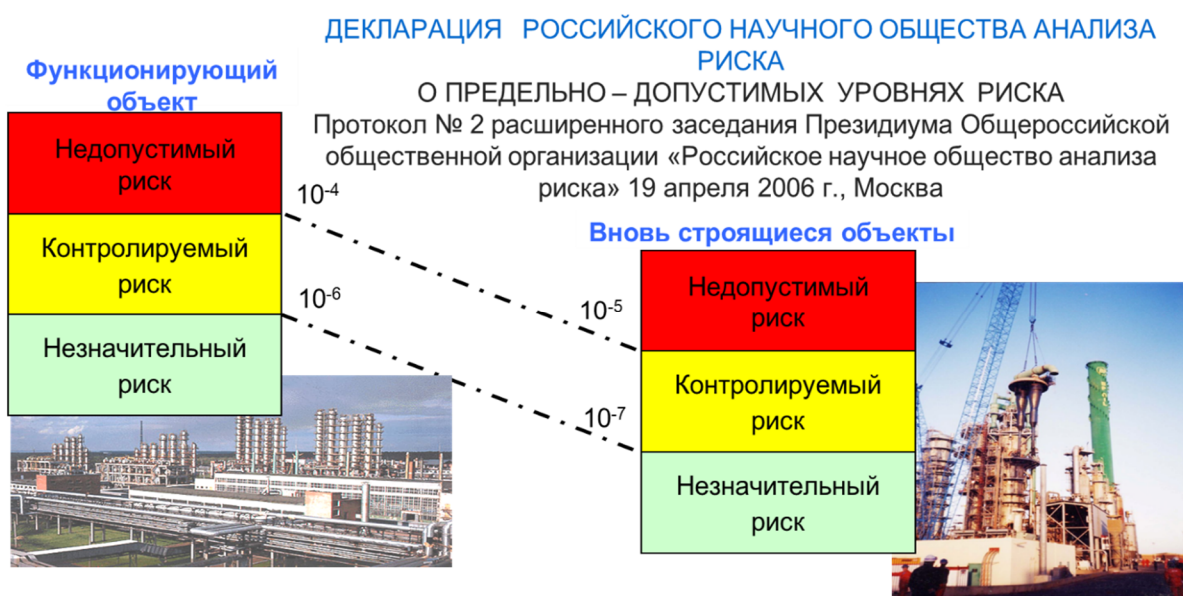


Рисунок 5.10. Дифференциация рекомендуемых нормативных уровней индивидуального риска для функционирующих и вновь строящихся объектов – источников техногенного риска (Декларация, 2006)

### **Рекомендации по пределам индивидуального риска от систематического и совместного воздействия различных факторов**

В качестве критериев индивидуального риска, создаваемого систематическим воздействием на здоровье населения загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду с выбросами и сбросами действующих в штатном режиме объектов, а также в результате совместного действия загрязняющих веществ, радиационного облучения и других факторов целесообразно установить значения на порядок более «мягкие», по сравнению с теми критериальными уровнями, которые применяются в Нидерландах (рисунок 5.11), а именно:

- **Для систематического воздействия на здоровье населения:**
  - предельно (максимально) допустимый уровень индивидуального риска  $1,0 \cdot 10^{-5}$  в год;
  - пренебрежимый уровень индивидуального риска  $1,0 \cdot 10^{-7}$  в год.
- **Для совместного воздействия на здоровье населения различных факторов:**
  - предельно (максимально) допустимый уровень индивидуального риска  $1,0 \cdot 10^{-4}$  в год;
  - пренебрежимый уровень индивидуального риска  $1,0 \cdot 10^{-6}$  в год.

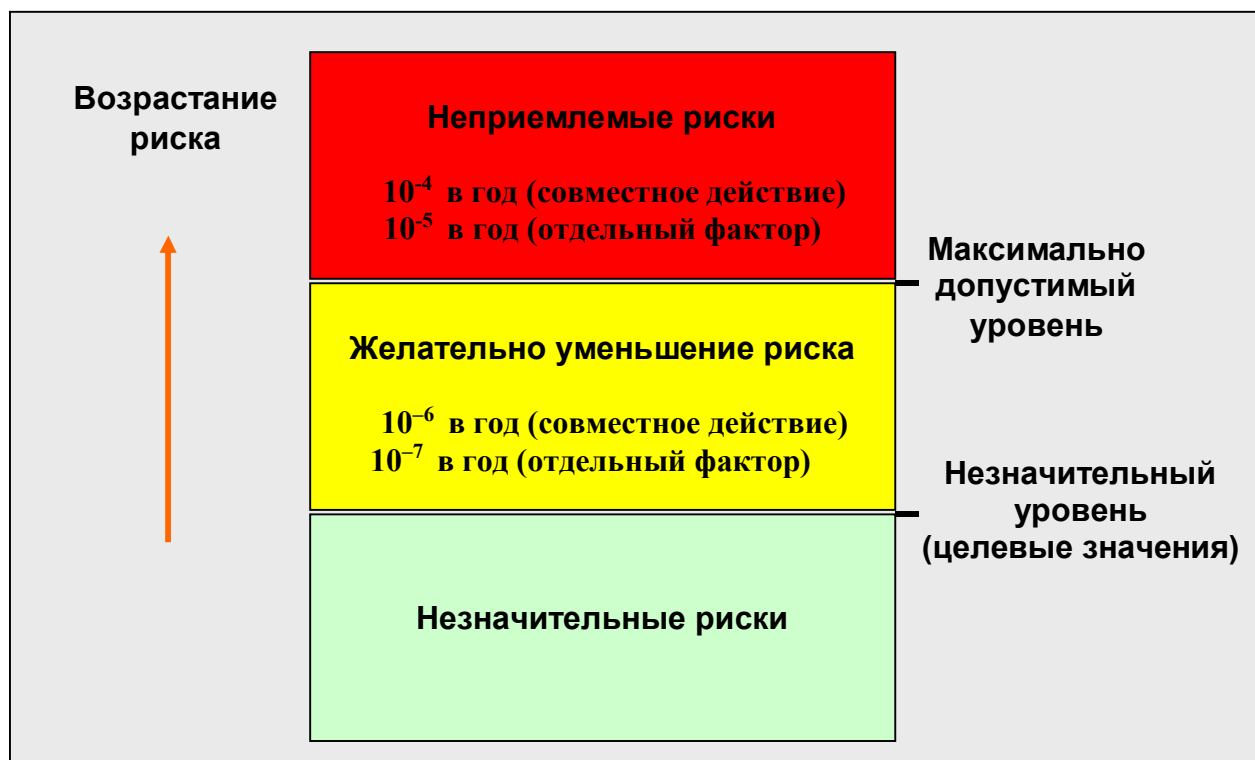


Рисунок 5.11. Рекомендации для России по критериям индивидуального риска от систематического и совместного воздействия различных факторов (Декларация, 2006)

### Рекомендации по пределам социального риска

В качестве критериев социального риска следует применять более «мягкие» нормативные значения, по сравнению с теми критериальными уровнями, которые применяются в Нидерландах. При этом наклон нормативных кривых социального риска должен быть тем же, что и на нормативных кривых социального риска, используемых в Нидерландах, т.е. последствиям в « $n$ » раз большим должна соответствовать частота в « $n \cdot n$ » меньшая.

Нормативную величину ПДУ социального риска смерти (гибели)  $N$  и более человек из населения рекомендуется установить на уровне  $10^{-3}/N^2$  в год для новых (вновь проектируемых) объектов и на уровне  $10^{-2}/N^2$  в год для действующих объектов (Декларация, 2006). Пренебрежимые уровни социального риска рекомендуется установить в 100 раз меньше соответствующих ПДУ.

Отметим, что значения предельно допустимых уровней индивидуальных и социальных рисков присутствуют в стандартах ПАО

«Газпром», в частности СТО Газпром 2-2.3-569-2011 Методическое руководство по расчету и анализу рисков при эксплуатации объектов производства, хранения и морской транспортировки сжиженного и сжатого природного газа. Рекомендации СТО Газпром по предельно допустимым уровням индивидуального и социального риска приводятся со ссылкой на рекомендации Российского научного общества анализа риска, вошедшие в Декларацию «О предельно допустимых уровнях риска»:

«5.14 Сравнение показателей риска с уровнями приемлемого риска

5.14.1 Для формулирования выводов по итогам анализа риска об уровне опасности проектируемого ОПО необходимо выполнить сравнение рассчитанных показателей риска с рекомендуемыми предельно допустимыми значениями риска...

– с рекомендуемым в Декларации для Российской Федерации значением предельно допустимого индивидуального риска для населения, которое для новых (вновь проектируемых) ОПО составляет  $1,0 \cdot 10^{-5}$  в год.

5.14.5 По показателю социального риска (F-N-кривая) результаты, полученные для проектируемого ОПО, допускается сравнивать с зависимостями, рекомендуемыми в Декларации.

Социальный риск для населения сравнивается с функцией  $10^{-3}/N^2$ , где N – количество погибших».

## 5.6. Подходы по установлению нормативных уровней рисков для территорий

### Нормативные уровни рисков для территорий

В работе (Акимов, Быков, Востоков и др., 2007) предлагаются критерии зонирования территорий по показателям риска, в частности, конкретная часть территории Российской Федерации (субъекта Федерации, муниципального образования) в зависимости от степени риска может быть отнесена к одному из четырех типов зон риска:

- **зона неприемлемого (недопустимого) риска** – это территория, на которой не допускается нахождение людей, за исключением лиц, обеспечивающих проведение соответствующего комплекса организационных, социальных и технических мероприятий (специальное строительство инженерных сооружений, введение дополнительных систем

защиты, контроля, оповещения и т.д.), направленного на снижение риска до допустимого уровня. Новое строительство не разрешается независимо от возможных экономических и социальных преимуществ того или иного вида хозяйственной деятельности, за исключением объектов обороны, охраны государственной границы или объектов, осуществляющих функционирование в автоматическом режиме. В плановом порядке осуществляется переселение людей в безопасные районы;

- **зона повышенного риска** – это территория, на которой допускается временное пребывание ограниченного количества людей, связанных с выполнением служебных обязанностей. Новое жилищное и промышленное строительство допускается в исключительных случаях по решению глав администраций субъектов Российской Федерации или федеральных органов исполнительной власти при условии обязательного выполнения комплекса специальных мероприятий по снижению риска до приемлемого уровня, обязательному контролю риска и предупреждению чрезвычайных ситуаций;

- **зона условно приемлемого риска** – территория, где допускается строительство и размещение новых жилых, социальных и промышленных объектов при условии обязательного выполнения комплекса дополнительных мероприятий по снижению риска;

- **зона приемлемого риска** – территория, на которой допускается любое строительство и размещение населения.

Решение о временных ограничениях на проживание и хозяйственную деятельность и проведении комплекса мероприятий, направленных на снижение риска, согласно (Акимов, Быков, Востоков и др., 2007) принимается Правительством Российской Федерации или органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации по представлению надзорных органов. При невозможности снижения уровня риска ограничения на проживание и хозяйственную деятельность вводятся Законом Российской Федерации или законом субъекта Российской Федерации. Границы зон в координатах «частота ЧС – число пострадавших» и «частота ЧС – материальный ущерб» представлены в таблицах 5.17 и 5.18 соответственно.



Таблица 5.17. Определение границ зон рисков в координатах «частота ЧС – число пострадавших»

Частота ЧС	Число пострадавших, чел.			
	менее 10	от 10 до 50	от 50 до 500	свыше 500
Более 1		<b>Зона</b>	<b>недопусти- мого</b>	<b>риска</b>
$1-10^{-1}$				
$10^{-1}-10^{-2}$	<b>Зона</b>			
$10^{-2}-10^{-3}$	<b>Зона</b>	<b>повышенного</b>		
$10^{-3}-10^{-4}$		<b>условно</b>	<b>риска</b>	
$10^{-4}-10^{-5}$	<b>Зона</b>		<b>приемлемого</b>	
$10^{-5}-10^{-6}$		<b>риска</b>		<b>риска</b>
Менее $10^{-6}$				

Таблица 5.18. Определение границ зон рисков в координатах «частота ЧС – материальный ущерб»

Частота ЧС	Размер материального ущерба, руб			
	менее 100 тыс	от 100 тыс до 50 млн	от 50 млн до 500 млн	свыше 500 млн
Более 1		<b>Зона</b>	<b>недопустимого</b>	<b>риска</b>
$1-10^{-1}$				
$10^{-1}-10^{-2}$	<b>Зона</b>			
$10^{-2}-10^{-3}$	<b>Зона</b>	<b>повышенного</b>		
$10^{-3}-10^{-4}$		<b>условно</b>	<b>риска</b>	
$10^{-4}-10^{-5}$	<b>Зона</b>		<b>приемлемого</b>	
$10^{-5}-10^{-6}$		<b>риска</b>		<b>риска</b>
Менее $10^{-6}$				

### Нормативные уровни рисков для критически важных объектов

**Критически важные объекты Российской Федерации** – это объекты, нарушение (или прекращение) функционирования которых приводит к потере управления, разрушению инфраструктуры, необратимому негативному изменению (или разрушению) экономики страны, субъекта или административно-территориальной единицы, или существенному ухудшению безопасности жизнедеятельности населения, проживающего на этих территориях, на длительный период времени (Акимов, Быков, Востоков и др., 2007).

При определении нормативов приемлемых уровней рисков для КВО в работе (Акимов, Быков, Востоков и др., 2007) учитывались два фактора:

– важность данного КВО (группы объектов) для жизнедеятельности государства или отдельно взятой территории (субъекта Российской Федерации). В связи с этим все КВО подразделялись на две категории – объекты федерального и регионального значения;

– возможные последствия чрезвычайных ситуаций на КВО.

Определение показателей риска при эксплуатации критически важных объектов (КВО) производится на основании анализа результатов паспортизации или декларирования безопасности объекта. В зависимости от полученного результата критически важный объект может находиться в одной из трех областей уровня риска:

- **области неприемлемого риска** (область жесткого регулирования и контроля риска) – обязателен количественный анализ риска и требуются *особые* меры обеспечения защищенности критически важного объекта;

- **области повышенного риска** (область экономического регулирования и контроля риска) – обязателен количественный анализ риска и требуется принятие *определенных* мер по обеспечению защищенности объекта;

- **области приемлемого риска** (область с отсутствием необходимости регулирования риска) – анализ и принятие специальных дополнительных мер безопасности *не требуется*.

Границы областей в координатах «частота ЧС – последствия ЧС» для критически важных объектов федерального и регионального значений представлены в таблицах 5.17 и 5.18 соответственно. При этом была предусмотрена градация последствий ЧС по четырем степеням тяжести в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (Постановление, 2007).

- **Катастрофические** (ЧС *федерального* характера), при которых число пострадавших превышает 500 человек, размер материального ущерба свыше 500 млн рублей, или выход из строя в результате ЧС данного КВО представляет реальную угрозу для безопасности Российской Федерации.

- **Тяжелые** (ЧС *регионального* и/или *межрегионального* характера), при которых количество пострадавших составляет от 50 до 500 человек, а размер материального ущерба от 5 до 500 млн рублей. Или выход из строя в результате ЧС данного КВО может принести ущерб безопасности Российской Федерации.

- **Существенные** (ЧС *муниципального* и/или *межмуниципального* характера), при которых количество пострадавших составляет от 10 до 50 человек, а размер материального ущерба от 100 тыс. до 5 млн рублей. Выход из строя КВО в результате ЧС вызовет затруднения в процессе жизнедеятельности государства или субъекта Российской Федерации.

- **Малосущественные** (ЧС *локального* характера), при которых количество пострадавших составит менее 10 человек, а размер материального ущерба менее 100 тыс. рублей. Временный выход из строя КВО в результате ЧС может иметь незначительные кратковременные последствия для жизнедеятельности государства или субъекта Российской Федерации.

Таблица 5.19. Нормативные уровни рисков для критически важных объектов федерального значения

Частота ЧС	Последствия ЧС			
	Малосущественные	Существенные	Тяжелые	Катастрофические
Более 1	<b>Область</b>	<b>неприемлемого</b>	<b>риска</b>	<b>риска</b>
$1-10^{-1}$				
$10^{-1}-10^{-2}$	<b>Область</b>			
$10^{-2}-10^{-3}$				
$10^{-3}-10^{-4}$	<b>повышенного</b>		<b>риска</b>	
$10^{-4}-10^{-5}$	<b>Область</b>	<b>приемлемого</b>		<b>риска</b>
$10^{-5}-10^{-6}$				
Менее $10^{-6}$			<b>риска</b>	

Таблица 5.20. Нормативные уровни рисков для критически важных объектов регионального значения

Частота ЧС	Последствия ЧС			
	Малосущественные	Существенные	Тяжелые	Катастрофические
Более 1		<b>Область</b>		
1-10 <sup>-1</sup>				
10 <sup>-1</sup> -10 <sup>-2</sup>	<b>Область</b>	<b>неприемлемого</b>		<b>риска</b>
10 <sup>-2</sup> -10 <sup>-3</sup>				
10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-4</sup>	<b>повышенного</b>			
10 <sup>-4</sup> -10 <sup>-5</sup>	<b>Область</b>		<b>риска</b>	
10 <sup>-5</sup> -10 <sup>-6</sup>		<b>приемлемого</b>	<b>риска</b>	
Менее 10 <sup>-6</sup>				

### Рекомендации по нормированию рисков

Риск является основным показателем опасности, предельно-допустимые значения которого нормируются в законодательствах и нормативных документах промышленно развитых стран мира. В то же время «жесткое» нормирование безопасности, основанное на детальном регламентировании в обязательных нормативных документах различных параметров потенциально опасных и критически важных объектов (генеральные планы, объемно-планировочные и конструктивные решения, системы пожаротушения, пожарная автоматика и т.д.), является в значительной степени тормозом для реализации эффективного подхода к обеспечению безопасности, хорошо зарекомендовавшего себя в промышленно развитых странах. Вместе с тем в связи с введением в действие Федерального Закона «О техническом регулировании» необходимо более широко использовать понятие риска и его критериальные уровни, в том числе для разработки критериев безопасности жизнедеятельности населения страны и регионов. Представляется необходимым использовать критерии риска и при разработке технических регламентов, сводов правил по безопасности для объектов различного назначения (в первую очередь для промышленных предприятий).

Критерии риска (индивидуального, социального и др.) являются в настоящее время наиболее подходящими для нормирования безопасности промышленной деятельности, что нашло отражение в опыте применения этих критериев в России и других промышленно развитых странах.

Для определения приемлемости потенциальной опасности промышленных объектов в развитых странах используется показатель индивидуального риска. Общепринятых критериев приемлемости индивидуального риска нет, а предлагаемые различными зарубежными организациями и учеными пороговые значения риска колеблются от величины  $10^{-3}$  в год до  $10^{-8}$  в год.

С учетом реального состояния производственных фондов и анализа частот возникновения крупных производственных аварий в Российской Федерации предлагается установить следующие критерии приемлемого индивидуального риска для населения на территориях, прилегающих к потенциально опасным и критически важным объектам:

- неприемлемый риск (зона недопустимого риска) – величина риска более  $10^{-4}$  в год (для территорий вблизи функционирующих объектов) и более  $10^{-5}$  (для территорий, примыкающих к вновь строящимся объектам);

- контролируемый риск (зона жесткого контроля риска) – величина риска между  $10^{-4}$  и  $10^{-5}$  в год (для территорий вблизи функционирующих объектов) и между  $10^{-5}$  и  $10^{-6}$  (для территорий, примыкающих к вновь строящимся объектам);

- приемлемый риск (зона допустимого риска) – величина риска менее  $10^{-5}$  (для территорий вблизи функционирующих объектов) и менее  $10^{-6}$  (для территорий, примыкающих к вновь строящимся объектам).

В дальнейшем величины предельно-допустимых рисков для населения могут быть уточнены.

Значения приемлемого риска для населения, проживающего вблизи опасных предприятий, и для персонала этих объектов должны существенно различаться.

В качестве базовых величин предельно-допустимого риска для персонала могут быть рекомендованы в качестве основы в 100–1000 большие значения, чем для населения.

Индивидуальный риск для персонала:

- риск больше  $10^{-2}$  год<sup>-1</sup> – зона недопустимого риска;
- риск меньше  $10^{-2}$  год<sup>-1</sup>, но больше  $10^{-4}$  год<sup>-1</sup> – зона жесткого контроля риска. В этой зоне риск считается допустимым только тогда, когда приняты меры, позволяющие его снизить настолько, насколько это практически целесообразно (т.е. обязательной должна быть процедура проверки мер повышения безопасности и снижения риска на основе

принципа «разумной достаточности»). При этом должны выполняться следующие требования: нахождение в зоне ограниченного числа людей в течение ограниченного отрезка времени, персонал объектов должен быть хорошо обучен и готов к действиям по локализации и ликвидации аварийных и чрезвычайных ситуаций, должна быть отработана система оповещения о предаварийных ситуациях и аварии;

- риск меньше  $10^{-4}$  год<sup>-1</sup> – зона приемлемого риска. В этой зоне не требуется проведения дополнительных защитных мероприятий.

При этом допустимые значения индивидуального риска для персонала должны дифференцироваться в зависимости от вида деятельности.

## **Глава 6. О ПОДХОДАХ И МЕТОДАХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЦЕНЫ РИСКА**

Анализ накопленного зарубежного и отечественного опыта по решению задачи обеспечения защиты здоровья и жизни человека свидетельствует, что методология анализа и управления риском представляется наиболее надежным аналитическим инструментом, позволяющим научно обоснованно определить степень риска для жизни и здоровья человека и на данной базе провести ранжирование источников и факторов опасности по степени их значимости и тем самым очертить приоритеты управления риском, направления экономически эффективной деятельности по оптимизации уровня риска и возможностей его минимизации (Быков, Мурзин, 1997; Быков, 1998; Быков, «Цена риска...», 2014; Новиков, Порфирьев, Быков и др., «Методология...», 1999; Оценка, 2003; Региональные, 2004), а также выплаты компенсаций семьям погибших при ЧС (Быков, Кудрявцев, «Экономические...», 1997; Быков, Кудрявцев, «Управление...», 1997; Быков, Фалеев, 2005; Быков, 2007; Быков, «О необходимости...», 2012; Быков, «Цена риска...», 2014).

### **6.1. Экономическая оценка риска для жизни и здоровья человека**

#### **Актуальность вопроса оценки цены риска**

Материалы, представленные в данной и следующей главах, подготовлены на основе опубликованной ранее монографии (Быков, «Цена риска...», 2014).

В следующей главе будут продемонстрированы основные практически применяемые подходы, используемые при оптимизации затрат на снижение риска и связанного с ним ущерба, и методы определения экономически эффективных мероприятий по снижению риска. При этом методы оптимизации затрат на снижение риска будут продемонстрированы на примерах оптимизации затрат на снижение риска для здоровья и жизни населения. Другими словами, основное внимание будет уделено вопросам, которые решаются на одной из стадий процесса управления риском, главная цель которой – достижение оптимума уровня риска с учетом социально-экономических, природоохранных и других аспектов

(Быков, Мурзин, 1997), поскольку оценка риска производится, в конечном счете, для того, чтобы посредством эффективного управления риском добиться максимального снижения риска, в том числе для жизни и здоровья населения, при этом свести необходимые затраты к минимуму.

При проведении экономической оптимизации риска к одной из центральных проблем также можно с уверенностью отнести задачу экономической оценки риска для жизни и здоровья человека, связанного с аварийным воздействием на население техногенных источников опасности, так и риска, обусловленного систематическим воздействием на здоровье загрязненной окружающей среды (Быков, Соленова, Земляная и др., 1999). Ростехнадзором разработан методический документ по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах (Руководство по безопасности, 2016), где также отмечается, что для целей экономического регулирования промышленной безопасности и страхования важным является такой показатель риска, как статистически ожидаемый ущерб в стоимостных или натуральных показателях.

Поэтому в данной главе будет рассмотрен один из наиболее важных и противоречивых вопросов по оценке риска и ущерба – экономическая оценка риска для жизни и здоровья человека (Быков, Кудрявцев, «Управление...», 1997; Быков, Акимов, Фалеев, 2004; Быков, Фалеев, 2005; Быков, «О методологии...», 2007; Быков, «О необходимости...», 2012; Быков, «Цена риска...», 2014). Этот вопрос является актуальным также и потому, что во многих случаях цена риска для жизни и здоровья является относительно большой величиной в сравнении со стоимостью других видов риска. Например, проведенные еще в 90-х годах прошлого столетия исследования последствий, связанных с работой угольных ТЭС в европейских странах (European, 1995) и в России (Афанасьев, 1998; 1999), показывают, что более 90 % последствий, которые удается оценить в экономических показателях, относятся к риску для жизни и здоровья человека.

Экономическая оценка риска преждевременной смерти или реально понесенных потерь от дополнительной смертности – важная составляющая системы мер по предупреждению и смягчению последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. В научной литературе конечный результат такой оценки применительно к единичному



(статистическому) случаю принято именовать ценностью или стоимостью статистической жизни (*value of statistical life – VSL*). Можно также встретить употребляемые в литературе словосочетания: «цена жизни среднестатистического человека» или «стоимость единицы риска для жизни», «цена риска для жизни» человека, – терминологию в данной области исследований отечественных авторов еще нельзя считать устоявшейся. Поэтому эти термины могут употребляться равноправно, т.е. их следует рассматривать как синонимы. В настоящей работе предпочтение будет отдаваться термину «стоимость статистической жизни», или для краткости будем употреблять термин «цена риска» и обозначать символом  $\alpha$ .

Подчеркнем, что все перечисленные понятия не следует отождествлять с т.н. «ценой жизни», что обосновано в работе (Быков, «Цена риска...», 2014), в которой также приведен обзор и критический анализ подходов и методов, применяемых в исследованиях по экономической оценке жизни среднестатистического человека – цене риска, а также подробный аналитический обзор оценок данного показателя, проделанных отечественными и зарубежными авторами с использованием теории полезности, актуарного подхода, международных сравнений, социально-экономического анализа предпочтений потребителей и исследований рынка труда. Кроме того, в указанной работе на основе избранных положений математики страхования жизни обоснованы и введены две основные актуарные модели и вытекающие из них алгоритмы расчета стоимости статистической жизни. *По первой модели* рекомендуется рассчитывать величину т.н. «компенсационной цены риска», которую можно использовать для определения уровня компенсаций семьям погибших, например при чрезвычайных ситуациях, а также установления уровня компенсаций и страховых сумм выплат при возникновении несчастных случаев со смертельным исходом в различных отраслях экономики. *По второй модели* рекомендуется рассчитывать величину т.н. «оптимизационной цены риска», значение которой следует использовать при оптимизации затрат на реализацию системы мероприятий, направленных на снижение риска и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций, проведение превентивных мероприятий по снижению риска, при оптимизации системы мер, направленных на совершенствование организации и технологий обеспечения безопасности в различных отраслях экономики. В этой же работе приведены результаты расчетов

компенсационной и оптимизационной цен риска для экономики России в целом и по отраслям по состоянию на 2012 год.

В настоящей и следующей главах будет показано место цены риска в оптимизационном экономическом анализе, ее влияние на уровень риска и выполнения данным показателем роли экономического регулятора уровня безопасности, а также будут представлены постановки задач оптимизации уровня безопасности и риска, основные методы и этапы проведения оптимизационного экономического анализа с примерами из проведенных ситуационных исследований, формализм оптимизационной задачи управления риском на региональном уровне с применением принципа непрерывно уменьшающихся рисков с иллюстративным примером, демонстрирующим возможности изменения решений по управлению риском в зависимости от количественного значения цены риска.

Однако прежде чем приступить к рассмотрению обозначенных ключевых вопросов, необходимо кратко коснуться основных понятий и показателей риска для жизни и здоровья человека, используемых в экономическом анализе, а также тех показателей, которые будут в следующей главе фигурировать при изложении экономических оптимизационных задач, решаемых на стадии управления риском, в рассматриваемых далее методах и примерах ситуационных исследований.

### **Цена риска или цена жизни: соотношение понятий**

*Сколько стоит человеческая жизнь?* Этот вопрос всегда вызывал и вызывает многочисленные дискуссии. Правомерна ли вообще такая постановка вопроса? Можно ли экономически измерять человеческую жизнь? Такая оценка вызывает у многих двойственное и противоречивое отношение. Звучит объяснимый протест: трудно найти здравомыслящего человека, готового пусть даже за очень большую сумму пожертвовать своей жизнью. Выходит – ценность собственной жизни больше любой сколь угодно большой суммы.

Но в гуманном обществе бесконечной ценностью представляется не только собственная жизнь, но и жизнь окружающих. Никому не придет в голову отказывать в спасении человеку, например из-за того, что связанные с этим затраты превосходят рассчитанную кем-то величину. На этом основании некоторые исследователи полагают, что подсчеты цены человеческой жизни неприемлемы с морально-этической точки зрения.

Вот что писали в советское время: «Во сколько оценить человека? Вопрос звучит нелепо, а между тем американские экономисты с точностью до доллара определяют стоимость новорожденного... *Для нас аксиома: жизнь человеческая бесценна. Нам чужды цинично стоимостные подходы к людям*» (Урланис, Бобров, 1976).

Отказываться ли в таком случае от вредных производств и опасных технологий, от видов спорта с повышенным риском и многого другого? А как быть с пагубными привычками? Ведь мирятся же с возможностью преждевременно умереть, погибнуть или получить травму, полагая, что этот риск перекрывается получаемыми при этом преимуществами, такими как комфорт, скорость, знания, дополнительные материальные блага, захватывающие ощущения и пр. Само существование профессий, связанных с высокой вредностью и опасностью, говорит о том, что дополнительные блага на таких работах (ранний выход на пенсию, высокая заработная плата) могут перекрывать возможные отрицательные последствия для жизни и здоровья работы на вредных и опасных производствах.

Таким образом, налицо противоречие: с одной стороны, человеческая жизнь не может быть оценена конечной денежной суммой, а с другой стороны, ее можно сопоставить с благами, ценность которых имеет конечное денежное выражение. Если вам встретилось противоречие, ищите более тонкое различие, советовал американский философ Уильям Джеймс.

В действительности противоречие легко устраняется, если мы разграничим два понятия: жизнь индивидуума (конкретного человека) и жизнь статистического человека, или, более кратко: индивидуальная жизнь и статистическая жизнь.

Утверждая, что жизнь бесценна, имеют в виду жизнь конкретного человека, который непременно умрет, если не принять мер. Вопрос не стоит: стоит или не стоит его спасать, какой бы суммой ни выражалась стоимость его спасения. Стоит, поскольку нет такой суммы, в которой можно было бы выразить ценность его жизни. Здесь уместно привести слова, сказанные С.К. Шойгу, когда был министром МЧС России: «Наша главная задача – обеспечение безопасности жизни каждого человека, и ради этого мы постоянно тренируемся и совершенствуем свое мастерство, модернизируем парк спасательной техники и оборудования, повышаем эффективность систем управления. Но свою работу мы считаем успешной только при одном условии – если благодаря нашим действиям

удалось спасти человека. Одного, десять, сто – для нас не имеет значения. Во имя их безопасности, спокойствия и стабильности мы работаем и живем».

Говоря о статистической жизни, не имеют в виду жизнь конкретного человека. Речь, в каком-то смысле идет, по образному сравнению авторов, активно разрабатывавших эту тему, об игре со смертью в кости: на кого она укажет своим костлявым перстом, еще не ясно, и если ставки в игре высоки, желающие играть найдутся. Простой, но распространенный подход: «разделив минимальную ставку, за которую человек согласен играть, на вероятность смерти в этой игре, мы получим цену жизни» – оценку стоимости статистической жизни. При риске смерти в течение года  $10^{-3}$  (таков порядок величины частоты гибели на опасных производствах) и ниже «подобные сделки со смертью не представляются аморальными и бесчеловечными» – многие из нас идут или готовы идти на них в той или иной мере. Люди идут подчас и на больший риск.

Итак, если конкретному человеку грозит опасность – ценность его жизни не должна сводиться к денежной сумме. Нельзя стоять с калькулятором в руке и подсчитывать затраты на его спасение. Но при допустимом или приемлемом риске для жизни, ценность статистической жизни – конечная величина, которую можно выразить в денежном исчислении. В то же время, следует понимать, что далеко не все затраты, сулящие снижение риска для жизни и здоровья, экономически возможны. Поэтому требовать снижения риска для жизни любыми средствами – значит заблуждаться, терять чувство реальности, руководствоваться эмоциями, а не логикой. Реально существует некоторый предел средств, выше которого их расходование становится нецелесообразно при определенном уровне экономического развития. Оптимальная же величина расходования средств на снижение риска для жизни и здоровья может быть определена с использованием показателя цены риска.

Таким образом, цену риска для жизни человека нельзя отождествлять с ценой жизни, это не стоимость индивидуальной жизни, а именно стоимость риска для жизни. В частности, экономическая величина риска для жизни и здоровья представляет собой либо общественное согласие платить за то, чтобы избежать этот риск, либо согласие на компенсацию за то, чтобы воспринимать (претерпевать) его добровольно. Экономическая величина риска для жизни и здоровья не является стоимостью индивидуальной жизни или ущербом, связанным со смертью конкретного человека, она является стоимостью риска, которая разделена между

всеми членами подверженного воздействию населения. Эта величина основывается на общей подверженности риску, без определения конкретных индивидуумов, на долю которых может выпасть смерть. Поэтому более корректным по отношению к «цене жизни» будет употребление термина стоимость статистической жизни.

На рис. 6.1, который иллюстрирует вышесказанное, приведена в качественном виде зависимость стоимости индивидуального риска от величины индивидуального риска.

**Цена риска** есть усредненная  $\alpha^{\text{сред}}$

$$\alpha^{\text{сред}} = \frac{\int_0^{R^{\text{max}}} \alpha(R) dR}{R^{\text{max}}}$$

или максимальная  $\alpha^{\text{max}}$  стоимость единицы риска, когда индивидуальный риск  $R$  находится в диапазоне от 0 до  $R^{\text{max}}$ .

**Цена жизни** может быть определена предельным переходом  $R \rightarrow 1$ .

Из рисунка 6.1 видно, что в этом случае  $\alpha \rightarrow \infty$ .

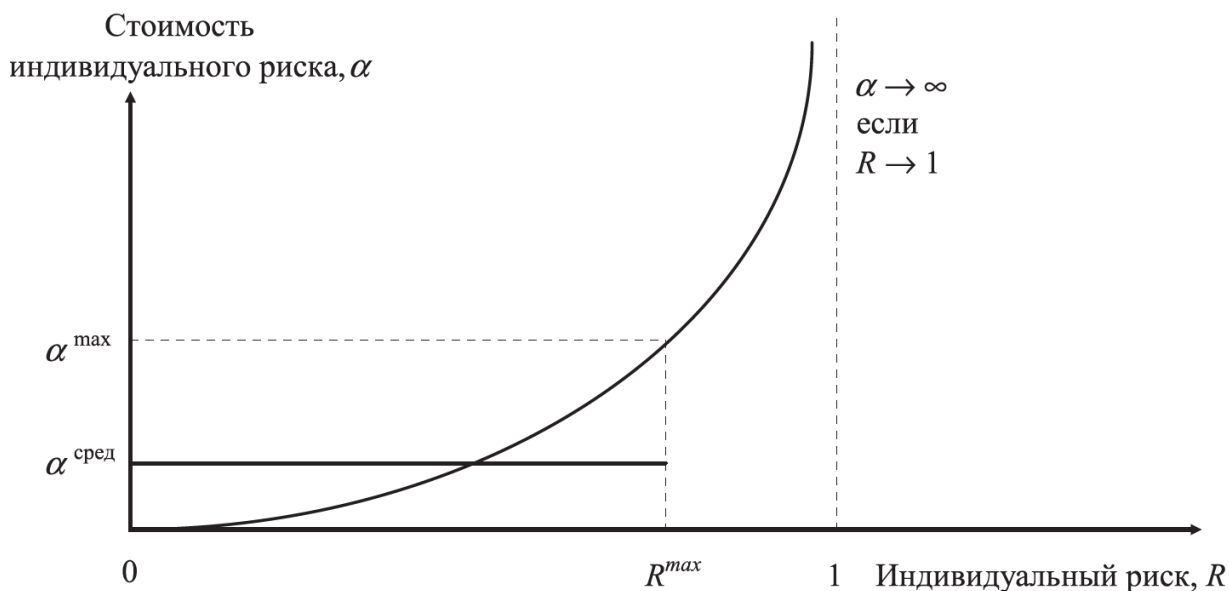


Рисунок 6.1. Графическая иллюстрация отличия цены риска от цены жизни

Как и для других рисков, стоимость, которую индивидуум приписывает риску для жизни, зависит от вероятности реализации и величины ожидаемого ущерба (последствий). Как будет продемонстрировано

далее, цена риска служит основой т.н. концепции социально-экономического ущерба от потерь жизни и здоровья у населения, подвергающегося воздействию в результате техногенных аварий или вследствие систематического загрязнения окружающей среды.

Далее кратко рассмотрим основные методы, применяемые для количественной оценки цены риска для жизни, а также некоторые количественные оценки стоимости статистической жизни, произведенные отечественными и зарубежными авторами.

Отметим, что первые практически применимые методики расчета стоимости жизни статистического человека, подвергаемого риску гибели, появились еще в 60-х годах прошлого столетия. Позднее теоретические работы (Conley, 1976; Jones-Lee, 1976), выполненные с чисто экономических позиций с анализом экономического и связанного с ним физически опасного (безопасного) поведения людей в США и Великобритании, заканчиваются выводом, что выраженная в деньгах ценность жизни статистического человека, подвергаемого риску гибели, намного превышает дисконтированную зарплату, которую человек может заработать в течение всей своей жизни. Было установлено, что среднестатистический участник дорожного движения оценивает свою жизнь примерно в 6 раз выше дисконтированной зарплаты, которую он мог заработать за всю свою жизнь (Melinek, 1974). Это стимулировало разработку научно обоснованных методов экономической оценки среднестатистической жизни человека, вытекающих из представлений общей экономической теории.

Для экономической оценки последствий чрезвычайных ситуаций для жизни и здоровья населения, в первую очередь потерь от преждевременной и дополнительной смертности, в мировой практике в настоящее время чаще всего применяют три основных методологических подхода и основанные на них методы расчетов (Быков, «О методологии...», 2007; Порфирьев, 2013). Они базируются соответственно на:

- концепции альтернатив в экономической теории;
- теории полезности или благосостояния;
- сравнительном подходе (международных сопоставлениях).

## Концепции альтернатив общей экономической теории: кривые безразличия

Ущерб от воздействия на жизнь и здоровье измеряется денежной суммой, которую общество готово заплатить, чтобы уменьшить, избежать или предотвратить воздействие. Такая экономическая оценка вытекает из представлений общей экономической теории. основополагающая идея для определения экономического значения последствий для жизни (здоровья) заключается в построении кривой безразличия «рыночные-нерыночные» блага, например: «рыночные потребительские блага – уровень безопасности (или качество окружающей среды)». На рисунке 6.2 приведены кривые безразличия «рыночные-нерыночные» блага. Если социально-экономическая система находится в точке (1) на кривой безразличия, то переход в точку (2) по этой кривой будет означать увеличение набора  $\Delta H_6$  нерыночных благ (качества окружающей среды, состояния здоровья, уровня безопасности и др.) при некотором снижении набора  $\Delta P_6$  рыночных благ. Поэтому стремлению улучшить качество окружающей среды, повысить степень безопасности или уменьшить уровень риска соответствует готовность общества пожертвовать частью потребительских рыночных благ, т.е. «готовность заплатить». На рис. 6.2 показано также, как по мере экономического развития кривые безразличия будут смещаться вверх и вправо, что соответствует общему росту наборов рыночных и нерыночных благ.

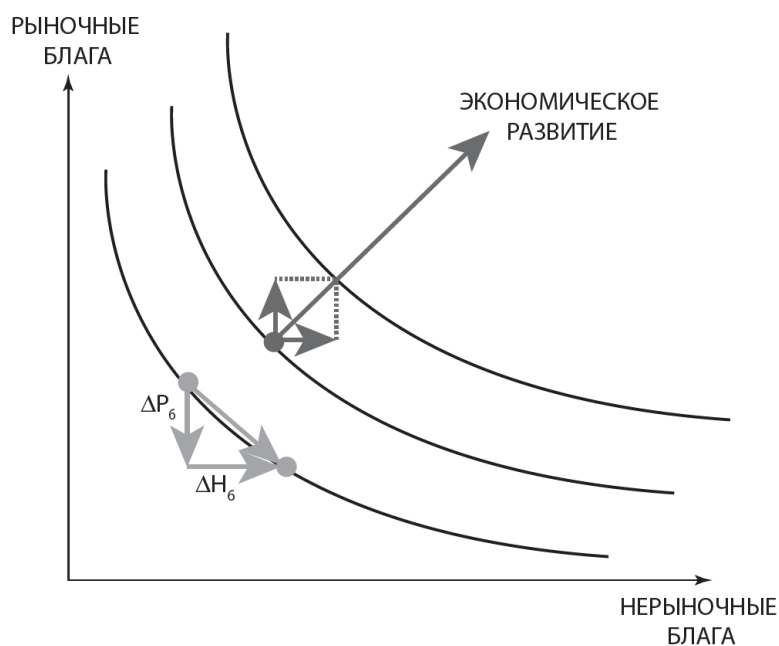


Рисунок 6.2. Экономическая теория: кривые безразличия

Таким образом, потребители (или население) имеют набор предпочтений, как к рыночным, так и к нерыночным товарам или благам (например, качеству окружающей среды или уровню безопасности и риска). Если это так, тогда, в принципе, становится возможным оценить, как индивидуумы оценивают свое здоровье, жизнь, качество окружающей среды по отношению к другим благам, т.е. посредством измерения того, каким количеством прочих благ они готовы пожертвовать, чтобы получить выгоды, например, в улучшении характеристик здоровья. Выражение этих благ в денежном исчислении является наиболее адекватным способом определения готовности людей пожертвовать альтернативными потребительскими благами, и концепция социально-экономического ущерба основывается фактически на оценке социального отношения к аварийным техногенным воздействиям и систематическому загрязнению окружающей среды и отражает неявно готовность общества платить за качество жизни, здоровья и окружающей среды.

Пояснение этому утверждению иллюстрируется с помощью схемы, изображенной на рисунке 6.3, где показано, что если, например, устанавливается плата за риск (выбросы / сбросы), связанный с загрязнением окружающей среды и воздействием на здоровье населения, то это с неизбежностью должно привести к некоторому росту цен на производимую продукцию, что фактически будет означать снижение среднего дохода населения, а это и означает неявную готовность общества платить за снижение риска, улучшение качества окружающей среды и характеристик здоровья. Другими словами, схема рисунка 6.3 есть иллюстрация того, что экономический ущерб от потерь жизни и здоровья основывается на готовности населения идти на снижение своих доходов с целью повышения качества окружающей среды, популяционного здоровья и уровня безопасности.

Использование таких представлений экономической теории и вытекающих из нее методов оценки «готовности платить» для определения социально-экономического ущерба для жизни и здоровья, в конечном итоге, приводит к смягчению неявно существующего конфликта интересов между социальной группой, принимающей на себя дополнительный риск, и группой, извлекающей для себя выгоду из производимой продукции, поскольку большие социальные группы, получающие выгоду, готовы неявно «поделиться» ее некоторой частью в пользу небольших групп, проживающих в условиях повышенного риска (Быков, Кудрявцев «Управление...», 1997; Быков, 1998).



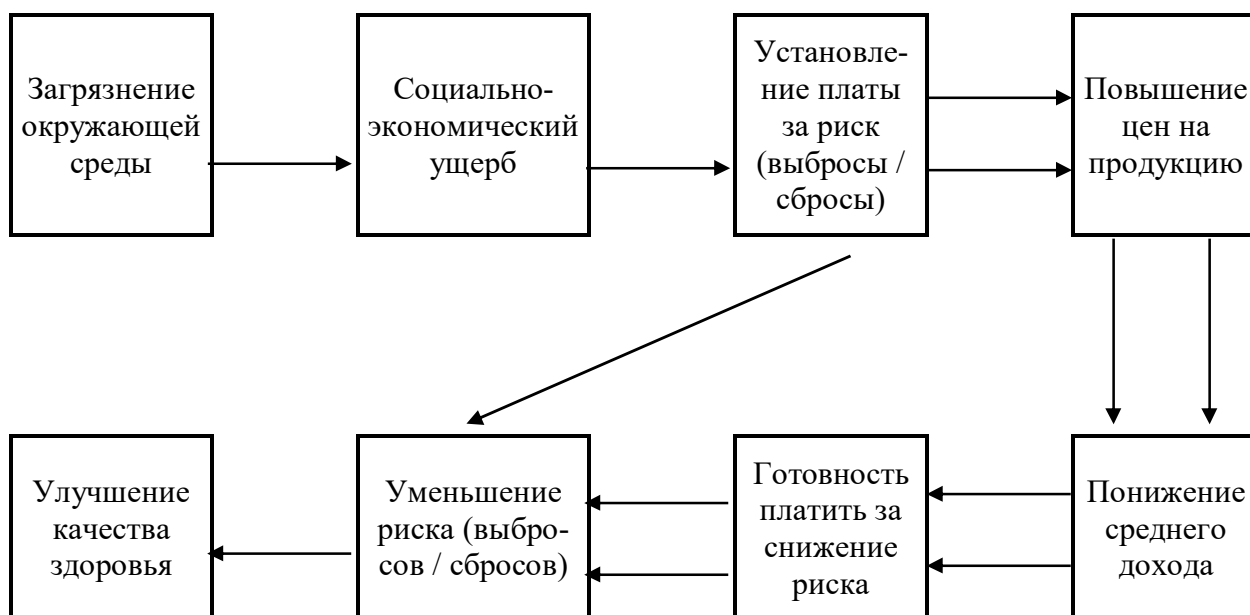


Рисунок 6.3. Схематическое пояснение готовности общества жертвовать частью своих доходов в обмен на улучшение качества здоровья и окружающей среды (Быков, 1998)

### Безопасность как экономический фактор

Этот вопрос рассмотрен в работах (Легасов, Демин, Шевелев, 1984; 2005). Воспроизведем некоторые основные моменты, касающиеся того, что такое экономический анализ, какой круг вопросов он должен и может охватить, а также обоснования безопасности как экономического фактора.

Многие, отождествляя экономику с бухгалтерией, полагают, что экономический анализ имеет цель найти резервы увеличения денежных доходов предприятия, отрасли или государства. При таком подходе к экономике из нее исключается целый ряд факторов, влияющих на жизнь людей, и в их числе безопасность. Некоторые из этих факторов присутствуют в экономическом анализе, но только в виде строгих внеэкономических ограничений, которые накладывают регулирующие и надзорные органы, стоящие над экономикой, например санитарный надзор.

Многие факторы (чистота воздуха, вкус воды, красота леса и др.) могут быть учтены в денежных балансах лишь в той своей малой части, в какой они через посредство здоровья людей отражаются в затратах на медицинское обслуживание и выплатах по больничным листам. Но самочувствие и здоровье есть самостоятельный, и, пожалуй, очень, если не самый драгоценный фактор. Люди ценят свое здоровье независимо от

того, дорого или дешево обходится государству их лечение. Исключение подобных факторов из экономики нелогично, ведь доходы предприятий и государства не самоцель, а средство улучшения жизни людей во всех ее аспектах.

Экономический анализ, понимаемый широко, – это анализ возможностей улучшения жизни людей. Поэтому экономическим следует считать любой фактор, удовлетворяющий двум условиям.

*Первое:* этот фактор должен влиять прямо или косвенно на жизнь человека.

*Второе:* человек должен иметь реальную возможность изменять влияние фактора на жизнь людей. Например, бытовой комфорт, чистота воздуха, продолжительность рабочей недели, интенсивность, опасность и другие характеристики трудовой деятельности, обеспеченность питанием – все это прямо влияет на жизнь людей. Промышленность, сельскохозяйственные угодья, полезные ископаемые – от этих факторов, в конечном счете, зависят бытовой комфорт, питание и прочее, и поэтому они косвенно влияют на условия жизни человека. Но вот сила тяжести Земли – фактор, прямо влияющий на жизнь человека, однако к числу экономических его пока что относить не стоит. У нас нет сегодня реальных средств изменить воздействие силы тяжести на многих людей. Этот фактор не удовлетворяет второму условию.

Опасность от жесткой компоненты космических лучей – внеэкономический фактор, так как средства защиты от него всего населения пока недоступны. Опасность радиоактивного облучения населения продуктами работы ядерного реактора – экономический фактор: на жизнь людей влияет, средства защиты известны и практически доступны.

К экономическим факторам относятся также и другие техногенные опасности.

Таким образом, безопасность является экономическим фактором. Но только в той своей части, которой человек в состоянии управлять.

Как включить безопасность в экономический анализ? Каким должен быть критерий оптимальности мероприятия в обобщенном экономическом анализе?

Таким критерием не может быть доход от этого мероприятия, если при расчете использовать только реальные денежные поступления и расходы. Им не может быть и требование максимума безопасности или, другими словами, продолжительности жизни.

В комплексе жизненных благ, ценимых человеком, безопасность занимает видное, но не самодавяющее место. Она, конечно, исключительно весомое благо. Но ее вес в жизни человека соизмерим с весами материальных и духовных благ, не удлиняющих жизнь, а повышающих качество жизни.

Поэтому критерий оптимизации мероприятия должен включать оба показателя: безопасность и качество жизни. Обобщенный показатель, включающий безопасность и качество жизни, используют социологи. Это так называемый уровень жизни (Пресса, 1966; Ковалев и др.; 1981).

Таким образом, принцип оптимизации мероприятия в обобщенном экономическом анализе должен основываться на *критерии максимума уровня жизни* (рис. 6.4). Однако чтобы сделать этот принцип инструментом практической деятельности, нужно уметь уравнивать качество и безопасность жизни, т.е. уметь строить линии постоянного уровня жизни, изображенные на рисунке 6.4.

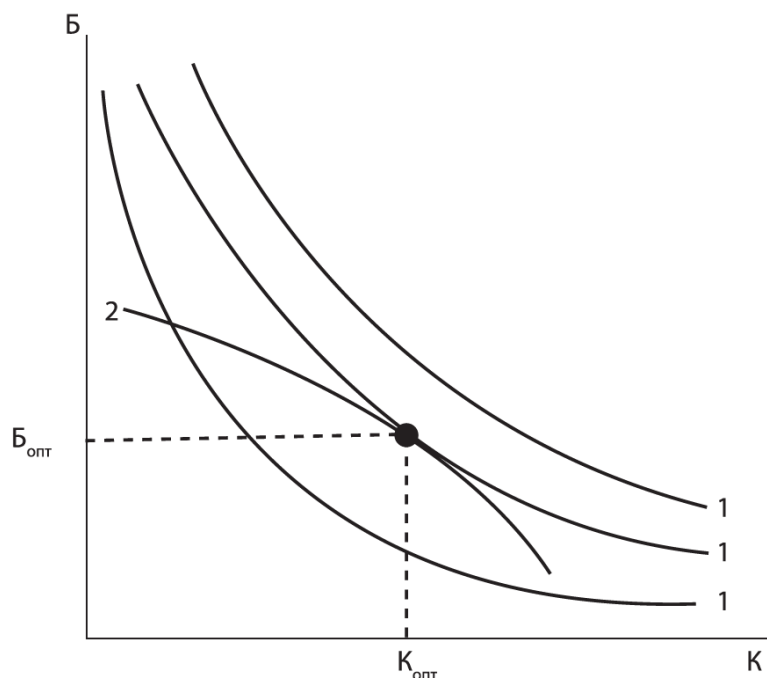


Рисунок 6.4. Линии постоянного уровня жизни (1) и экономических возможностей (2) на плоскости безопасность (Б) – качество жизни (К)

*Примечание.* Уровень жизни включает в себя безопасность и качество жизни. Точка касания линий постоянного уровня жизни и экономических возможностей соответствует оптимальной безопасности  $B_{\text{опт}}$ .

Безопасность – качественное понятие, характеризующее степень защищенности человека на производстве или вне его от некоторого опасного фактора (аварии, аварийное или постоянно действующее

загрязнение окружающей среды, рабочих помещений и т.п.). Величиной, ее характеризующей, согласно (Легасов, Демин, Шевелев, 1984; 2005) может выступать демографический показатель – ожидаемая продолжительность предстоящей жизни или обратная ей величина, в определенном смысле определяющая риск. Переходя к количественным соотношениям, следует говорить об уравнивании качества жизни и риска, что, безусловно, отражает мнение большинства людей. В повседневной практике люди допускают некоторое увеличение риска в обмен на качество жизни. Такой обмен совершается, например, когда человек пользуется современным транспортом, устраивается на работу с вредными условиями труда, переезжает на новое место работы или жизни с менее благоприятными условиями для здоровья. При этом человек получает те или иные удобства, льготы, блага, в частности в виде добавки к зарплате.

Отметим, что авторы работ (Легасов, Демин, Шевелев, 1984; 2005), говоря об уравнивании безопасности и качества жизни, по сути, в несколько иных экономических категориях выразили основную идею сопоставления рыночных и нерыночных благ экономической теории, а именно: если качество жизни соотнести с рыночными благами, а безопасность – с нерыночными благами, тогда линии постоянного уровня жизни (рисунок 6.4) соответствуют кривым безразличия (рисунок 6.2).

Таким образом, вывод, вытекающий из концепции альтернатив общей экономической теории свидетельствует о том, что, методы «готовности платить» (*willingness to pay*) являются основными при оценке цены риска для жизни и здоровья или определении цены риска – стоимости статистической жизни.

Существует несколько способов определения готовности платить, основанных на специальных социологических опросах или анкетировании.

## 6.2. Социально-экономические исследования и исследования рынка труда

### Социально-экономические исследования

Социологические опросы используются для установления явных и скрытых предпочтений индивидов в отношении вариантов действий (альтернатив поведения), позволяющих либо снизить риск для жизни до минимума, либо принять дополнительный риск, который тем не менее полагается приемлемым, но в обмен на дополнительные блага. Центральным пунктом опроса выступают некоторая задаваемая мера гипотетического, но конкретного улучшения здоровья и варианты затрат, которые респонденты готовы понести для достижения этого улучшения. Предполагая, что индивиды используют обмен рыночными и нерыночными благами, указанная готовность платить рассматривается как готовность к обмену денежных средств (рыночное благо) на медицинские и иные услуги (которые могут иметь как рыночную, так и нерыночную форму), обеспечивающие улучшение здоровья и качества жизни (нерыночное благо). Другими словами, социологические опросы, лежащие в основе **социально-экономического исследования** должны позволять определить и соизмерить различные предпочтения и альтернативные варианты поведения индивидов и их групп в ситуации, связанной с риском для жизни. Для такого исследования, сфокусированного на гипотетическом улучшении здоровья, экономическая мера задается суммой индивидуальных готовностей платить за конкретное специфическое улучшение. В предположении, что индивидуумы используют рыночные и нерыночные блага, готовность платить будет достаточно корректной оценкой субъективного желания или готовности к обмену благами.

Однако организация и проведение подобных опросов и обработка их результатов представляют собой непростую и, как правило, дорогостоящую процедуру.

Поэтому в оценке цены риска для здоровья и жизни часто используются приближенные методы, среди которых наиболее адекватным философии «готовности платить» следует признать методы, основанные на исследованиях рынка труда (Krupnick, 1994).

## Исследования рынка труда

Этот метод хотя и считается приближенным, однако более прост по сравнению с социально-экономическими исследованиями готовности платить, и при определенной корректировке получаемых на его основе оценок цены риска последние очень близки к количественным значениям, получаемым в социально-экономических исследованиях.

В исследованиях рынка труда статистически устанавливается различие в тарифах заработной платы (рисунок 6.5) в зависимости от степени опасности (вредности) производства или иной хозяйственной деятельности в промышленном или коммерческом секторах при теоретическом предположении, что в конкурентном рынке труда рабочие, занятые в производстве с повышенным риском  $+\Delta R$ , должны получать надбавку (компенсацию)  $+\Delta B$  за риск, равную той величине дохода  $-\Delta B$ , от которой они могли бы отказаться за снижение уровня риска  $-\Delta R$ , хотя, как проиллюстрировано на рисунке 6.5, это предположение в общем случае не вполне корректно, поскольку соотношение  $\Delta B/\Delta R$ , взятое со знаком плюс, будет отражать готовность принять дополнительную единицу риска для жизни за дополнительное вознаграждение. Соотношение тех же параметров, но со знаком минус ( $-\Delta B/-\Delta R$ ), отражает готовность понести дополнительные издержки (по сути, оплатить), чтобы избежать дополнительной единицы риска для жизни. Таким образом, хотя такая гипотеза далеко не всегда верна, во многих исследованиях рынка труда считается, что величина компенсации равна величине той части дохода, отказ от получения которой позволил бы снизить указанный риск до некоторого приемлемого уровня.

Поскольку с точки зрения восприятия риска (большей или меньшей антипатии) исследуемая когорта работающих не является адекватной популяцией всего населения, которое подвергается воздействию, необходима корректировка полученной оценки  $\alpha_c$  с учетом:

1) возрастных особенностей отношения населения к риску (например, люди старшего возраста испытывают большую антипатию к риску; рабочие в исследованиях «заработанная плата – риск» моложе и в основном менее антипатичны к риску, чем популяция в среднем; люди старшего возраста имеют меньшую готовность платить, так как меньше теряют лет жизни – но поведение людей антипатичных к риску предполагает обратное);

- 2) влияния уровня дохода на готовность платить;
- 3) того, что население в целом более антипатично к риску;
- 4) того факта, что риски, связанные с работой, принимаются добровольно, в то время как риск, связанный с загрязнением окружающей среды, является вынужденным, то есть деятельность с риском привлекает «толерантных к риску» людей; надбавки к зарплате за риск устанавливаются на таком низком уровне, чтобы привлечь достаточное количество работников.

Оцененную с помощью такого рода исследований величину  $\alpha$  будем обозначать  $\alpha_c$

$$\alpha_c \approx \frac{+\Delta B}{+\Delta R}$$

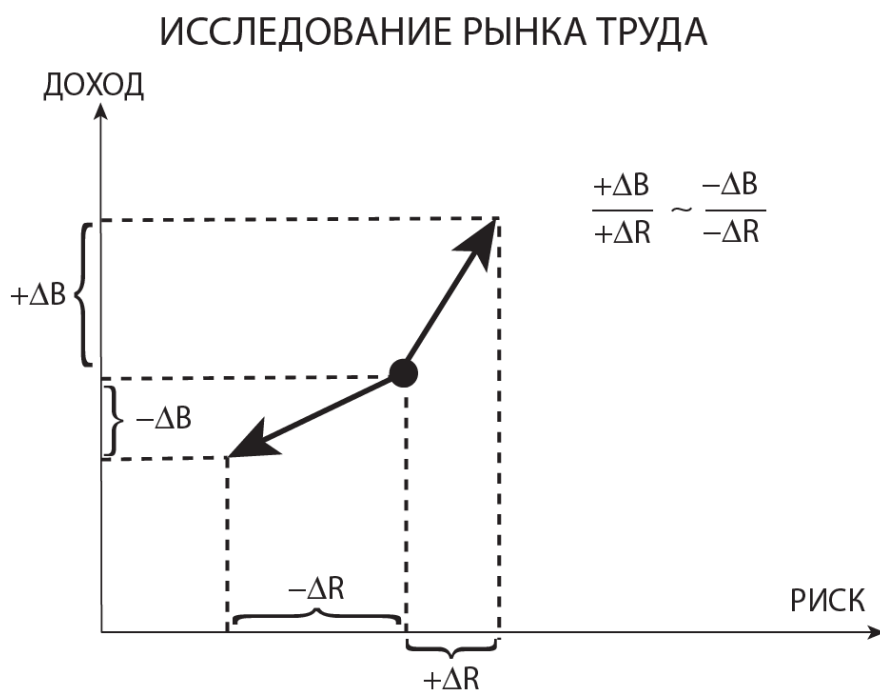


Рисунок 6.5. Схема оценки цены риска для жизни на основе исследований рынка труда

## Выборочные результаты социально-экономических исследований и исследований рынка труда

В исследовании по США, выполненном в середине 1990-х годов, точечная средняя оценка в **4,8 млн долл. США** (с вариацией в диапазоне от 0,6 млн до 13,5 млн долл.) была получена на основе обзорного анализа более 25 исследований, где в пяти работах проводились социально-экономические исследования контингентов людей, в которых напрямую

производились опросы желания субъектов платить, остальные исследования – исследования типа «заработная плата – риск», в которых оценки готовности платить основываются на исследованиях рынка труда – измерении дополнительных компенсаций, предлагаемых на рынке труда за работу, связанную с риском (См. (Krupnick, 1994) и приводимые там ссылки).

Для экономически благополучных стран наиболее разумные оценки стоимости статистической жизни  $\alpha \cong \alpha_c$ , получаемые на основе социально-экономических исследований или исследований рынка труда, находятся в диапазоне от **3 млн до 7 млн долл. США**.

Результаты других исследований стоимости статистической жизни для экономически благополучных стран проанализированы в работах (Быков, Кудрявцев «Экономические...», 1997; Афанасьев, 1998; 1999; Ottinger, Wooley, Robinson et. al, 1990; Viscusi, 1991; Vrijling, Hengel, Houben, 1995; Гофман, Рюмина, 1994; Кархов, Максименко, 1993; Cannon, 1990). **Оценки стоимости статистической жизни, по данным этих исследований**, находятся в диапазоне: 0,9–16,2 млн долл. со средним значением **5,4 млн долл. США**. Причем среднее значение, полученное по результатам опросных методов оценки, составляет  $\alpha_c = 5,7$  млн долл. (диапазон изменений от 2,7 млн до 9,7 млн долл.), а среднее значение, полученное по результатам остальных методов оценки  $\alpha = 5,3$  млн долл. (диапазон изменений – от 0,9 млн до 16,2 млн долл.).

Более поздние исследования по США (Порфирьев, 2013; Robinson, 2007; 2008) включали капитальные обзоры 1974–2002 гг., охватывавшие десятки оценок величины стоимости статистической жизни на основе социально-экономических и исследований рынка труда. Согласно полученным оценкам, величина  $\alpha$  находится в диапазоне от 5 млн до 8 млн долл. США (в ценах 2008 г.).

Две наиболее поздние по времени публикации охватывали государства – члены ОЭСР, а также многие развивающиеся страны и страны с переходной экономикой, включая страны БРИК (без России). Они опирались на существенно более обширную эмпирическую и статистическую базу: 1095 оценок, опубликованных в 92 исследованиях, и 856 оценок с использованием метода опросов, опубликованных в 76 работах. Были получены очень широкие диапазоны величины  $\alpha$ : от 4 тыс. до 22,1 млн долл. США и от 20 тыс. до 197 млн долл. США соответственно. Однако



медианные значения были ближе к приведенным выше оценкам и составили, округленно, **1,4 млн и 3 млн долл. США** соответственно (Порфирьев, 2013; OECD, 2010; 2012).

Диапазон значений  $\alpha$ , оцененных в разных работах, очень широк, и следует отметить, что это отчасти связано с рядом методических проблем. Так, например, заниженные оценки, полученные методом анализа компенсации риска заработной платой, могут быть связаны с тем, что более рискованную профессию выбирают люди, имеющие пониженную чувствительность к опасности (толерантные к риску). Соответственно, такие люди удовлетворяются меньшими добавками к заработной плате по сравнению со среднестатистическим человеком из когорты всего населения, что и приводит к заниженным результатам цены риска. С другой стороны, можно выделять и причины, приводящие к превышению среднего уровня оплаты труда. Как правило, компании, занимающие ведущие позиции на рынке, обеспечивают более высокую оплату труда даже для менее рискованных профессий, что может приводить к завышению значения  $\alpha$ .

### **Определение цены риска на основе международных сравнений**

В 2005 году рабочей группой Проблемной Комиссии по оценке риска при Межведомственном научном совете Российской академии медицинских наук, Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды был разработан проект «Методических рекомендаций по экономической оценке показателей ущерба здоровью населения, обусловленного воздействием факторов среды обитания человека», в которых рекомендованы значения т.н. «удельных (базовых) величин экономического ущерба» от воздействия на здоровье населения разных факторов среды обитания человека, в том числе при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера (Абалкина, Демин, Иванов и др., 2005).

В основе методологии авторов лежит идея распространения опыта США и ЕС на те страны, где на национальном уровне не установлены значения «удельных (базовых) величин экономического ущерба». К ним относится и Россия. Предлагается выбирать эти значения, используя рекомендации ЕС с поправочным множителем, равным отношению значений ВВП на душу населения. Другими словами, предлагается умножать

базовое значение, используемое, например, в ЕС или США, на коэффициент, являющийся отношением

ВВП (данная страна) / ВВП (ЕС или США).

Представляется разумным, по мнению авторов, использовать такой подход и для России, по крайней мере для тех эффектов воздействия на здоровье человека, для которых трудно сделать экономическую оценку на основе имеющихся к настоящему времени данных.

*Для справки.* Валовой национальный продукт (англ. Gross National Product), общепринятое сокращение – ВВП (англ. GNP), – это стоимость всех товаров и услуг, произведённых резидентами государства как на её территории, так и за её пределами. В расчёт ВВП включаются только произведённые за отчётный период товары. Вторичный рынок товаров (как например, продажа подержанных машин) в расчёт ВВП не включается. До 90-х годов XX века ВВП считался основным макроэкономическим показателем государства. Однако было признано, что показателем, более точно отражающим состояние экономики страны, является динамика Валового внутреннего продукта (ВВП). С 1991 года ВВП стал основным индикатором для совместимости с Системой Национальных Счетов Организации Объединённых Наций.

В США и ЕС в анализе риска используются следующие значения для стоимости среднестатистической жизни: 4,8 млн долл. (рекомендация Агентства по защите окружающей среды (EPA) США) и 3,1 млн евро (общеевропейский проект ExternE) (Externalities, 1994–1998). Рекомендуемое авторами вышеназванных методических рекомендаций (Абалкина, Демин, Иванов и др., 2005) для России значение «базовой величины экономического ущерба» в случае смерти в результате аварии или несчастного случая составляет 11 млн рублей. Отметим, что из проекта документа неясно, как получены оценки, поскольку не приводятся использованные в расчетах значения ВВП или ВВП на душу населения – европейское, американское и российское.

Кроме того, методологическая ошибка авторов заключается в том, что при подобных международных сравнениях следует использовать ВВП на душу населения, пересчитанный *по паритету покупательной способности (ППС)*. В экономической теории паритетом покупательной способности называется формулировка закона единой цены для международных рынков: покупательная способность некоторой суммы на одном рынке должна быть равна покупательной способности этой же

суммы на рынке другой страны, если перевести данную сумму по текущему обменному курсу в иностранную валюту. Под паритетом покупательной способности может подразумеваться также фиктивный обменный курс двух или нескольких валют, рассчитанный на основе их покупательной способности применительно к определенным наборам товаров и услуг.

Различные международные и национальные организации (Всемирный банк – ВБ, Международный валютный фонд – МВФ, ОЭСР, ЦРУ, Евростат, Пенсильванский университет) публикуют экономические показатели для разных стран в единой валюте (чаще всего в долларах США), используя обменные курсы, рассчитанные на основе паритета покупательной способности. В таблице 6.1 представлена выборка стран в ранжированном порядке по ВВП на душу населения, пересчитанному по паритету покупательной способности. Эти данные в основном относятся к 2021, 2020 и 2019 годам<sup>1</sup>.

Как видно из таблицы 6.1, максимальный ВВП<sub>ППС</sub> в 2021 году, по данным МВФ, у Люксембурга – 126,569 тыс. долл. США; в 2020 году, по данным Всемирного банка и ОЭСР, также у Люксембурга – 118,360 и 118,582 тыс. долл. США соответственно. Для Европейского союза в целом в 2020 году, по данным Всемирного банка, ВВП<sub>ППС</sub> составляет 44,491 тыс. долл. США, среднее по миру значение – 17,109 тыс. долл. США. Для США в 2021 году – 69,375 тыс. долл. США (МВФ), в 2020 году 63,544 тыс. долл. США (ВБ).

Россия по данным МВФ в 2021 году занимает 51 место – 30,431 тыс. долл. США, соседствуя с Панамой и Малайзией, уступая при этом бывшим прибалтийским республикам, но опережая все остальные бывшие советские республики. По данным Всемирного банка, в 2020 году Россия занимала 47 место – 29,189 тыс. долл. США, располагаясь между Грецией и Турцией.

Отметим, что относительное отставание России от лидирующих в этом списке стран постепенно сокращается. Еще в 2005 году Россия занимала 62 место в этом списке, по данным Всемирного банка. ВВП<sub>ППС</sub> на душу населения в России в 2005 году составлял чуть более 11 тыс. долл., что было почти в 4 раза меньше, чем у США, и более чем в 6 раз меньше, чем у Люксембурга. Сейчас ВВП<sub>ППС</sub> России в 2,3 раза меньше, чем у США, и примерно в 4 раза меньше, чем у Люксембурга.

---

<sup>1</sup> См.: ВВП на душу населения <http://ru.wikipedia.org/wiki>.

Таблица 6.1. ВВП на душу населения для некоторых стран, рассчитанный по паритету покупательной способности, долл. США

Список МВФ*				Список ВБ**				Список ОЭСР***			
№	Страна	2020	2021	№	Страна	2019	2020	№	Страна	2019	2020
1	Люксембург	117984	126569	1	Люксембург	120962	118360	1	Люксембург	120670	118582
2	Ирландия	95994	111360	2	Сингапур	102573	98526	2	Сингапур	101280	...
3	Сингапур	98512	107677	3	Ирландия	89431	93612	3	Ирландия	89681	95513
4	Катар	96607	100037	4	Катар	93852	89949	4	Швейцария	73114	71705
5	Швейцария	73246	78112	5	Швейцария	73114	71352	5	Норвегия	68344	63293
6	ОАЭ	71139	74245	6	ОАЭ	69958	...	6	США	65240	63285
7	Норвегия	65841	69859	7	Бруней	64724	65662	7	Дания	59870	60566
8	США	63358	69375	8	США	65280	63544	10	Нидерланды	59675	59335
11	Дания	59136	63405	9	Норвегия	68345	63198	11	Австрия	58665	55340
12	Нидерланды	57665	61816	11	Дания	60335	60398	12	Исландия	60076	55213
13	Австрия	55453	59406	12	Нидерланды	59469	59229	13	Швеция	55338	54914
14	Исландия	56066	59268	13	Исландия	60082	55216	14	Германия	56285	54315
15	Германия	54551	58150	14	Австрия	58650	55097	15	Бельгия	54709	52063
16	Швеция	54480	57425	15	Швеция	55069	54563	16	Австралия	53079	51743
17	Бельгия	51180	55919	16	Германия	55891	53694	17	Финляндия	51557	50811
21	Канада	48759	53089	18	Бельгия	54709	51968	18	Канада	50661	48091
22	Финляндия	49806	53084	20	Финляндия	51557	51090	19	Франция	49345	46422
23	Франция	46325	50876	21	Канада	50661	48073	21	Великобритания	48542	44929
25	Великобритания	44154	48693	22	Еврозона	49284	46759	23	Республика Корея	42728	43058
26	Р. Корея	44750	48309	23	Франция	49377	46227				
29	Италия	41268	45267	24	Великобр	48513	44916	27	Италия	44951	41964
31	Япония	42212	44935		ОЭСР	46269	44650	28	Япония	42939	...
35	Кипр	40007	42832		Европейский союз	46497	44491	29	Словения	41181	40073
36	Литва	38817	42091					30	Литва	38765	38734
37	Испания	38443	42074	27	Республика Корея	42728	43124	31	Кипр	41515	38603
38	Эстония	37277	41892					32	Испания	42211	38341
39	Польша	34165	37323	29	Япония	42197	...	33	Эстония	38355	37985
43	Багамские Острова	33233	34732	31	Италия	44851	41840	34	Португалия	36945	34119

Продолжение таблицы 6.1

Список МВФ*				Список ВБ**				Список ОЭСР***			
№	Страна	2020	2021	№	Страна	2019	2020	№	Страна	2019	2020
44	Латвия	31485	34169	33	Словения	41194	39593	36	Венгрия	33957	33083
45	Турция	30449	33963	34	Литва	38765	38735	37	Латвия	32013	32028
50	Панама	26999	30889	35	Кипр	41515	38458	38	Румыния	32293	31875
51	Россия	28053	30431	36	Эстония	38819	38395	42	Турция	27600	28435
52	Малайзия	27436	29048	37	Испания	42186	38335	42	Россия	29189	28220
53	Сейшельские Острова	25555	28060	41	Багамские Острова	38669	32454	44	Чили	25857	24648
54	Казахстан	26551	28043	42	Латвия	32003	32019	51	Бразилия	...	...
55	Чили	23363	26513	43	Румыния	32300	31946	52	Китай	...	...
64	Коста-Рика	20269	21592	46	Греция	30869	28464	53	ЮАР	13286	12355
65	Белоруссия	20170	21467	47	Россия	29189	28213				
66	Черногория	19305	21387	48	Турция	29564	27887				
69	Мексика	19089	20820	50	Панама	32761	26776				
70	Китай	17104	19090	51	Казахстан	27466	26729				
71	Таиланд	18231	19028	52	Сейшельские Острова	28685	25700				
76	Суринам	16292	16793								
77	Грузия	14849	16590	65	Маврикий	23837	20539				
78	Габон	15951	16559	66	Белоруссия	20099	20200				
83	Албания	14172	15487	67	Гайана	13635	19706				
84	Туркмения	14312	15347	73	Доминиканская Респ.	19192	17937				
85	Азербайджан	14515	15299								
86	Армения	13329	14701	74	Китай	16773	17312				
87	Молдавия	12935	14258	75	Суринам	19842	17016				
88	ЮАР	13289	14239	79	Гренада	17771	15893				
89	Барбадос	13324	14224	80	Туркмения	16196					
90	Украина	13129	14146	81	Босния и Герцеговина	15847	15612				
91	Шри-Ланка	13223	14123								
92	Иран	13314	13993	82	Габон	15582	15191				
120	Гватемала	8303	8895	83	Грузия	15623	1486				

Окончание таблицы 6.1

Список МВФ*				Список ВБ**				Список ОЭСР***			
№	Страна	2020	2021	№	Страна	2019	2020	№	Страна	2019	2020
121	Узбекистан	7809	8452	84	Бразилия	15388	14836				
122	Лаос	8099	8444	85	Колумбия	15621	14565				
140	Нигерия	5186	5377	86	Азербайджан	15050	14452				
141	Тувалу	4999	5289	87	Албания	14231	13818				
142	Киргизия	5007	5187	89	Барбадос	16300	13577				
143	Венесуэла	5177	5163	90	Армения	14231	13284				
149	Судан	4096	4173	91	Науру	14099					
150	Папуа – Новая Гвинея	3831	3936	93	Иран	12913	13116				
				94	Украина	13350	13057				
151	Таджикистан	3675	3923	95	Парагвай	13149	13013				
152	Маршалловы Острова	3830	3877	96	Молдавия	13573	13002				
				97	Сент-Люсия	16102	12944				
153	Камерун	3687	3860	123	Лаос	8220	8234				
188	Сомали	932	953	124	Узбекистан	7311	7378				
189	Южный Судан	791	839	125	Марокко	7856	7296				
190	Бурунди	762	779	140	Бангладеш	4955	5083				
				141	Киргизия	5481	4965				
				142	Пакистан	4889	4877				
				151	Непал	4120	4009				
				152	Таджикистан	3733	3858				
				153	Камерун	3796	3773				
				187	Сомали	903	875				
				188	Бурунди	783	771				

Примечание:  
 \*GDP based on purchasing-power-parity (PPP) per capita (англ.). МВФ (12.10.2021). Дата обращения: 12 октября 2021 г.  
 \*\*GDP based on purchasing-power-parity (PPP) per capita (англ.). Всемирный банк (30.07.2021). Дата обращения: 27 августа 2021 г.  
 \*\*\*GDP based on purchasing-power-parity (PPP) per capita (англ.). ОЭСР (4.10.2021). Дата обращения: 4 октября 2021 г.

Таким образом, если взять за основу рекомендованное Агентством по защите окружающей среды США значение для стоимости статистической жизни: 4,8 млн долл. США и скорректировать его для России по формуле:

$$\alpha_{\text{Россия}} = \alpha_{\text{США}} \times \left( \text{ВВП}_{\text{ППС, Россия}} / \text{ВВП}_{\text{ППС, США}} \right),$$

тогда получим:

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{Россия}} &= 4,8 \text{ млн долл.} \times (30,431 / 69,375) = \\ &= \mathbf{2,11 \text{ млн долл.} \sim 149,5 \text{ млн руб.}^2.} \end{aligned}$$

Если же за основу взять среднюю оценку, полученную по зарубежным данным:

$\alpha = 5,4$  млн долл., тогда получим:

$$\alpha_{\text{Россия}} = 5,4 \text{ млн долл.} \times (30,431 / 69,375) = \mathbf{2,39 \text{ млн долл.} \sim 168,2 \text{ млн руб.}}$$

Отметим, что аналогичные оценки, выполненные в 2005 году (Быков «О методологии...», 2007), составляли:

$$\alpha_{\text{Россия}} = 4,8 \text{ млн долл.} \times (11,041 / 41,399) = \mathbf{1,28 \text{ млн долл.} \sim 36,8 \text{ млн руб.}^3,}$$

$$\alpha_{\text{Россия}} = 5,4 \text{ млн долл.} \times (11,041 / 41,399) = \mathbf{1,44 \text{ млн долл.} \sim 41,4 \text{ млн руб.}}$$

Последние оценки были положены в основу рекомендуемого Российским научным обществом анализа риска (Декларация, 2007) диапазона значений стоимости статистической жизни человека – 30–40 млн руб., который соответствует подходу, основанному на корректировке по ВВП<sub>ППС</sub> рекомендаций Американского агентства по защите окружающей среды или усредненных зарубежных данных. Значения стоимости статистической жизни из указанного диапазона (30–40 млн руб.) было рекомендовано использовать **при проведении оптимизационного экономического анализа** мероприятий, направленных на снижение риска и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. В то же время этим диапазоном значений не рекомендовалось пользоваться при определении размера возможных

---

<sup>2</sup> При курсе ЦБ РФ рубля к доллару США на 22.10.2021 70,99 рублей за доллар США.

<sup>3</sup> Официальный курс рубля к доллару США на конец периода (2005 год) 28,78 рублей за доллар США [Источник: Федеральная служба государственной статистики, Банк России.]

компенсаций семьям погибших при ЧС определенного характера (Акимов, Быков, «К вопросу...», 2005; Быков, «О необходимости...», 2012).

### **О «компенсационной» и «оптимизационной» цене риска**

За время, прошедшее с момента выхода Декларации (Декларация, 2007), в монографии (Быков, «Цена риска...», 2014) значительно продвинуто научное обоснование необходимости различения, как минимум, двух разновидностей показателя цены риска – стоимости статистической жизни человека. Критерием здесь выступает целеполагание. А именно, один из показателей следует использовать в целях установления уровня компенсационных выплат родственникам погибших, например при чрезвычайных ситуациях, другой – при проведении оптимизационного экономического анализа мер и мероприятий, направленных на повышение уровня безопасности и снижения риска того или иного вида деятельности или риска чрезвычайных ситуаций. Чтобы различать эти показатели, в монографии (Быков, «Цена риска...», 2014) они называются «компенсационная стоимость» и «оптимизационная стоимость» соответственно. При этом оптимизационная стоимость, как правило, в несколько раз (около 10) больше компенсационной. Причин здесь несколько.

Первой из них служит временной фактор. Когда говорят о компенсационных выплатах, то имеют дело уже со свершившимся к настоящему моменту времени фактом наступления смерти. При проведении оптимизационного анализа количественно оценивают предотвращенный ущерб, который выражается снижением возможности наступления опасных для жизни человека событий или смягчением их последствий, что в конечном итоге свидетельствует о вложении средств в спасение жизни людей, в предотвращение смертных случаев в будущем. То есть положительный эффект здесь может быть существенно отдален во времени. А если это так, то следует учитывать изменение ценности денег во времени, то есть применять процедуру дисконтирования – приведение к единому времени разновременных доходов и затрат. Дисконтирование оптимизационной стоимости к нулевому моменту времени в количественном отношении делает ее эквивалентной компенсационной стоимости.

Вторая причина носит практический, можно сказать – «прагматический» характер. Дело в том, что если бы экономическая оптимизация необходимых или дополнительных мер безопасности, мероприятий, направленных на снижение риска, производилась с использованием



в расчетах компенсационной стоимости, то в подавляющем большинстве случаев следовал бы вывод об экономической нецелесообразности их применения. Вот почему в стихийно сложившейся практике в экономически развитых странах при проведении оптимизации мер безопасности применяется количественное значение стоимости жизни среднестатистического человека, в несколько раз превышающее средний размер компенсационных выплат родственникам погибших, осуществляемый в судебном или внесудебном порядке. Например, указанная в предыдущих подразделах нормативная величина оптимизационной стоимости, рекомендуемая Американским агентством по защите окружающей среды, составляет 4,8 млн долл., оптимизационная стоимость среднестатистической жизни, применяемая в различных отраслях американской экономики, имеет очень широкий диапазон и достигает в ряде отраслей 20 млн долл., а средний уровень компенсационных выплат, как правило, находится в диапазоне от 500 тысяч до 1 млн долл., хотя в отдельных, исключительных случаях этот уровень был выше. Например, родственники погибших от теракта 11 сентября 2001 г. в США получили в среднем около 1,5 млн долл. Достаточно крупные суммы из расчета на одного погибшего (1,85 млн долл. США) были выплачены семьям погибших при гибели самолета а/к Pan American над Локерби в 1988 г. В отдельных случаях выплаты достигали 10 млн долл. на семью. В сопоставимых ценах семьи погибших от терактов в России, в Москве (в жилых домах в 1999 г., на Пушкинской площади в 2000 г. и в театре на Дубровке в 2002 г.) получили всего от 1 тыс. до 3 тыс. долл.

В нашей стране 1 января 2012 г. вступил в силу Федеральный закон Российской Федерации от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте». В статье 8 данного закона установлен размер страховой выплаты, а именно: «В случае причинения вреда жизни или здоровью потерпевшего размер страховой выплаты составляет:

- 1) два миллиона рублей – лицам, имеющим право в соответствии с гражданским законодательством на возмещение вреда в случае смерти каждого потерпевшего (кормильца);
- 2) сумму, необходимую для возмещения расходов на погребение, – лицам, понесшим эти расходы, но не более 25 тысяч рублей;

3) сумму, определяемую исходя из характера и степени повреждения здоровья по нормативам, устанавливаемым Правительством Российской Федерации, – потерпевшим, здоровью которых причинен вред, но не более двух миллионов рублей.».

Таким образом, размер страховых компенсационных выплат в соответствии с ФЗ № 225 составляет 2,025 млн руб. на одного погибшего при возникновении аварии на опасном объекте. На таком же уровне были осуществлены выплаты пособий семьям погибших в авиакатастрофах 2010–2011 гг., при наводнении в Краснодарском крае 2012 г.

Следует подчеркнуть сокращающийся, но все еще сохраняющийся разрыв в размерах выплат пособий семьям погибших при авариях и чрезвычайных ситуациях в России и других экономически развитых странах, который нужно сокращать. Может возникнуть обоснованный вопрос о реальности увеличения в обозримом будущем размера пособия родственникам погибших при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера и достижения, например рекомендованного Российским научным обществом анализа риска в качестве ориентира диапазона 7–10 млн руб.

По мнению акад. РАН Б.Н. Порфирьева (Порфирьев, 2013), такое увеличение вполне возможно. Один из его аргументов в пользу этого связан с характерной для последнего десятилетия тенденцией к значительному росту размера такого рода пособий. В частности, пособия, назначенные семьям жертв наводнения в Геленджике, Крымске и Новороссийске в 2012 г., в 78 раз превысили пособия семьям погибших от урагана в Москве в 2001 г.; размеры выплаты таких пособий семьям погибших при катастрофах самолета ТУ-154 в 2010 г. в Сургуте и в 2001 г. под Иркутском различались в 11 и более раз. Другой довод – необходимость развивать страхование жизни, масштабы и глубина проникновения которого в России значительно отстают не только от развитых стран, но и от ряда стран с переходной экономикой. В целом конкретные суммы выплат по программам страхования жизни семьям умерших (погибших) российскими страховыми компаниями пока во много раз меньше, чем в США, и измеряются несколькими десятками тысяч долларов, а, например, американские солдаты, воевавшие в Ираке, были застрахованы на 250 тыс. долл. каждый. Данный разрыв также нужно преодолеть в сжатые сроки, чтобы лучше сберечь человеческие жизни и материальные ценности, не проиграть конкурентам страховой рынок и снизить нагрузку на

консолидированный бюджет России. Это позволит, помимо прочего, расширить возможности государства по увеличению размеров пособий семьям погибших при чрезвычайных ситуациях в случаях, когда механизм страхования бессилён.

Говоря о различиях показателей оптимизационной и компенсационной стоимости, в работе (Быков, «Цена риска...», 2014) указывается и на разные теоретические подходы и методы, используемые для обоснования и установления количественных значений этих показателей. Они базируются, соответственно, на концепции альтернатив в экономической теории, теории полезности или благосостояния, сравнительном подходе (международных сопоставлениях). Применение разных методов, естественно, даст разные результаты. Поэтому очень важно понимать, что мы имеем дело с двумя показателями – оптимизационным и компенсационным, и обоснованно выбирать адекватный данному показателю метод. И здесь в основе применения разных методов, как указывалось выше, может быть разделение по критерию целеполагания: в целях установления компенсационных выплат в случае смерти более адекватными представляются оценки, получаемые при использовании определенных аннуитетных актуарных моделей и методов теории полезности, а для проведения экономических процедур оптимизации безопасности и риска результаты применения специальных актуарных моделей пожизненного страхования, социально-экономических исследований и исследований рынка труда. Именно такая дифференциация целеполагания впервые была отражена в рекомендациях 2007 года Российского научного общества анализа риска, вошедших в Декларацию «Об экономической оценке жизни среднестатистического человека» (Декларация, 2007), в которой рекомендуемый диапазон значений оптимизационной стоимости среднестатистической жизни человека составляет 30–40 млн руб.

Отметим, что в работе (Быков, «Цена риска...», 2014) обосновываются две базовые актуарные модели и вытекающие из них алгоритмы расчета стоимости статистической жизни. По первой (аннуитетной) модели рекомендуется рассчитывать величину компенсационной стоимости, которую можно использовать для определения уровня компенсаций семьям погибших при чрезвычайных ситуациях, а также установления уровня компенсаций и страховых сумм выплат при возникновении несчастных случаев со смертельным исходом в различных отраслях экономики. По второй модели (пожизненного страхования) рекомендуется

рассчитывать величину оптимизационной стоимости, значение которой следует использовать при оптимизации затрат на реализацию системы мероприятий, направленных на снижение риска и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций, проведению превентивных мероприятий по снижению риска, оптимизации системы мер, направленных на совершенствование организации и технологий обеспечения безопасности в различных отраслях экономики.

В указанной работе приведены результаты расчетов компенсационной и оптимизационной стоимости жизни среднестатистического человека для экономики России в целом и по отраслям. Расчеты выполнены для людей трудоспособного возраста и для возраста среднестатистического человека, а также представлены усредненные по полу и возрасту оценки. Результаты расчетов свидетельствуют о следующем. Компенсационная стоимость среднестатистической жизни человека, которая может быть взята за основу для установления размера компенсаций семьям погибших при чрезвычайных ситуациях укладывается в диапазон от 3,5 до 6,5 млн рублей для трудоспособного возраста. Рекомендуемое значение для среднестатистического человека по состоянию на 2012 год составляет 5 млн. рублей. Аналогичное значение для 2005 года составляло 2,7 млн рублей. Динамика роста значения показателя компенсационной стоимости среднестатистической жизни в 2012 году, например, по сравнению с 2005 годом обусловлена главным образом ростом среднедушевых доходов населения. Другим фактором, влияющим на данный показатель, служит уровень инфляции. Чем он ниже, тем меньше ставка дисконтирования, тем большее значение компенсационной стоимости статистической жизни будет получаться, и в динамике при снижении уровня инфляции будет наблюдаться более быстрый рост значения стоимости среднестатистической жизни.

Количественные оценки, воспроизведенные из работы (Быков, «Цена риска...», 2014), говорят о том, что компенсационная стоимость среднестатистической жизни, установленная ФЗ № 225 составляет 2,025 млн руб. на одного погибшего при возникновении аварии на опасном объекте, более адекватно отражает уровень 2005 года, когда этот закон задумывался и готовилась первая редакция. Правда, в первоначальной редакции цифры фигурировали на порядок меньшие. По состоянию на 2012 год, когда этот закон вступил в силу, справедливой стоимостью уже следовало бы признать 5 млн. рублей. Сегодня эта величина еще выше.

Также целесообразно установить на федеральном уровне и по отраслям нормативные значения оптимизационной стоимости среднестатистической жизни. Авторские расчеты показывают, что диапазон изменения средних оценок оптимизационной стоимости статистической жизни, занятых в экономике на 2012 год, составляет 50–77 млн руб. для экономики в целом с центральным рекомендуемым значением около 60 млн руб. Аналогичные значения для 2005 года составляли 17–30 млн руб. Диапазон средних значений оптимизационной стоимости среднестатистической жизни занятых в разных отраслях экономики по состоянию на 2012 год варьируется от примерно 30 млн руб. до примерно 130 млн руб., с центральным значением этого диапазона примерно 80 млн руб. Аналогичные оценки выполненные для 2005 года дают вариацию от примерно 10 млн руб. до примерно 60 млн руб., с центральным значением данного диапазона около 35 млн руб. Последнее значение очень хорошо согласуется с рекомендациями 2007 года Российского научного общества анализа риска по оптимизационной стоимости жизни среднестатистического человека, точнее по рекомендуемому диапазону 30–40 млн руб.

В заключение данного подраздела отметим следующие моменты. Справедливые размеры социально-экономических компенсаций для социально-экономических условий страны устанавливаются по законам спроса и предложения. Спрос определяется из условия оправданности рассматриваемого вида деятельности для общества в целом, включающей затраты на социально-экономические компенсации за риск людям, осуществляющим вид деятельности с повышенным риском. Эти затраты с увеличением риска растут. Выгоды от рассматриваемого вида деятельности должны идти не только на повышение уровня жизни всех членов общества, но и перераспределяться в интересах непосредственно рискующих. Механизмом перераспределения являются социально-экономические компенсации (ежемесячные и единовременные) непосредственно рискующим и их семьям. Предложение имеет место в случае оправданности риска для участников с учетом размера социально-экономических компенсаций. Если компенсации малы, то желающих реализовывать опасный вид деятельности не будет. Если же они велики, то государству при его социально-экономическом положении не выгодно будет осуществлять данный вид деятельности. Необходимый размер компенсаций вычисляется исходя из баланса затрат и выгод.

Определение справедливого размера возмещения ущерба за вред для жизни и здоровья, а также за имеющий место риск при осуществлении различных видов деятельности является актуальной задачей для законодателей, органов государственной власти и управления, так как ее рациональное решение является важным условием гармоничного поступательного развития страны. Для этого необходимы специальные социологические и экономико-статистические исследования, направленные на установление цены риска для жизни различных категорий населения и социальных групп в интересах выработки научно обоснованных рекомендаций по установлению справедливого размера социально-экономических компенсаций за дополнительные факторы риска для жизни и здоровья различных категорий работающих и, в частности, спасателей, военнослужащих, в том числе при их участии в опасных видах деятельности (работы с ядерными боеприпасами, морские походы, полеты, десантирование и т.д.), выполнении опасных операций (участие в ликвидации последствий ЧС, миротворческих, контртеррористических операциях). Условия и механизмы предоставления этих компенсаций должны быть закреплены законодательно.

### **6.3. Определение цены риска на основе теории полезности**

Если последствием воздействия на здоровье является смертельный исход при аварийном воздействии или повышенная смертность при систематическом, тогда необходимо оценить экономический ущерб от преждевременной смерти. Преждевременная смерть в данном случае означает потерю общественной полезности, связанной со смертью человека. Здесь наиболее часто применяются следующие подходы (Быков, Кудрявцев, «Управление...», 1998; Быков, Кудрявцев, «Экономические...», 1998; Быков, Мурзин, 1997; Кручинина, Лисанов, Печеркин и др., 2003; Легасов, Демин, Шевелев, 1984), основу которых составляет *теория полезности*, в соответствии с которой задается определенным способом функция экономической или общественной полезности человека для общества. Социально-экономический ущерб тогда равняется потере общественной полезности, выраженной в экономических показателях. В рамках такого подхода существуют большие неопределенности, связанные с обоснованием выбора функции общественной полезности человека.

## Оценка $\alpha$ на основе среднедушевого дохода

В частности, часто используется (явно или неявно) предположение о том, что *общественную полезность человека можно измерить с помощью среднегодовых доходов населения*. При этом, явно или неявно вводится *гипотеза*, в соответствии с которой *экономическая полезность индивида для общества полагается равной доходу, который он извлекает для себя*. При таком подходе среднегодовой доход на человека есть количественная характеристика общественной полезности среднестатистического человека.

В предположении, что ожидаемая продолжительность предстоящей жизни среднестатистического человека составляет 30 лет, на протяжении которых среднедушевой годовой доход  $D_{\text{ср}}$  и норма дисконтирования  $E$  остаются постоянными можно произвести приблизительную оценку экономической полезности среднестатистического человека как сумму приведенного душевого дохода за период ожидаемой продолжительности предстоящей жизни по следующей формуле:

$$\alpha = D_{\text{ср}} \int_0^{30} \exp(-Et) dt \approx D_{\text{ср}} / E.$$

Норма дисконтирования  $E$  определяется по фактической годовой банковской процентной ставке  $i$  следующим образом:  $E = \ln(1 + i)$ .

В соответствии с данными (<https://rosstat.gov.ru/folder/13397?print=1>) в 2020 году объем денежных **доходов** населения составил 62270,4 млрд руб., среднедушевой доход составлял 35740,2 руб./месяц в 2020 году (таблица 6.2) или 428882 руб/год.

Таблица 6.2. Динамика среднедушевых доходов населения Российской Федерации (руб. в месяц)

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020*
25684	27412	30254	30865	31897	33266	35337,6	35740,2

\* Предварительные данные (в соответствии с Методологическими положениями по расчету показателей денежных доходов и расходов населения, утвержденными приказом Росстата от 02.07.2014 № 465 с изменениями от 20.11.2018 № 680) <https://rosstat.gov.ru/folder/13397?print=1>.

В рамках сделанных предположений оценка  $\alpha$  для 2020 года по вышеприведенной формуле дает приближенное значение:

$$\alpha \approx D_{\text{ср}} / E \approx 428882 / 0,08 = \mathbf{5,36 \text{ млн руб.} \sim 76 \text{ тыс. долл.}^4}$$

В расчетах годовая норма дисконтирования была принята равной 0,08.

В таблице 6.3 приведены справочные статистические данные согласно официальной информации Федеральной службы государственной статистики<sup>5</sup> по состоянию на 08.05.2013.

Таблица 6.3. Динамика среднедушевых доходов населения по Российской Федерации (руб. в месяц)

2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012*
3947,2	5167,4	6399,0	8088,3	10154,8	12540,2	14863,6	16895,0	18958,4	20780,0	22880,4
*Предварительные данные										

В соответствии с данными таблицы 6.3 в 2012 году среднедушевые денежные доходы населения составили 22 880,4 руб. в месяц, или 274 564,8 руб. в год. В рамках сделанных предположений оценка  $\alpha$  для 2012 года по вышеприведенной формуле дает приближенное значение:

$$\alpha \approx D_{\text{ср}} / E \approx \mathbf{3,43 \text{ млн руб.} \sim 113 \text{ тыс. долл.}^6}$$

Аналогичные оценки, выполненные для 2005 года при подготовке Декларации Российского научного общества анализа риска (Декларация, 2007) составляли **1,5 млн руб. ~ 56,5 тыс. долл.**<sup>7</sup>. Расчеты для марта 2010 г. дали  $\alpha = \mathbf{2,65 \text{ млн руб.} \sim 90 \text{ тыс. долл.}$

Таким образом, при росте среднедушевых доходов наблюдается рост стоимости статистической жизни в рублях. Вместе с тем, такой закономерности не наблюдается в долларовом эквиваленте.

### Оценка $\alpha$ на основе среднедушевого ВВП

Для оценки экономической полезности человека используется также значение показателя *валового внутреннего продукта на душу*

<sup>4</sup> При курсе ЦБ РФ рубля к доллару США на 22.10.2021 – 70,99 рублей за доллар США [Источник: Банк России.].

<sup>5</sup> [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/population/urov/urov\\_11g.htm](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/urov/urov_11g.htm)

<sup>6</sup> Официальный курс рубля к доллару США на 01.01.2013 – 30,37 рублей за доллар США [Источник: Банк России.].

<sup>7</sup> Официальный курс рубля к доллару США на конец периода (2006 год) 26,33 рублей за доллар США [Источник: Федеральная служба государственной статистики, Банк России.].



населения. Предполагается, что преждевременная смерть приносит экономический ущерб, равный целому значению (или определенной его части) приведенного среднедушевого валового внутреннего продукта на протяжении ожидаемой продолжительности жизни среднестатистического человека.

В том же предположении, что ожидаемая продолжительность предстоящей жизни среднестатистического человека составляет 30 лет, на протяжении которых валовой внутренний продукт на душу населения  $ВВП_{срдуш}$  и норма дисконтирования  $E$  (в расчетах принимается равной  $0,08 \text{ год}^{-1}$ ) остаются постоянными, можно произвести приблизительную оценку стоимости среднестатистической жизни или экономическую оценку преждевременной смерти среднестатистического человека по формуле:

$$\alpha = ВВП_{срдуш} \int_0^{30} \exp(-Et) dt \approx ВВП_{срдуш} / E .$$

Объем ВВП России за 2020 год составил в рыночных ценах 106606,6 млрд рублей, численность постоянного населения Российской Федерации на 1 декабря 2020 года составила 146,3 млн человек (<https://rosstat.gov.ru/folder/13397?print=1>). Тогда среднедушевой

$$ВВП_{срдуш} = 106606,6 \text{ млрд руб.} / 146,3 \text{ млн чел.} = 728685 \text{ руб./чел.}$$

В рамках сделанных предположений оценка  $\alpha$  для 2020 года по вышеприведенной формуле дает приближенное значение:

$$\alpha = ВВП_{срдуш} / E \approx 728685 / 0,08 = \mathbf{9,11 \text{ млн руб.} \approx 128 \text{ тыс. долл.} }^8 .$$

Согласно официальным данным Федеральной службы государственной статистики<sup>9</sup> объем ВВП России за 2012 г., по предварительной оценке, составил в текущих ценах 62599,1 млрд руб. По оценке того же официального источника, численность постоянного населения Российской Федерации в 2012 году составила 143,0 млн человек. Поэтому валовой внутренний продукт на душу населения  $ВВП_{срдуш}$  равен в 2012 году приблизительно 437,756 тыс. руб. или  $\sim 14,41$  тыс. долл.

---

<sup>8</sup> При курсе ЦБ РФ рубля к доллару США на 22.10.2021 70,99 рублей за доллар США [Источник: Банк России.]

<sup>9</sup> [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/accounts/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/accounts/#)

в год. Тогда приблизительная оценка стоимости среднестатистической жизни будет:

$$\alpha \approx \text{ВВП}_{\text{ср души}} / E \approx 5,47 \text{ млн руб.} \approx 180 \text{ тыс. долл.}$$

Аналогичные оценки, выполненные для 2005 года при подготовке Декларации Российского научного общества анализа риска (Декларация, 2007), составляли **2,34 млн руб. ~ 89 тыс. долл.** Расчеты для марта 2010 г. дали  $\alpha = 3,5 \text{ млн руб} \sim 110 \text{ тыс. долл.}$

Здесь также при росте  $\text{ВВП}_{\text{ср души}}$  наблюдается рост стоимости статистической жизни в рублях. Вместе с тем, такой закономерности не наблюдается в долларовом эквиваленте.

Критический анализ использования подходов теории полезности при оценке стоимости статистической жизни в документах Ростехнадзора и Роспотребнадзора приведен в (Быков, 2014).

## **К проблеме дисконтирования ценности жизни**

Одной из дискуссионных проблем остается вопрос о правомерности применения экономической процедуры дисконтирования по отношению к человеческой статистической жизни при определении ее ценности, и в случае правомерности – какой ставкой дисконтирования следует пользоваться: нормой, определяемой по фактической годовой банковской процентной ставке или с учетом рекомендации ВОЗ на уровне 3 %?

Дело в том, что использование процедуры дисконтирования приводит к тому, что при относительно больших рассматриваемых временах как доходы, так и затраты или ущербы становятся несущественными. При проведении оптимизации безопасности и риска приведенный (дисконтированный) ущерб  $Y$  получается меньшим, чем простая временная сумма ущербов, вычисляемая с нормой дисконтирования  $E = 0$  ( $Y_E = 0$ ). Использование  $Y$ , а не  $Y_E = 0$  приводит к сдвигу в сторону уменьшения оптимума затрат на мероприятия по снижению риска  $X$ . Может показаться, что экономическая теория, требующая дисконтирования будущего ущерба или выгоды, создает противоречие между поколениями: выгоду от игнорирования далеких ущербов и тем самым от экономии средств на безопасности, защите окружающей среды, здоровья населения получает наше поколение, а ущерб достается будущим поколениям. На самом деле этого противоречия нет, как обосновывается в работе (Легасов, Демин, Шевелев, 1984). Норма дисконтирования  $E > 0$  соответствует

такому развитию общества, при котором часть материальных средств переводится в фонд накопления, т.е. на постоянное улучшение будущих условий жизни. В результате современное поколение передает следующему больший объем материальных благ, чем тот, который оно получило, вступая в жизнь. Будущие поколения в качестве компенсации за появление некоторого длительно действующего вредного фактора получают материальные средства, часть из которых они, если захотят, потратят на ликвидацию этого фактора. Важно только, чтобы рассматриваемый фактор был экономическим, т.е. в распоряжении людей были доступные средства борьбы с ним.

Однако было бы совершенно неправильно думать, что здесь речь идет о получении материальной выгоды за счет снижения безопасности. Отказ в настоящее время от какой-либо нерентабельной меры защиты высвобождает средства, которые могут найти более эффективное применение в разных сферах. Можно потратить их на сегодняшние материальные блага, но можно потратить их и на иное, экономически более эффективное защитное мероприятие. Наконец, можно потратить их на увеличение производительности труда, что принесет пользу, в частности, и нашим потомкам, которые в свою очередь могут по-разному распорядиться дополнительными ресурсами. В частности, этих ресурсов (а они могут быть не малыми) может хватить на такие защитные мероприятия, которые нам сегодня недоступны. Тем самым суммарный риск для наших потомков в результате сегодняшней экономии на нерентабельном мероприятии, призванном защищать биосферу от долговременного фактора, не увеличится, а уменьшится.

Применение процедуры дисконтирования обеспечивает своевременное и более эффективное распределение средств на меры безопасности или защиты против фактора, действие которого значительно растянуто во времени. Отказ от этой процедуры в экономическом анализе и при принятии решения о мерах безопасности привел бы к неоправданному ущербу с точки зрения безопасности и качества жизни настоящего и будущих поколений.

Таким образом, кажущегося противоречия на самом деле не существует. Однако при проведении экономического анализа на много десятков и сотен лет вперед может возникнуть и реальное противоречие. Пока речь идет о сопоставлении благ и ущербов, разделенных интервалом времени, сравнимым с продолжительностью нашей жизни, мы смело можем пользоваться для приведения их к одному моменту времени

функцией дисконтирования, отражающей наши собственные желания. Ведь речь идет о наших собственных благах и ущербах. Но как быть, если интервал времени расширяется? Сможем ли мы правильно угадать норму дисконтирования потомков, а также значения других величин, используемых в экономическом анализе, например цены риска? И тем самым сможем ли мы правильно учесть интересы будущих поколений?

Как указывалось еще в середине 80-х годов прошлого столетия в работе (Легасов, Демин, Шевелев, 1984), «есть некоторые основания предполагать, что будущая норма  $E$  будет несколько меньше нашей. Темп улучшения жизни, возможно, будет снижаться из-за исчерпания дешевых ископаемых ресурсов, роста плотности населения и соответственно интенсификации использования земельных площадей и воды. Пока жизнь заметно улучшается, человеку мало смысла отказывать себе в чем-то сегодня ради умеренно больших благ завтра: ведь завтра и без того будет лучше. Так что при быстром улучшении жизни (у нас) норма дисконтирования больше, при медленном (предположительно у наших потомков) – меньше. При более высоком уровне жизни (у потомков) норма дисконтирования также ниже. Однако не исключено, что перечисленные факторы, неблагоприятно влияющие на темп развития, будут перекрыты эффектом роботизации промышленности. Механические интеллектуалы смогут добывать ископаемые, по сегодняшним представлениям недоступные человеку. И тогда темп улучшения жизни не снизится, а быть может, и возрастет. Если к тому же учесть, что даже при стабильном уровне жизни норма дисконтирования едва ли будет сильно отличаться от сегодняшней, то нет особого смысла отказываться от простейшей гипотезы:  $E = \text{const}$ ».

Таким образом, в заключение этого подраздела еще раз подчеркнем некоторые основные моменты об использовании процедуры дисконтирования. Если она применяется к некоторому экономическому показателю, то это ни у кого не вызывает возражений. Но может ли быть оправданным ее применение к величинам, которые прямо не несут экономического характера? Примерами таких величин из интересующей нас области может быть ожидаемое число случаев смерти или заболеваний, сокращение ожидаемой продолжительности жизни, потери трудоспособности и т.п. Эти величины используются для оценки воздействия того или иного промышленного или энергетического объекта на здоровье населения, а также для сравнения разных потенциально опасных объектов, отраслей

энергетики по степени воздействия на здоровье населения. Многим представляется сомнительным или неправомочным применение процедуры дисконтирования к таким величинам. При этом такая точка зрения иногда аргументируется словами: например, «экономисты, подсчитывающие ущерб, пусть применяют дисконтирование. У нас же задача другая – защита здоровья населения, и мы должны одинаково учитывать случаи смерти или заболевания независимо от того, имели место они сейчас или произойдут в отдаленном будущем».

На самом деле решение вопроса о том, применять или не применять процедуру дисконтирования, зависит не от характера показателя (экономический он или нет). Все определяется тем, является ли сам рассматриваемый фактор экономическим. Если фактор воздействия на здоровье населения является таковым, то при оценке его воздействия независимо от того, осуществляется она в экономических показателях или нет, процедура дисконтирования должна применяться. В противном случае при принятии решения о мерах защиты от рассматриваемого фактора может быть допущена ошибка. Результатом ее могут быть зря загубленные жизни или рост случаев заболевания среди населения.

Таким образом, вывод о необходимости применения процедуры дисконтирования получается именно с позиций защиты здоровья населения, и, следовательно, при расчете приведенных значений величин, характеризующих риск, необходимо использовать процедуру дисконтирования. Это следует делать независимо от того, в каких показателях – экономических или неэкономических – выражается риск. Применение процедуры дисконтирования – путь к разрешению противоречий между поколениями, возникающих при значительном разнесении во времени пользы и вреда от данного производства. Эта процедура позволяет оптимальным образом решить задачу обеспечения безопасности и повышения качества жизни на большом промежутке времени.

### **Определение цены риска на основе актуарных подходов**

Не оспаривая принципиальную возможность применения подходов, основанных на теории полезности, для проведения подобного рода оценок экономической полезности человека, тем не менее нельзя не отметить, что для расчетов следует пользоваться корректным математическим аппаратом, причем таким, который учитывал бы случайный

характер времени наступления смерти. Такого рода расчеты применяются в актуарной математике (см., например, Гербер, 1995, Касимов, 2001).

Применению актуарных моделей много места уделено в работе (Быков, «Цена риска...», 2014). Согласно одной из таких моделей рассматривается возможность оценки экономической полезности среднестатистического человека возраста  $x$  с использованием периодических нетто-тарифов пожизненного страхования, поскольку актуарные расчеты нетто-премий (в отечественной страховой литературе обозначается как основная часть нетто-премии) производятся на основе т.н. «принципа эквивалентности», т.е. приравниваются ожидаемые дисконтированные суммарные поступления и выплаты.

В этой модели предполагается, что экономическая полезность человека определяется уровнем его доходов (как и в теории полезности), при этом недополученные доходы в связи с преждевременной смертью отождествляются с периодической нетто-премией пожизненного страхования индивида в возрасте  $x$  лет. Другими словами, если бы человек в возрасте  $x$  лет продолжал жить, принося на протяжении дальнейшей жизни обществу полезность, денежно измеряемую доходами, отождествляемыми с периодическими страховыми нетто-премиями, то на момент смерти эти денежные доходы составили бы величину, равную страховой сумме (согласно принципу эквивалентности). В частности, в используемых обозначениях оценку  $\alpha$  можно осуществить на основе следующей формулы (с традиционными обозначениями актуарной математики):

$$\alpha = D / P_x^{(m)},$$

где  $D$  – ежемесячный доход (или ВВП) на душу населения;  $P_x^{(m)}$  – периодический (ежемесячный:  $m = 12$ ) нетто-тариф пожизненного страхования индивида в возрасте  $x$  лет.

В работе (Быков, «Цена риска...», 2014) был оценен тариф  $P_x^{(m)}$  согласно (Тарифное, 2002): ежемесячный брутто-тариф пожизненного страхования на случай смерти для мужчин в возрасте 37 лет (возраст среднестатистического человека по данным (Россия в цифрах, 2013) равен 0,318 %, для женщин – 0,181 %, с арифметическим средним – 0,25 %. Нетто-тариф в соответствии с практикой страхования и проведения актуарных расчетов Российскими страховыми компаниями, как правило,

составляет величину  $\leq 0,7$  от размера брутто-тарифа. Поэтому для приближенной количественной оценки было использовано приближение

$$P_{37}^{(12)} \approx 1,75 \cdot 10^{-3}.$$

Тогда, используя данные для 2012 года по среднему доходу  $D_{\text{ср}} = 22\,880,4$  руб. в месяц и среднему ВВП 36 480 руб. в месяц соответственно были получены оценки:

$$\alpha = 22880 / 1,75 \cdot 10^{-3} \approx \mathbf{13,1 \text{ млн руб.} \approx 430 \text{ тыс. долл.};}$$

$$\alpha = 36480 / 1,75 \cdot 10^{-3} \approx \mathbf{20,8 \text{ млн руб.} \approx 686 \text{ тыс. долл.}}$$

Как видно из приведенных (Быков, «Цена риска...», 2014) приближенных расчетов для 2012 года величина  $\alpha$  согласно актуарному подходу попадает в диапазон **13–20 млн рублей**, или приблизительно **430–690 тыс. долл.** С учетом многочисленных неучтенных факторов неопределенности полученный диапазон был расширен до **400–700 тыс. долл.** Оценки, выполненные для 2005 года при подготовке Декларации Российского научного общества анализа риска (Декларация, 2007), попадали в диапазон 8–9 млн руб., или приблизительно 300–350 тыс. долл. Расчеты для марта 2010 г. дали диапазон 10–13 млн руб., или 330–440 тыс. долл.

Для актуализации вышеприведенных оценок воспользуемся данными по брутто-тарифам по программе «Пожизненное страхование», приведенными в (Базовые тарифные ставки по Правилам страхования жизни, утвержденные приказом ООО «МАКС-Жизнь» от 11.05.2018 № 20-ОД(ЖЗН)). Ежегодный брутто-тариф пожизненного страхования на случай смерти для мужчин в возрасте 37 лет равен 2,03579 % для женщин – 0,91203 %, с арифметическим средним – 1,47391 %. Для расчета нетто-тарифа, как и в предыдущих случаях, используем коэффициент 0,7 от размера брутто-тарифа. Тогда  $\alpha = D / P_x^{(m)}$ , где  $D$  – годовой доход (или ВВП) на душу населения;  $P_x^{(m)}$  – периодический (ежегодный:  $m=1$ ) нетто-тариф пожизненного страхования индивида в возрасте  $x$  лет.

В соответствии с данными Росстата (<https://rosstat.gov.ru/folder/13397?print=1>) в 2020 году среднему доходу составлял 35740,2 руб./месяц или 428882 руб./год. Среднему ВВП = 106606,6 млрд рублей / 146,3 млн человек = 728 685 руб./год. Тогда, используя эти данные для 2020 года по среднему доходу и среднему ВВП, можно соответственно получить:

$$\alpha = 428882 / (0,047391 \cdot 0,7) \approx 41,569 \text{ млн руб.} \approx 585 \text{ тыс. долл.};$$

$$\alpha = 728685 / (0,047391 \cdot 0,7) \approx 70,627 \text{ млн руб.} \approx 994 \text{ тыс. долл.},$$

при курсе ЦБ РФ рубля к доллару США на 22.10.2021 70,99 рублей за доллар США.

**Здесь нужно сделать несколько замечаний.**

1. Приведенные оценки основаны на использовании значений тарифов пожизненного страхования страховых компаний. Прodelанные и частично приведенные в монографии (Быков, «Цена риска...», 2014) актуарные расчеты позволяют утверждать, что полученные выше оценки следует увеличить примерно в 1,5 раза, поскольку предлагаемые на страховом рынке тарифы, как правило, завышены из-за использования компаниями «консервативных» подходов для обеспечения более высокого уровня гарантий безопасности. Например, для 2020 года диапазон расширяется до **60–105 млн рублей**, или приблизительно **870–1500 тыс. долл.**; для 2012 года – до **20–30 млн рублей**, или приблизительно **0,6–1,0 млн долл.** Аналогичная переоценка для 2005 года дает приблизительно диапазон **12–14 млн рублей**, или **450–550 тыс. долл.**

2. Отметим также, что представленные в (Быков, «Цена риска...», 2014) результаты актуарных расчетов с учетом роста годовых доходов свидетельствуют о том, что представленные выше оценки следует еще увеличить примерно на 25–30 %.

3. Сама выбранная актуарная модель должна использоваться не для расчета «компенсационной» цены риска, а для определения «оптимизационной» цены риска.

## **Систематизация оценок стоимости статистической жизни**

Систематизируем представленные в предыдущих разделах результаты оценок цены риска – стоимости статистической жизни. При этом распределим их по компенсационной и оптимизационной (таблица 6.4) цене риска. При этом для сравнения приведем оценки 2005 и 2012 годов, результаты для 2010 года как промежуточные в таблицах не воспроизводятся.



Таблица 6.4. Обобщенные выборочные данные по оценкам цены риска – стоимости статистической жизни

	2005 год		2012 год		2020 год	
	млн руб.	тыс. долл.	млн руб.	тыс. долл.	млн руб.	тыс. долл.
	Компенсационная цена риска					
Теория полезности	1,5–2,3	~ 60–90	3,4–5,5	~113–180	5,4–9,1	~ 76– 128
Актуарный подход, модель пожизненных аннуитетов (Быков, «Цена риска...», 2014)	2,7	~100	3,5–6,5	~115–215		
Рекомендации Российского научного общества анализа риска	7–10	250–300				
	Оптимизационная цена риска					
Актуарный подход, модель пожизненного страхования (Быков, «Цена риска...», 2014)	12–14	~450–550	20–30	~650–1000	~60–105	~870–1500
Корректировка по ВВП <sub>ППС</sub> рекомендаций Американского агентства по защите окружающей среды и усредненных зарубежных данных	~37–42	~1300–1500	~69–78	~2300–2600	~150–170	~2100–2400
Социально-экономические исследования и исследования рынка труда (США, середина 2000-х годов)		5000–8000				
Социально-экономические исследования и исследования рынка труда (государства – члены ОЭСР, медианные значения: OECD, 2010; 2012)				1400–3000		
Рекомендации Российского научного общества анализа риска	30–40	1200–1400				

## Другие способы оценки стоимости статистической жизни

В литературе можно встретить и другие подходы для определения стоимости или ценности статистической жизни. Как указывается в работе (Акимов, 2004), «метод и результат расчета цены жизни в значительной степени определяются поставленной целью, а цель зависит от того, с чьих позиций жизнь оценивается: государства, самого человека или другого человека (например, члена семьи, родственника, любимого человека, друга, знакомого, соотечественника, постороннего человека, работодателя, киллера, конкурента, врага – здесь оценки изменяются от максимальной положительной до отрицательной)».

*Для государства* имеет значение, как правило, не гибель отдельных конкретных людей (за исключением широко известных в обществе политических и государственных деятелей, деятелей науки и культуры), а число погибших, т.е. социально-экономические потери. К методам определения с позиций государства ценности статистической человеческой жизни как денежного выражения ее стоимости следует отнести методы, основанные на теории полезности и актуарные подходы. Но можно встретить также способы определения ценности статистической жизни исходя из:

– затрат общественно необходимого рабочего времени на содержание, воспитание и образование человека. Например, как указывается в работе (Акимов, 2004), «ежегодно нашу страну покидает несколько тысяч молодых ученых. Министерство науки считает, что потеря каждого из них обходится стране не менее чем в 300 тыс. долл. По данным Ассоциации страховых компаний США, стоимость человеческой жизни в денежном эквиваленте исходя из затрат общества на подготовку человека (питание, воспитание, обучение, лечение и т.д.) в среднем с учетом всех возрастных групп оценивается в 240 тыс. долл.». Очевидно, что с возрастом стоимость человеческой жизни, оцененная таким способом, возрастает;

– оценки инвестиций, направленных на снижение риска смерти отдельного индивидуума (на здравоохранение, повышение безопасности потенциально опасных объектов, дорожного движения, снижение загрязнения окружающей среды и др.). Ценность статистической жизни при таком подходе может сильно варьироваться, так как готовность общества к затратам на устранение различных рисков существенно зависит от их восприятия. Люди сживаются с одними рисками и не приемлют другие,

несравненно меньшие по величине, выделяя значительные ресурсы на их устранение.

*С позиций конкретного человека*, его собственная жизнь также имеет вполне определенную цену, не нулевую и не бесконечную, меняющуюся, кроме того, с возрастом. Например, с точки зрения семьи, мерой стоимости жизни является суммарный доход, не полученный семьей по причине преждевременного ухода из жизни одного из членов семьи. Другими словами, способ основан на расчете прибыли, которую могло бы принести продолжение деятельности человека семье. Он может быть реализован путем прямого расчета дохода за вычетом компенсационных выплат (государственных, страховых, судебных).

Встречается также подход, связанный с оцениванием готовности физических лиц платить за устранение риска смерти (например, на личную охрану).

Наконец, в работе (Кручинина, Лисанов, Печеркин и др., 2003) указывается также на такие подходы, как:

– *биологический* – основан на оценке того, сколько стоят органы одного человека, которые могут быть пересажены другому? В указанной работе приводится цифра – **1 275 000 долл. США** со ссылкой на сайт [www.juristy.ru/ubb](http://www.juristy.ru/ubb);

– *криминальный* – основан на анализе отношения к вопросу стоимости человеческой жизни в криминальном мире. В той же работе по материалам средств массовой информации приводятся также данные: сумма выкупа заложника колеблется от **65 тыс. до 6 млн долл. США**, стоимость заказного убийства находится в пределах от **400 (обыватель) до 50 тыс. долл. США** (крупный предприниматель).

Можно встретить также подход, приведенный, например, в работе (Акимов, 2004), основанный на попытке установить самооценку ценности индивидуальной жизни по готовности людей участвовать в боевых действиях в обмен за вознаграждение и компенсации семье в случае гибели, т.е. с позиций определенного контингента конкретных людей восприятие ими ценности их жизни предлагается определить из анализа условий, на которых потенциальные участники соглашаются участвовать в некоторой опасной операции. При этом человек принимает решение на участие в опасной операции сам, принимая эти условия исходя из желания повысить качество жизни себе и своей семье. Достаточно подробно данный подход рассмотрен и прокомментирован в работе (Быков, «Цена риска...», 2014).

# Глава 7. ОПТИМИЗАЦИЯ УРОВНЯ РИСКА И БЕЗОПАСНОСТИ

## 7.1. Оптимизационная цена риска

В предыдущей главе был дан краткий обзорный анализ подходов, с помощью которых можно произвести количественную оценку цены риска для жизни статистического человека, при этом было произведено разделение способов оценок статистической жизни для целей компенсации и проведения оптимизационного экономического анализа. Далее будут кратко рассмотрены вопросы использования оптимизационной цены риска в задачах оптимизации безопасности и риска. Будут продемонстрированы основные практически применяемые подходы, используемые при оптимизации затрат на снижение риска и связанного с ним ущерба, и методы определения экономически эффективных мероприятий по снижению риска. Другими словами, основное внимание будет уделено вопросам, которые решаются на одной из стадий процесса управления риском, главная цель которой – достижение оптимума уровня риска с учетом социально-экономических, природоохранных и других аспектов (Быков, Мурзин, 1997), поскольку оценка риска для жизни и здоровья населения производится в конечном счете для того, чтобы посредством эффективного управления риском добиться максимального снижения риска для жизни и здоровья населения и при этом свести необходимые затраты к минимуму.

### Экономические задачи управления рисками

Управление риском в широком смысле, как было показано в главе 1, следует рассматривать как системный *подход* к использованию различных механизмов (*законодательных, организационных, экономических, инженерно-технических*) в решении задач предупреждения или уменьшения опасности для жизни и здоровья человека, ущерба имуществу и окружающей среде *до приемлемого уровня*. Эта система механизмов должна способствовать достижению минимизации риска с учетом экономических, социальных, экологических и других аспектов. При этом ясно, что невозможно провести четкую границу между данными механизмами (рисунок 7.1): законодательная база должна закладывать основу

принятия инженерно-технических решений, методов администрирования и действия экономических механизмов; административное управление включает, в том числе, контроль за действием экономических рычагов и реализацией инженерно-технических мероприятий; экономические механизмы, по сути, должны определять оптимальную или, по крайней мере, эффективную структуру администрирования, ее нормативно-правовую базу и создавать условия для эффективного использования инженерно-технических ресурсов.



Рисунок 7.1. Иллюстрация взаимосвязи механизмов управления риском

Методология анализа и управления риском служит тем инструментом, который позволяет проводить количественные оценки, обеспечивающие научную поддержку в процессе принятия решения по мерам безопасности и мероприятиям, направленным на регулирование уровня риска.

Экономические аспекты управления риском для жизни и здоровья населения от аварийных техногенных воздействий и систематического воздействия загрязненной окружающей среды можно подразделить на три группы, в соответствии со спецификой возникающих для решения задач:

- 1) экономическая оценка натуральных показателей риска и натурального ущерба для жизни и здоровья человека;
- 2) разработка экономических механизмов управления риском для жизни и здоровья человека населения;

3) оптимизация приемлемого уровня риска для жизни и здоровья человека и выбор оптимальной стратегии обеспечения безопасности населения и окружающей среды.

Управление риском может осуществляться на локальном уровне отдельного источника опасности, местном, региональном и глобальном уровнях. Экономические задачи оптимизации по постановке задач схожи для разных уровней управления, хотя могут применяться различные модификации целевых функций и условий при смене уровня управления.

### Концепция социально-экономического ущерба

В первой главе был кратко рассмотрен выборочный понятийный аппарат, применяемый в методологии оценки, анализа и управления рисками. В частности, была продемонстрирована иерархия показателей риска и было указано, что для целей экономического анализа используются такие вторичные или частные показатели риска, как **коллективный и популяционный риск**, которые выступают основными натуральными показателями при оценке общего социально-экономического ущерба, связанного с аварийным воздействием на жизнь и здоровье населения или воздействием загрязненной окружающей среды. Используются также производные показатели риска, например **натуральный ущерб (вред) для здоровья** – число лет сокращения ожидаемой продолжительности жизни из-за преждевременной смерти или болезни, обусловленной воздействием загрязненной окружающей среды.

Оптимизационная цена риска для жизни, определяемая оптимизационной стоимостью статистической жизни человека, служит основой концепции социально-экономического ущерба в результате воздействия на население техногенных аварий, чрезвычайных ситуаций или вследствие воздействия на здоровье загрязненной окружающей среды.

В соответствии с данной концепцией предполагается линейная связь между натуральными показателями (коллективный или популяционный риск смерти  $R$ , натуральный ущерб – общее сокращение продолжительности жизни  $G$  у населения, проживающего в условиях риска) и социально-экономическим ущербом  $Y$ , определяющим экономические потери из-за воздействия на жизнь и здоровье населения (рисунок 7.2). Другими словами, согласно концепции

$$Y = \alpha R,$$

где коэффициент пропорциональности  $\alpha$  – цена риска для жизни, измеряемая в денежных единицах (рублях, долларах США, евро) на одну дополнительную смерть, или

$$Y = \beta G,$$

где коэффициент пропорциональности  $\beta$  – цена натурального ущерба для жизни (потерянных лет жизни), измеряемая в денежных единицах (рублях, долларах США, евро) на человеко-год сокращения продолжительности жизни.

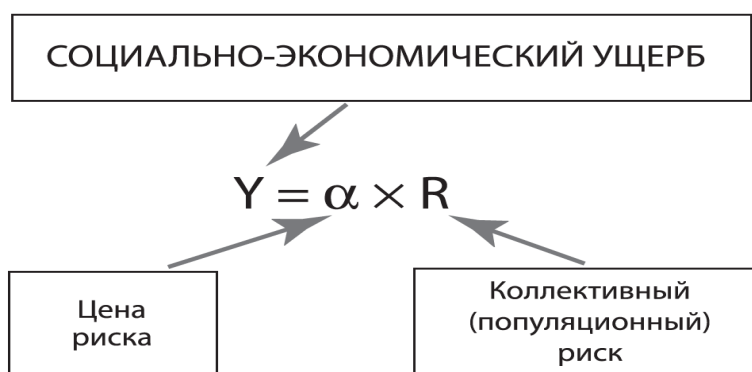


Рисунок 7.2. Концепция социально-экономического ущерба

### Задача оптимизации уровня риска и безопасности

Социально-экономический ущерб в свою очередь является необходимой составной частью процедуры оптимизации безопасности и риска (Быков, Акимов, Фалеев, 2004; Быков, Мурзин, 1997; Быков, 1998), которая в общем виде сводится к поиску экстремума некоторой целевой функции (ЦФ), характеризующей экономический эффект, при определенных ограничениях, задаваемых системой критериев риска и безопасности и дополнительными принципами управления риском:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ЦФ} \longrightarrow \text{экстремум;} \\ \text{ограничения} \\ \text{и условия} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{критерии безопасности и риска} \\ \text{принципы управления} \end{array}$$

В простейшем случае оптимизация уровня риска и безопасности может состоять в максимизации чистого экономического эффекта  $D(C)$ , зависящего от затрат (издержек) на снижение риска  $C$ , с учетом социально-экономического ущерба  $Y$ , связанного с аварийным воздействием на население источника опасности, например опасного промышленного

или энергетического объекта (или систематическим воздействием на население загрязненной окружающей среды):

$$\max D(C)$$

или, что эквивалентно, в минимизации обобщенных приведенных затрат или издержек  $(C+Y)$ :

$$\min (C+Y)$$

при условии неотрицательности чистого экономического эффекта  $D \geq 0$  (рисунок 7.3).

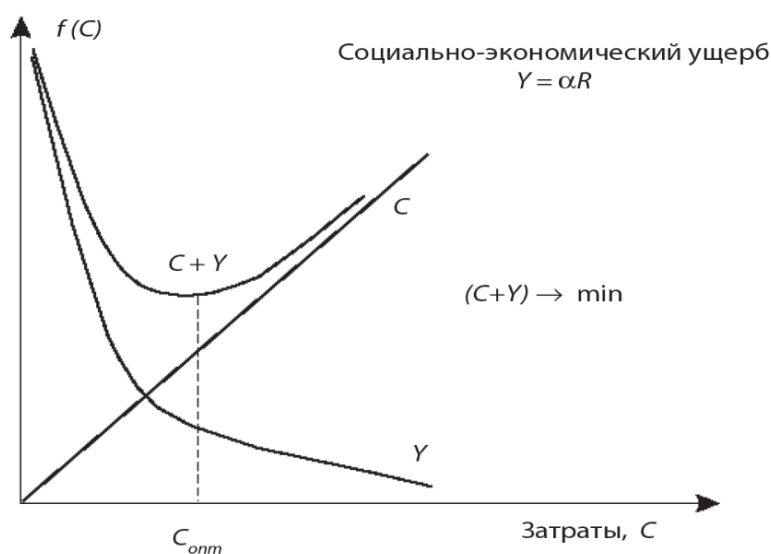


Рисунок 7.3. Иллюстрация оптимизации затрат на снижение риска

**Дифференциальный критерий оптимальности** затрат  $C$  на снижение риска  $R$  в этом случае утверждает, что предельные приведенные затраты (издержки) на снижение риска (marginal cost)  $MC = \frac{dC}{dR}$  должны равняться оптимизационной цене риска  $\alpha$ :

$$MC = \alpha .$$

Критерием эффективности будет непревышение предельными приведенными затратами значения оптимизационной цены риска  $\alpha$ :

$$MC \leq \alpha .$$

Особо подчеркнем, что величина  $MC$  (marginal cost) определяет предельные приведенные затраты на снижение риска, т.е. предельную стоимость снижения риска (ее также называют предельной стоимостью предотвращения смерти), а не оптимизационную цену риска для жизни.



Поэтому неправомерно встречаемое в ряде работ отождествление предельных затрат на снижение риска  $MC$  с ценой риска  $\alpha$ .

В США и других индустриально развитых странах предельная стоимость предотвращения смерти  $MC$  обычно находится в диапазоне от 2 до 8 млн долл.

Используется также другой показатель – удельная (средняя) стоимость предотвращения смерти  $AC$  (average cost) или эффективность затрат. Эффективность затрат на регулирование в сфере безопасности в различных видах деятельности в США варьируется в широком диапазоне, составляющем восемь порядков по величине от около  $10^5$  долл. США за предотвращение одной преждевременной смерти вследствие внедрения определенных мер безопасности на автомобильном транспорте, до  $5 \cdot 10^{12}$  долл. США – вследствие снижения риска, обусловленного токсичными и канцерогенными веществами, содержащимися в различных изделиях из древесины (Быков, Акимов, Фалеев, 2004). Такой широкий диапазон вариации в величинах эффективности затрат на регулирование в сфере безопасности указывает на то, что инвестиционная деятельность в этой области вплоть до настоящего времени не является достаточно обоснованной.

Отметим, что нормативно-экономический параметр – цена риска для жизни  $\alpha$  – может быть и не установлен в законодательном порядке. В этом случае можно, например, использовать рассмотренные далее методы определения эффективности затрат. В то же время введенные законодательно и правильно установленные цены риска для жизни (в совокупности с нормативными ограничительными критериями безопасности и принципами управления) позволяют экономически оптимально управлять социально-экономическим развитием страны и регионов и определяют экономически оправданную меру техногенного воздействия на население и окружающую среду.

### **Основные методы экономического оптимизационного анализа**

В целом можно сказать, что в процессе управления риском решаются задачи регулирования уровня безопасности и риска, экономический оптимизационный блок которых основан на анализе эффективности мер по уменьшению величины риска до определенного уровня. Другими словами, если стоит задача выбора набора мер, мероприятий или технических решений различной стоимости, позволяющих снизить риск от

источника опасности, следует использовать экономические оптимизационные методы *управления риском*. Как правило, применяются такие методы анализа, как:

- анализ «затраты-риск» (АЗР),
- затратно-прибыльный анализ (анализ «затраты-выгоды» – АЗВ),
- анализ эффективности затрат (АЭЗ),
- «риск-риск» анализ и некоторые другие специальные методы.

Результатом всего оптимизационного анализа служат рекомендации для лиц, принимающих решения по мерам и политике в области обеспечения безопасности и управления риском.

Рассмотрим немного более подробно указанные методы, но предварительно уточним понятия и обозначения, которые будут использоваться при представлении данных методов.

Предположим, что в экономический анализ включены  $N$  ( $i=1,2,\dots,N$ ) возможных действий (группы мер или мероприятий), которые назовем *сценариями* действий, направленных на снижение риска. Используем следующие обозначения. Базовые величины:

– до принятия каких-либо действий по возможным сценариям обозначены через  $R_0$  – коллективный или популяционный риск;  $Y_0$  – социально-экономический ущерб от потерь здоровья и жизни;

– после принятия действий по возможным сценариям обозначены через  $R_i$  – остаточный коллективный или популяционный риск после реализации  $i$ -го сценария, приведенные затраты по которому равны  $C_i$ ;  $\Delta R_i = R_0 - R_i$  – снижение коллективного или популяционного риска для каждого из сценариев.

Приведенные затраты  $C_i$  на реализацию мероприятий по  $i$ -му сценарию рассчитываются как приведенная стоимость проекта (мероприятия) по времени экономической жизни проекта (present value cost – *PVC*):

$$C_i \equiv PVC_i = \sum_{j=0}^{T-1} v_j^j \cdot (K_j + TC_j),$$

где  $T$  – время жизни (жизненный цикл) проекта;  $K_j$  и  $TC_j$  – капитальные и текущие затраты  $j$ -го года соответственно;  $v_j$  – коэффициент дисконтирования  $j$ -го года, который может быть определен, например, через годовую банковскую процентную ставку.

В данной формуле предполагается капитализация в начале года. При капитализации в конце года суммирование в вышеприведенной формуле следует производить начиная с  $j=1$  и заканчивая  $j=T$ .

Остаточный социально-экономический ущерб  $j$ -го года определяется на основе концепции социально-экономического ущерба через цену риска для жизни  $j$ -го года:

$$Y_{i,j} = \alpha_j R_{i,j},$$

где  $\alpha_j$  – цена риска для жизни  $j$ -го года;  $R_{i,j}$  – остаточный коллективный (популяционный) риск  $j$ -го года для  $i$ -го сценария.

Остаточный приведенный (дисконтированный) социально-экономический ущерб для  $i$ -го сценария рассчитывается по формуле:

$$Y_i = \sum_{j=0}^{T-1} v_j^j \alpha_j R_{i,j}.$$

Предполагается, что ущерб и затраты одномоментны. Поэтому если предполагается капитализация в конце года, пределы суммирования при расчете ущерба  $Y_i$  следует изменить: нижний предел  $j=1$ , верхний –  $j=T$ .

В предположении постоянства годовых остаточных коллективных рисков для  $i$ -го сценария  $R_{i,j} = R_i = \text{const}$ , цен риска  $\alpha_{i,j} = \alpha = \text{const}$ , а также неизменности дисконтирующего множителя  $v_j = v = \text{const}$  вышеприведенная формула заметно упрощается:

$$Y_i = \alpha R_i \frac{1 - v^T}{1 - v}.$$

## 7.2. Анализ «затраты-риск» и «затраты-выгоды»

### Анализ «затраты-риск»

Первый вариант анализа (анализ «затраты-риск»), который можно также рассматривать как *предварительный или первый этап анализа «затраты-выгоды»*, – ранжирование сценариев по затратам и риску, т.е. выстраивание их в порядке увеличения затрат  $C_i$  или уменьшения риска  $R_i$ . Таким образом, затраты на реализацию сценария  $i+1$  должны быть больше (или не меньше) затрат по  $i$ -му сценарию. Оста-

точный риск, наоборот, должен быть меньше (не больше) после реализации сценария  $i+1$  по сравнению с  $i$ -м сценарием. Сценарии, для которых после такого ранжирования увеличение затрат  $C_{i+1} > C_i$ , приводит к увеличению риска  $R_{i+1} > R_i$  (или снижению уменьшения риска  $\Delta R_i > \Delta R_{i+1}$ ), можно исключить из дальнейшего анализа в качестве самостоятельных сценариев как неэффективные (рисунок 7.4).

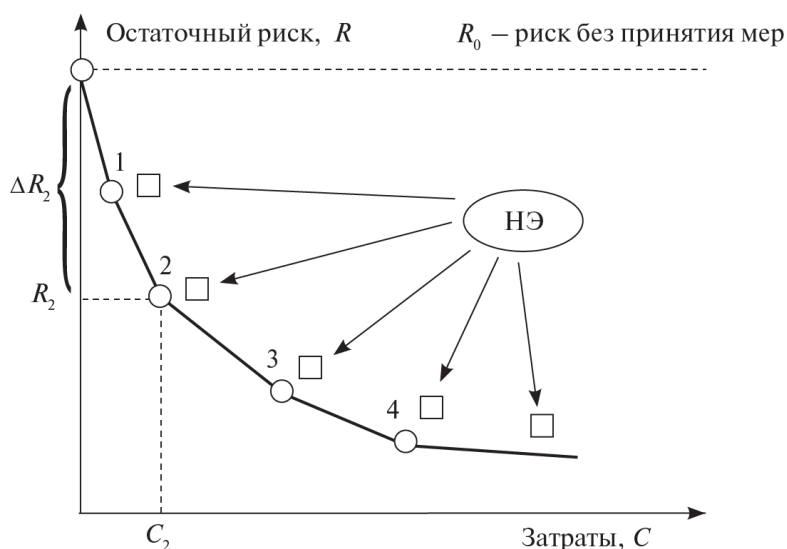


Рисунок 7.4. Ранжирование сценариев снижения риска по приведенным затратам (анализ «затраты-риск»)

Уже по результатам этого этапа анализа могут приниматься решения относительно **выбора эффективных действий**:

- *если известен размер средств, выделяемых на снижение риска  $C_{lim}$* , тогда, как видно из рисунка 7.5, необходимо выбрать сценарий, наиболее близкий по затратам к величине  $C_{lim}$  (но не превышающий ее) – сценарий 3 на рисунке 7.5;

- *если задан уровень риска  $R_{lim}$*  (определяемый через уровни допустимого или приемлемого риска), до которого необходимо снизить существующий коллективный риск, тогда, как видно из рисунка 7.5, необходимо выбрать сценарий, наиболее близкий по риску к величине  $R_{lim}$  (но не превышающий ее) – также сценарий 3 на рисунке 7.5.

В том случае, когда заранее неизвестны ни размер средств, требуемых или предполагаемых для инвестирования в мероприятия по снижению риска, ни дополнительные требования на размер снижения риска, принятие решений осуществляется по результатам рассматриваемых

далее вариантов анализа эффективности с использованием специальных критериев.

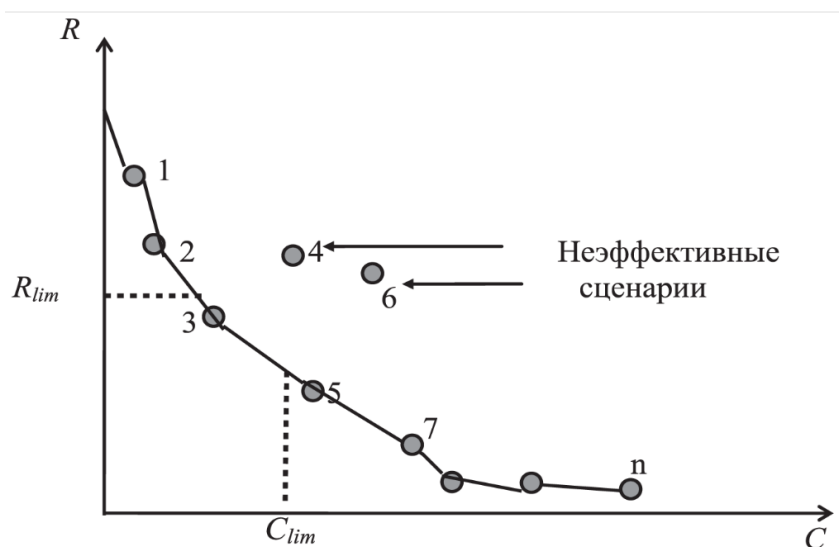


Рисунок 7.5. Иллюстрация процедуры принятия решений по методу анализа «затраты-риск»

### Анализ «затраты-выгоды»

На следующем (втором) этапе анализа по остаточному коллективному или популяционному риску  $R_i$  и цене риска для жизни  $\alpha$  (предположим, что ее значение установлено) рассчитывается  $Y_i = \alpha R_i$  — социально-экономический ущерб после реализации  $i$ -го сценария.

Далее в методе АЗВ необходимо определить выгоду  $B_i$  от реализации  $i$ -го сценария действий, направленного на снижение риска. Выгоду от реализации  $i$ -го сценария можно определять различными способами, и строго говоря не существует унифицированного метода оценки выгод. Наиболее часто выгода от реализации каждого сценария определяется через предотвращенный социально-экономический ущерб  $B_i = \Delta Y_i = (Y_0 - Y_i)$ . Данный этап анализа проиллюстрирован на рисунке 7.6.

### Использование интегрального критерия оптимальности в АЗВ

На заключительном этапе анализа рассчитывается чистый экономический эффект как разность выгод и затрат

$$D_i = \Delta Y_i - C_i = Y_0 - (Y_i - C_i).$$

Для оставшихся после исключения на первом этапе сценариев чистый экономический эффект  $D_i$  должен быть неотрицательным для

эффективных сценариев, и оптимальным будет сценарий, который приводит к максимальному экономическому эффекту (рисунок 7.7).

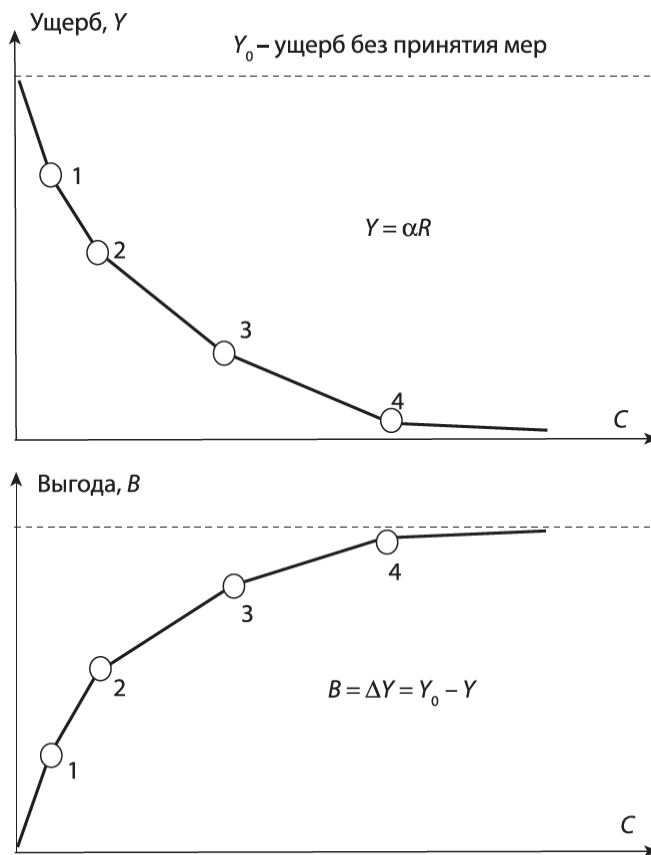


Рисунок 7.6. Иллюстрация зависимости социально-экономического ущерба и выгоды как предотвращенного ущерба от размера затрат на снижение риска

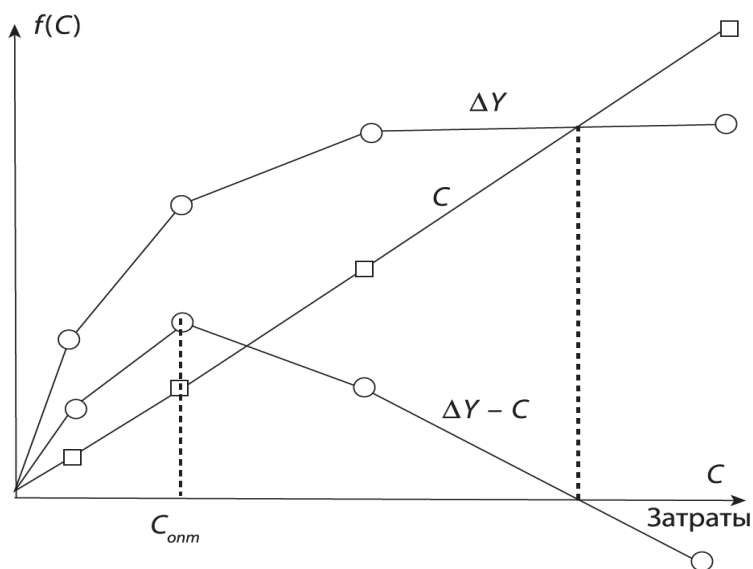


Рисунок 7.7. Иллюстрация оптимизации затрат на снижение риска по методу анализа «затраты-выгоды»

Как отмечалось выше, максимизация чистого экономического эффекта эквивалентна минимизации обобщенных приведенных затрат  $Q(C_i, Y_i)$ :

$$\min Q(C_i, Y_i) = \min (C_i + Y_i)$$

при условии неотрицательности чистого экономического эффекта  $D_i \geq 0$ .

Графическое пояснение приведено на рисунке 7.8.

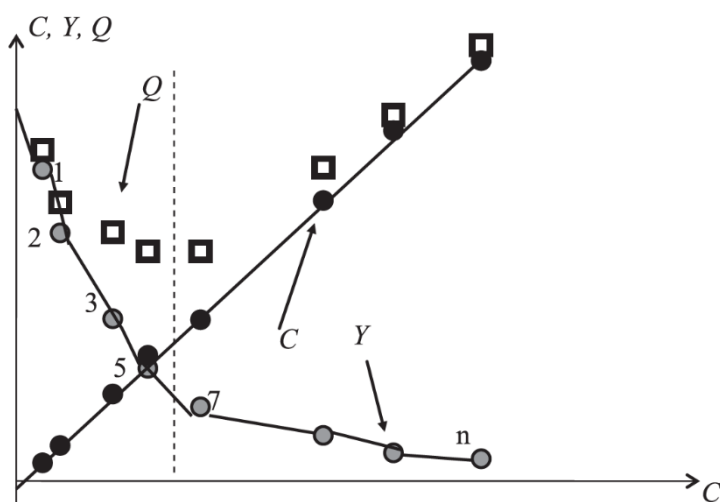


Рисунок 7.8. Социально-экономический ущерб  $Y_i$  (●), затраты  $C_i$  (●) и обобщенные приведенные затраты  $Q(C_i, Y_i)$  (■) в зависимости от затрат на реализацию сценариев действий

Принятие решения по оптимальным мероприятиям в соответствии с интегральным критерием минимума обобщенных приведенных затрат осуществляется путем выбора сценария, для которого обобщенные приведенные затраты  $Q(C_i, Y_i)$  минимальны (максимален чистый экономический эффект  $D$  и при этом он должен быть неотрицательным  $D \geq 0$ ). Из рисунка 7.8 видно, что для сценариев 5 и 7 обобщенные приведенные затраты  $Q(C_i, Y_i)$  минимальны. Такие случаи неоднозначности выбора не редки, т.к. мы имеем дело с дискретным набором сценариев. Если бы функция обобщенных затрат была непрерывной, тогда оптимум достигался бы в единственной точке (на графике рисунок 7.8 эта точка находится между 5 и 7 сценариями). Когда имеется два (или более) примерно одинаковых вариантов выбора, предпочтение следует отдать тому из них, который обеспечивает большее снижение риска (социально-

экономического ущерба). Из иллюстрации рисунка 7.8 следует отдать предпочтение 7 сценарию.

### **Использование дифференциального критерия оптимальности в АЗВ**

Для того, чтобы использовать дифференциальный критерий в дискретном случае, следует произвести *оценку предельных затрат* на снижение риска, которая сопоставляется с ценой риска. Используем введенные ранее обозначения. Схема проведения расчетов изменяется после проведения первого этапа анализа («затраты-риск»).

**2 этап.** Определение для отобранных на первом этапе сценариев величины снижения коллективного или популяционного риска и увеличения затрат при переходе от одного сценария к другому в порядке их ранжированной последовательности. Рассчитываются для каждого сценария  $i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) следующие разности:

$\Delta C_i$  – увеличение затрат сценария  $i$  по отношению к сценарию  $i-1$ ;

$\Delta R_i$  – соответствующее снижение риска:

$$\Delta C_i = C_i - C_{i-1}; \quad \Delta R_i = R_{i-1} - R_i.$$

**3 этап.** Оценка предельных затрат на снижение риска –  $MC_{Ri}$  по следующей формуле:

$$MC_{Ri} = \Delta C_i / \Delta R_i,$$

где  $\Delta C_i$ ,  $\Delta R_i$  – величины, рассчитанные на предыдущем этапе.

Предельные затраты на снижение риска удобно представлять в зависимости от самой величины снижения риска  $R_0 - R_i$ , которые поэтому рекомендуется также рассчитать на данном этапе, если этого не было сделано ранее.

Результаты иллюстративных расчетов представлены в виде графика на рисунке 7.9, на котором по оси абсцисс откладываются либо значения затрат на каждый сценарий в порядке увеличения, либо уменьшение риска, а по оси ординат предельные затраты на уменьшение риска.

**Выбор эффективных действий** в соответствии с дифференциальным критерием эффективности

Эффективными будут только сценарии, расположенные на возрастающем участке функции предельных затрат, для которых

$$MC_{Ri} \leq \alpha.$$



На графике рисунка 7.9 эффективные сценарии находятся ниже уровня  $\alpha$  (сценарии 2, 3, 5). При меньших значениях  $\alpha$  (пунктирная линия) эффективным может оказаться единственный сценарий (2 – на рисунке 7.9).

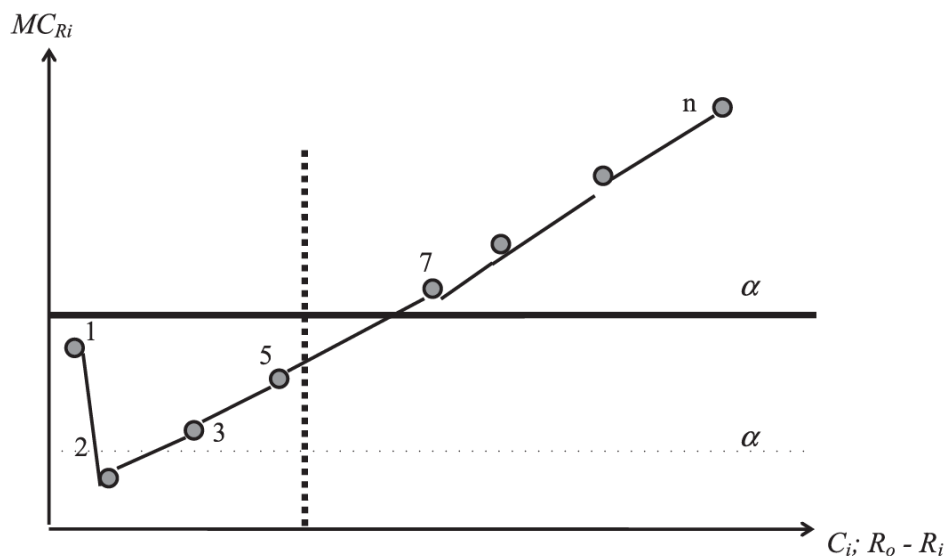


Рисунок 7.9. Предельные затраты на снижение риска в зависимости от затрат на снижение риска или величины снижения риска

**Выбор оптимального решения** (наиболее эффективного действия) в соответствии с дифференциальным критерием оптимальности

Оптимальным будет такой сценарий из набора эффективных, для которого разность

$$(\alpha - MC_{Ri})$$

не отрицательна и минимальна на возрастающем участке предельных затрат. На рисунке 7.9 возрастание предельных затрат начинается со 2 сценария. Поэтому сценарий 5 следует признать оптимальным в соответствии с дифференциальным критерием.

**Замечание.** Дискретность задачи требует проверки по критерию максимума выгоды минус затраты или минимума обобщенных приведенных затрат выбранного на основе дифференциального критерия оптимального сценария (сценарий 5) и следующего сценария, располагающегося на графике выше уровня  $\alpha$  (этот сценарий на рисунке 7.9 обозначен под номером 7). Необходимость данного шага иллюстрируется ситуацией на рисунке 7.9, когда обобщенные затраты справа от точки оптимума могут быть сопоставимы с обобщенными затратами слева от точки оптимума затрат. В непрерывном случае необходимость в такой проверке

не требуется. Реальные ситуации связаны с дискретными задачами, создающими возможности неоднозначности выбора. Поэтому *метод АЗВ с использованием интегрального критерия более надежен и прост по сравнению с применением дифференциального критерия.*

### 7.3. Анализ эффективности затрат

Другим, не менее часто используемым, экономическим методом исследования является *анализ эффективности затрат (АЭЗ)* на сценарии или мероприятия по снижению риска, т.н. анализ «затраты-эффективность». *При проведении АЭЗ не требуется определять социально-экономический ущерб от потерь жизни и здоровья.* АЭЗ позволяет по определенным правилам ранжировать эффективность возможных действий, направленных на снижение риска, и по заданному критерию производить выбор приоритетных мер.

Метод АЭЗ основывается на оценках *удельных (средних) и/или предельных затрат* на снижение риска.

#### Минимизация удельных затрат на снижение риска

Используем введенные ранее (при рассмотрении АЗВ) обозначения.

Схема проведения расчетов изменяется после проведения **первого этапа** анализа («затраты-риск»).

**2 этап.** Определение для отобранных на 1 этапе сценариев величины снижения коллективного или популяционного риска. Рассчитывается для каждого сценария  $i$  – величина снижения коллективного или популяционного риска  $\Delta R_i$ :

$$\Delta R_i = R_0 - R_i.$$

**3 этап.** Оцениваются удельные затраты на снижение риска по формуле:

$$AC_{Ri} = C_i / \Delta R_i.$$

Результаты иллюстративных оценок удельных затрат на снижение коллективного риска представлены на графике рисунка 7.10. На рисунке 7.10 удельные затраты располагаются не в порядке увеличения, а в соответствии с ранжированной последовательностью расположения сценариев 1-го этапа анализа («затраты-риск»).

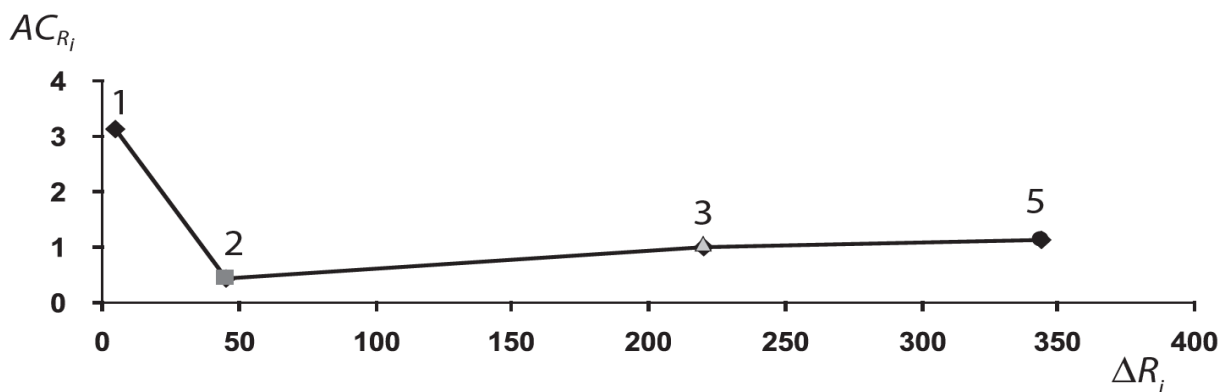


Рисунок 7.10. Удельные затраты на снижение риска для различных сценариев

Далее следует расположить сценарии в порядке возрастания удельных затрат (рисунок 7.11). Видно, что сценарию 2 на графике (см. рисунок 7.10) соответствуют минимальные удельные затраты и этот сценарий располагается первым на диаграмме рисунка 7.11.

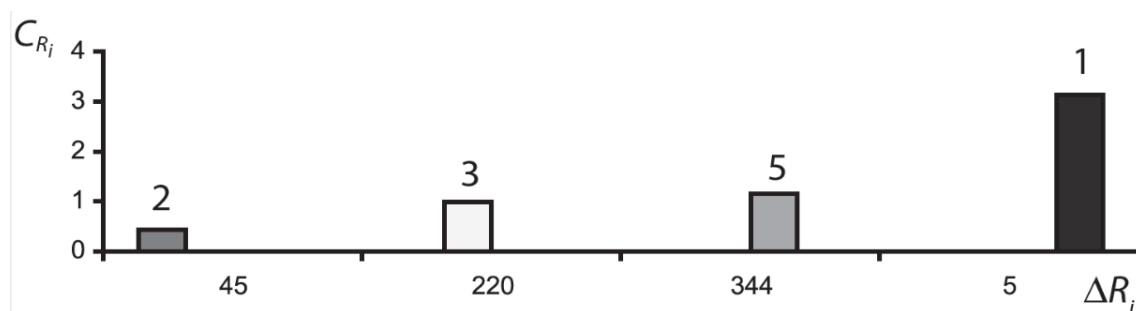


Рисунок 7.11. Удельные затраты на снижение риска для различных сценариев, расположенные в порядке возрастания

**Принятие решения** – выбор наиболее эффективного сценария (или группы мероприятий) по критерию минимума удельных затрат. Наиболее эффективным, как видно из диаграммы рисунка 7.11, является сценарий 2, которому соответствуют наименьшие затраты на единицу снижения риска. Следующим по эффективности располагается сценарий 3 и т.д.

### Использование дифференциального критерия оптимальности в АЭЗ

В отличие от предыдущего случая, в данном варианте метода при анализе используются как удельные, так и предельные затраты на снижение риска.

Теоретической основой метода является следующее хорошо известное правило: *оптимум удельных затрат достигается в точке, где справедливо равенство удельных и предельных затрат:*

$$AC = MC.$$

Это и есть дифференциальный критерий в АЭЗ.

Как и при проведении АЗВ, применение дифференциального критерия требует использования несколько более сложной технологии расчета. Помимо удельных затрат требуется произвести оценку предельных затрат на снижение риска и определить сценарий, который наилучшим образом отражает дифференциальный критерий, т.е. при котором удельные и предельные затраты наиболее близки количественно на участке возрастания предельных затрат. Учитывая необходимость расчета удельных затрат в этом методе, как и в предыдущем, его применяют лишь для дополнительного анализа в случаях, когда оценка удельных затрат дает несколько примерно равноценных вариантов решений.

Иллюстративные результаты представлены в виде графика (рисунок 7.12), на котором по оси абсцисс откладываются либо значения затрат на каждый сценарий в порядке увеличения, либо уменьшение риска, а по оси ординат удельные и предельные затраты на уменьшение риска. Но при этом значение предельных затрат восстанавливается из середины интервала (рисунок 7.12). На графиках рисунка 7.12 хорошо видно, что пересечение функций предельных и удельных затрат происходит в окрестности сценария 2, что подтверждает вывод, полученный с использованием интегрального критерия.

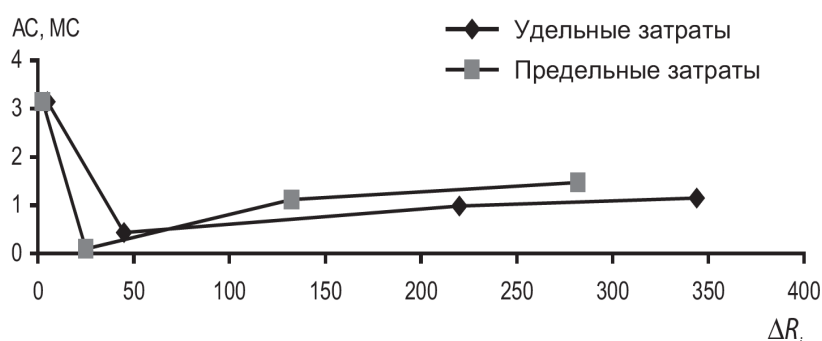


Рисунок 7.12. Удельные и предельные затраты на снижение риска для различных сценариев

**Принятие решения** – выбор наиболее эффективного (оптимального) мероприятия по критерию равенства удельных и предельных затрат. Наиболее эффективным, как видно из графика рисунка 7.12,

является сценарий 2, которому соответствуют наименьшие затраты на единицу снижения риска. В данном примере такой вывод можно сделать, просто найдя минимум удельных затрат. Но может оказаться, что однозначного решения нет, учитывая большие неопределенности в оценках риска. Именно тогда использование дифференциального критерия может быть полезным при принятии решения.

## **7.4. Пример разработки программы мероприятий по повышению защищенности критически важных объектов**

В данном разделе воспользуемся результатами, представленными в работе (Кондратьев-Фирсов, 2008), в которой рассмотрены методы планирования мероприятий по повышению защищенности критически важных объектов, основанные на использовании программно-целевых подходов, и показана возможность практического применения анализа эффективности затрат при подготовке плана повышения защищенности одного из объектов по уничтожению химического оружия (УХО).

### **Анализ возможных угроз и опасностей**

Причинами возникновения ЧС на объектах по УХО могут быть самые различные факторы, в том числе: нарушение технологических регламентов организации хранения опасных химических веществ или производственных процессов по их уничтожению; нарушение герметичности систем в результате коррозии металла или механического воздействия на оборудование; разрушение технологических систем в результате воздействия природных факторов (землетрясение, грозовые разряды), террористических актов, падения космических тел и летательных аппаратов и др. Каждый из перечисленных факторов может реализоваться с определенной частотой. Дерево отказов, ветви которого характеризуют причинно-следственные связи возникновения аварий на объекте по УХО, представлено на рисунке 7.13.

В результате анализа дерева отказов на предмет возможности реализации различных сценариев, приводящих к высвобождению отравляющих веществ (ОВ), события с частотой возникновения ниже  $10^{-7}$  в год были исключены, и некоторые ветви дерева таким образом были отсечены. Наиболее значимые сценарии развития аварии были проранжированы по

частоте их реализации и величине наносимого ими материального ущерба, как представлено в таблице 7.1.

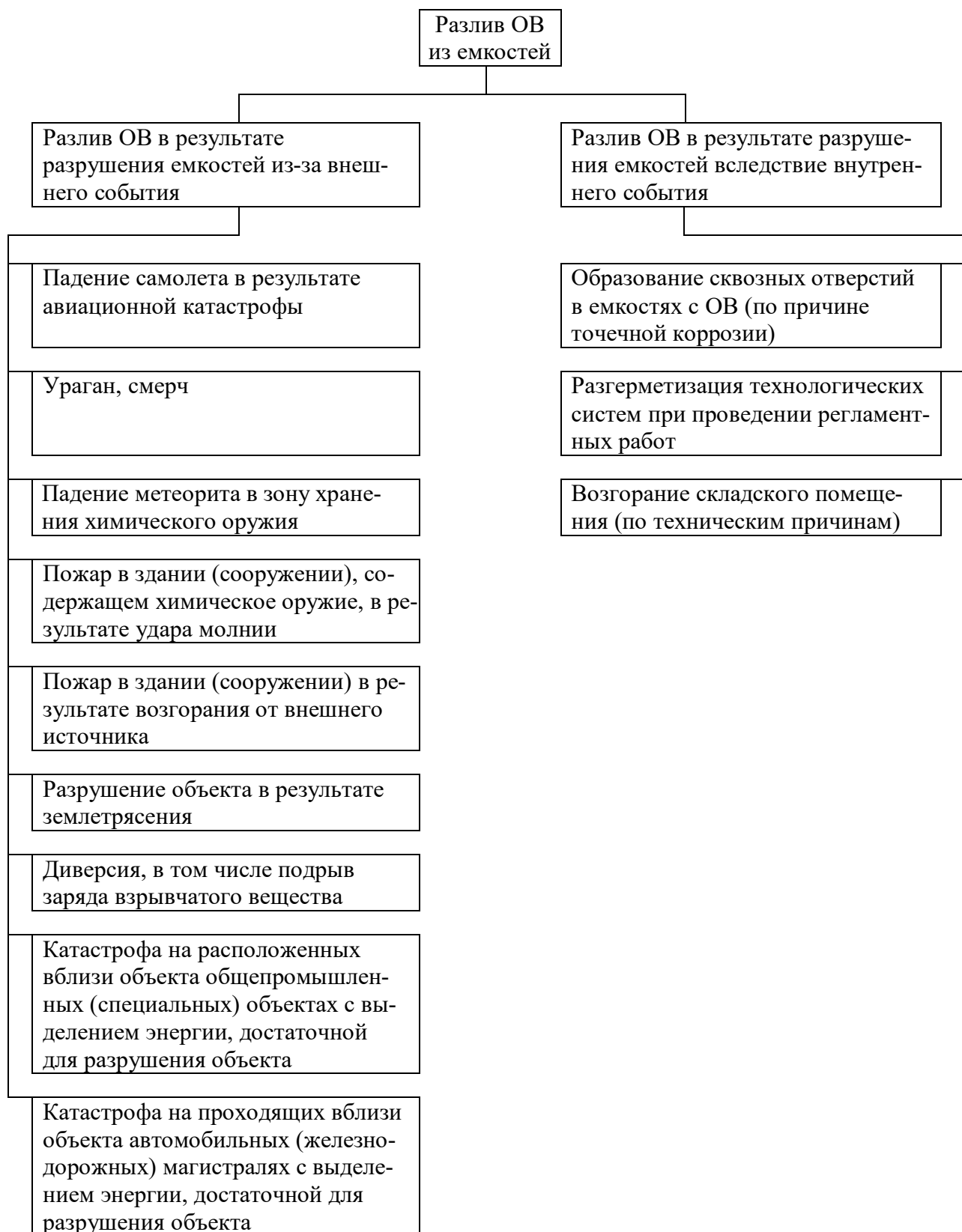


Рисунок 7.13. Дерево отказов возможных аварий с разливом отравляющих веществ (ОВ) на объектах по УХО

Таблица 7.1. Оценка последствий гипотетических ЧС на объекте по уничтожению химического оружия

№ п/п	Тип сценария аварийной ситуации	Частота ЧС	Размер материального ущерба (млн руб.)	Последствия ЧС	Область риска
1	Ураган, смерч с частичным разрушением крыши	$1 \cdot 10^{-5}$	7	Существенные	<b>Область повышенного риска</b>
2	Пожар в хранилище	$5 \cdot 10^{-5}$	5	Существенные	<b>Область повышенного риска</b>
3	Диверсия с подрывом емкости с люизитом, находящейся в хранилище	$5 \cdot 10^{-5}$	3	Существенные	<b>Область повышенного риска</b>
4	Частичное разрушение емкости с люизитом вследствие точечной коррозии металла	$2,6 \cdot 10^{-3}$	0,058	Малосущественные	<b>Область повышенного риска</b>
5	Полное разрушение сборника реакционной массы, реактора вследствие нарушения технологического регламента	$5,24 \cdot 10^{-5}$	4,5	Существенные	<b>Область повышенного риска</b>

Материальный ущерб рассчитывался как ущерб основным производственным фондам плюс ущерб окружающей природной среде в виде суммы платы за загрязнение атмосферного воздуха и экологического ущерба растительному и животному миру (Введение, 2002).

## Формирование состава мероприятий по повышению защищенности критически важных объектов

Мероприятия по повышению защищенности критически важных объектов могут быть направлены как на снижение частоты, так и на смягчение последствий ЧС. При этом приоритетными будут мероприятия, которые влияют на сценарии, находящиеся в области неприемлемого риска или в области повышенного риска.

При определении перечня основных мероприятий важно руководствоваться комплексным подходом, который предусматривает рассмотрение и оценку широкого спектра различных мероприятий как организационного, так и инженерно-технического характера, направленных на снижение частоты возникновения ЧС или смягчение их последствий.

Составленный перечень возможных или планируемых мероприятий содержит пять мероприятий, два из которых направлены на снижение ущерба и три на снижение частоты аварий на объекте по УХО. Данный перечень мероприятий с кратким описанием их содержания приводится в таблице 7.2.

Таблица 7.2. Перечень мероприятий направленных на снижение риска и смягчение последствий реализации сценариев

№ п/п	Тип сценария аварийной ситуации	Мероприятие	Стоимость	Снижение последствий / частоты (экспертно)
1	Ураган, смерч с частичным разрушением крыши	Капитальный ремонт крыш хранилищ	2 млн руб.	$8 \cdot 10^{-6}$
		Установка вблизи хранилищ с люизитом пенных генераторов с дегазирующей и экранирующей рецептурой	0,6 млн руб.	Уменьшение размеров зоны заражения на 95 %
2	Пожар в хранилище	Установка вблизи хранилищ с люизитом пенных генераторов с дегазирующей и экранирующей рецептурой	0,6 млн руб.	Уменьшение размеров зоны заражения на 95 %



## Окончание таблицы 7.2

№ п/п	Тип сценария аварийной ситуации	Мероприятие	Стоимость	Снижение последствий / частоты (экспертно)
3	Диверсия с подрывом хранилища	Проведение антитеррористических учений	0,05 млн руб.	$1 \cdot 10^{-5}$
		Установка вблизи хранилищ с люизитом пенных генераторов с дегазирующей и экранирующей рецептурой	0,6 млн руб.	Уменьшение размеров зоны заражения на 95 %
4	Частичное разрушение емкости с люизитом вследствие точечной коррозии металла	Нанесение на емкости с люизитом индикаторного покрытия	0,1 млн руб.	Снижение ущерба на 95 %
5	Полное разрушение сборника реакционной массы, реактора в следствии нарушения технологического регламента	Обучение персонала на тренажере	1 млн руб.	$5 \cdot 10^{-5}$

### Анализ эффективности затрат

Для оптимизации затрат на внедрение выше приведенных мероприятий был использован метод анализа эффективности затрат – АЭЗ. Согласно АЭЗ все включенные мероприятия должны быть проранжированы в порядке увеличения удельных затрат на снижение риска и смягчение последствий. Для того, чтобы рассчитать удельные затраты на снижение риска и смягчение последствий, необходимо разделить величину приведенных затрат на размер снижения ожидаемого материального ущерба.

Определение величины удельных затрат,  $q_j$ :

$$q_j = \frac{c_j}{u_j},$$

где  $u_j$  – величина снижения ожидаемого материального ущерба при выполнении  $j$ -го мероприятия, млн руб.;  $c_j$  – приведенные затраты (стоимость мероприятия), млн руб.

### **Определение величины снижения ожидаемого материального ущерба, $u_j$**

Для мероприятий, направленных на снижение ущерба от ЧС:

$$u_j = \sum_i p_i \cdot m_i \cdot n_i.$$

Для мероприятий, направленных на снижение частоты ЧС:

$$u_j = \sum_i p_i \cdot m_i \cdot k_i,$$

где  $p_i$  – частота реализации ЧС;  $m_i$  – ущерб от ЧС, млн руб.;  $n_i$  – относительная доля снижения ущерба;  $k_i$  – относительная доля снижения частоты ЧС.

Результаты расчетов удельных затрат на снижение риска и смягчение последствий представлены в таблице 7.3. Размеры снижения частоты и последствий ЧС при выполнении каждого мероприятия, а также приведенные затраты на реализацию каждого мероприятия определены экспертно.

Мероприятия (таблица 7.3) расположены в порядке уменьшения их экономической эффективности. Относительная разница по уровню эффективности данных мероприятий наглядно видна на диаграмме рисунке 7.14.

Как видно из диаграммы рисунка 7.14, предложения по капитальному ремонту крыш хранилищ оказывается существенно менее эффективным по сравнению с другими мероприятиями. Для снижения уровня риска или смягчения последствий от воздействия ураганов необходим поиск менее дорогостоящих решений. Сроки выполнения и объемы финансирования мероприятий определяются исходя из бюджетных и организационно-технических возможностей КВО.

Таблица 7.3. Результаты расчетов удельных затрат на снижение риска и смягчение последствий на объекте по уничтожению химического оружия

Мероприятие	Снижение последствий / частоты (экспертно)	Приведенные затраты, млн руб.	Снижение ожидаемого материального ущерба, млн руб.	Удельные затраты (тыс. руб на ед. снижения материального ущерба)
Нанесение на емкости с люизитом индикаторного покрытия	Снижение ущерба на 95 %	0,1	$1,43 \cdot 10^{-4}$	0,7
Установка вблизи хранилищ с люизитом пенных генераторов с дегазирующей и экранирующей рецептурой	Уменьшение размеров зоны заражения на 95 %	0,6	$4,47 \cdot 10^{-4}$	1,3
Проведение антитеррористических учений	$1 \cdot 10^{-5}$	0,05	$3,0 \cdot 10^{-5}$	1,7
Обучение персонала на тренажере	$5 \cdot 10^{-5}$	1	$2,25 \cdot 10^{-4}$	4,4
Капитальный ремонт крыш хранилищ	$8 \cdot 10^{-6}$	2	$5,6 \cdot 10^{-5}$	35,7

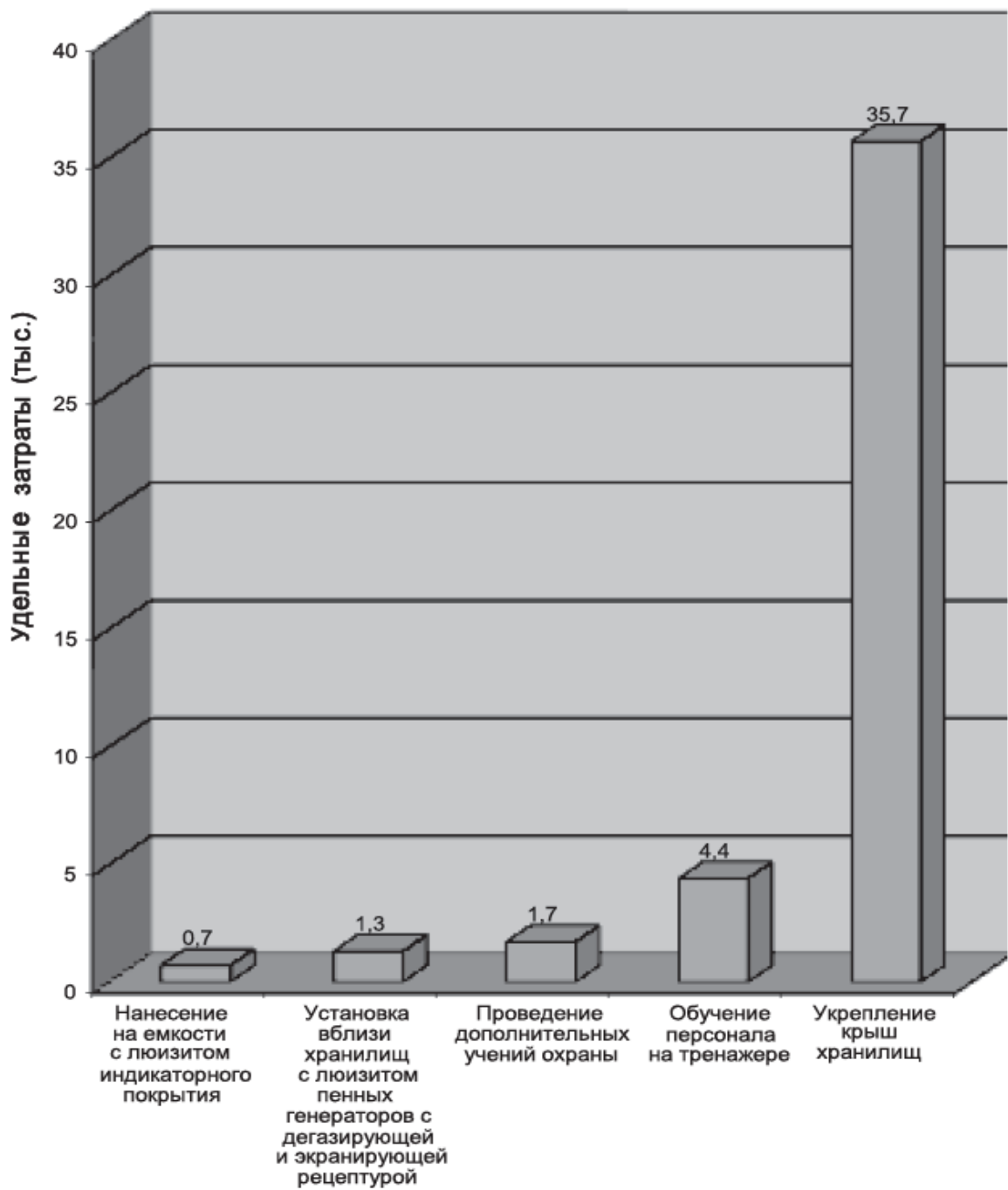


Рисунок 7.14. Эффективность мероприятий, включенных в программу оптимизации затрат на снижение риска и смягчение последствий на объекте по уничтожению химического оружия (тыс. руб на ед. снижения материального ущерба)

## **7.5. Пример разработки программы по оптимизации затрат на снижение риска (по данным ситуационного исследования в Самарской области)**

Проект (Новиков, Порфирьев, Быков и др., 1999) по региональному анализу риска систематического воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье населения жителей Куйбышевского района г. Самары, г. Новокуйбышевска и пос. Русские и Чувашские Липяги был осуществлен в конце 90-х годов прошлого столетия. В анализ были включены более 30 источников систематического загрязнения окружающей среды. Основным показателем риска здоровью населения в блоке управление риском и экономической оптимизации затрат на снижение риска служил показатель популяционного риска (для систематического воздействия) – аналог коллективного риска (для аварийного воздействия).

Процедура разработки программы по оптимизации затрат на снижение риска включала использование последовательно трех представленных в предыдущих разделах методов и является очень показательной. Несмотря на то, что проект в Самарской области носил региональный характер и мероприятия разрабатывались для различных объектов, технология расчета достаточно универсальна и может быть применена к отдельному опасному объекту.

С точки зрения концепции риска и в соответствии с логикой методов анализа «затраты-риск» (АЗР), анализа «затраты-выгоды» (АЗВ) и анализа эффективности затрат (АЭЗ) эффективными могут считаться мероприятия, обеспечивающие либо минимальные затраты на достижение целевого уровня риска или максимально возможное снижение риска при данном уровне затрат (АЗР), либо минимизацию затрат на установленную величину снижения риска (АЭЗ), которая предполагает достижение приемлемого уровня риска здоровью людей или максимальное к нему приближение, оптимальными могут считаться мероприятия, обеспечивающие максимум чистого экономического эффекта (АЗВ). Выбор групп наилучших мероприятий по одному из указанных критериев предполагает оценку вариантов затрат по всему спектру возможных мероприятий или групп мероприятий – сценариев снижения риска (Быков, Соленова, Земляная и др., 1999).

К сожалению, необходимые данные для проведения такого рода экономического анализа в полном объеме при проведении ситуационного исследования отсутствовали, не в последнюю очередь, вследствие

того, что установленные уполномоченными государственными органами формы представления данных по природоохранным мероприятиям не были приспособлены для экономического анализа по методам «затраты-выгоды» и «затраты-эффективность». Для Куйбышевского района г. Самары оказалась доступной лишь некоторая информация по нескольким мероприятиям (возможным сценариям) на заводе «Волгобурмаш», Кряжском ЖБК и Куйбышевском НПЗ. В отношении Новокуйбышевска ситуация несколько иная в связи с тем, что была разработана специальная программа, содержащая более широкий набор мер по выводу города из зоны чрезвычайной экологической ситуации.

Обобщенные результаты поэтапного экономического анализа в рамках ситуационного исследования с применением обозначенных выше методов приводятся ниже. Используются введенные нами ранее обозначения.

### **Ранжирование мероприятий и сценариев по затратам и риску**

*Первый этап (АЗР) – ранжирование мер по затратам и риску*, т.е. выстраивание их в порядке увеличения затрат  $C_i$  или уменьшения риска  $R_i$  («увеличения снижения» риска  $\Delta R_i$ ). Таким образом, затраты на реализацию сценария  $i+1$  должны быть больше (или не меньше) затрат по  $i$ -му сценарию. Остаточный риск, наоборот, должен быть меньше (не больше) после реализации сценария  $i+1$  по сравнению с  $i$ -м сценарием. В принципе, мероприятия, для которых после такого ранжирования увеличение затрат  $C_{i+1} > C_i$  приводит к увеличению риска  $R_{i+1} > R_i$  (или снижению уменьшения риска  $\Delta R_i > \Delta R_{i+1}$ ) можно было исключить из дальнейшего анализа в качестве самостоятельных мероприятий как неэффективные. Однако подобная процедура была применена не в отношении отдельных мероприятий, а по отношению к разработанным сценариям, представляющим группы мероприятий.

В экономический анализ были включены 17 мероприятий (таблица 7.4), для которых удалось оценить снижение популяционного риска после их осуществления. Ранжированная последовательность исследуемых мероприятий в порядке увеличения приведенных затрат представлена в таблице 7.4. При этом следует ожидать последовательного увеличения величины снижения остаточного популяционного риска  $\Delta R_i$  с увеличением номера мероприятия.

Таблица 7.4. Ранжирование мероприятий по приведенным затратам

Сценарий № п/п	Описание сценария	Затраты на реализацию сценария $C_i$ , млн руб. (в ценах 1998 г.)	Снижение популяционного риска, $R_0 - R_i$
0	Отсутствие действий	0	0
1	ЗЖБИ-6 (Новокуйбышевск) Установка рукавного фильтра на отделении БУ, КБУ пневмоподачи	0,2 (снижение выброса ВВ на 25,6 т/год 82,3 %)	4,36
2	КНПЗ (Новокуйбышевск) Дооборудование резервуаров тов. парков т. 35 гр. 2 и 3 газоуравнительной линией	0,337 (снижение выброса бензола на 76,0 т/год 37,4 %)	1,72
3	КНПЗ (Новокуйбышевск) Демонтаж уст-ки АВТ-10	0,34 (снижение выброса диоксида серы на 950,8 т/год 6,7 %, ВВ на 21,7 т/год)	1,78
4	КНПЗ (Новокуйбышевск) Демонтаж уст-к 22-3, 22-4	0,526 (снижение выброса диоксида серы на 431,8 т/год 3,0 %, ВВ на 3,82 т/год)	0,80
5	КНПЗ (Новокуйбышевск) Демонтаж уст-ки стабилизации бензина	0,64 (снижение выброса диоксида серы на 79,8 т/год 0,6 %, ВВ на 1,3 т/год)	0,15
6	ОАО Волгобурмаш Монтаж системы очистки удаляемого воздуха с КПД не менее 90 % от 11 рабочих мест	0,65 (снижение выброса ВВ на 17,4 %)	8,86
7	Кряжский з-д ЖБК Установка двухступенчатой очистки удаляемого воздуха	0,65 (экспертно) (снижение выброса ВВ на 90,7 %)	18,68
8	КНПЗ (Самара) Строительство установки регенерации серной кислоты	6,5 (освоено) (увеличение выброса диоксида серы на 0,1%)	-0,12

Продолжение таблицы 7.4

Сценарий № п/п	Описание сценария	Затраты на реализацию сценария $C_i$ , млн руб. (в ценах 1998 г.)	Снижение популяционного риска, $R_o - R_i$
9	КНПЗ (Новокуйбышевск) Демонтаж уст-ки 24-6/3	0,78 (снижение выброса диоксида серы на 494,2 т/год 3,5 %, ВВ на 6,7 т/год)	0,93
10	КНПЗ (Новокуйбышевск) Демонтаж парков уст-к 22-3, 22-4	1,0 (снижение выброса бензола на 1,4 т/год 0,7 %)	0,03
11	КНПЗ (Новокуйбышевск) Демонтаж парка в связи со строительством уст-ки ЛК-6У	1,317 (снижение выброса бензола на 0,6 т/год 0,3 %)	0,01
12	Новокуйбышевск Перевод автотранспорта на неэтилированный бензин	1,5 (снижение выброса тетраэтилсвинца и бенз(а)пирена на 30 %)	0,03
13	ТЭЦ-2 (Новокуйбышевск) Перевод котлов №№ 1, 2 на сжигание газообразного топлива	3,364 (снижение выброса диоксида серы на 8151,0 т/год 27,7 %, хрома на 25 % по пятиокиси ванадия)	13,04 (6,53/6,51)
14	КНПЗ (Новокуйбышевск) Демонтаж емкостей парков тит. 33, тит.631 и переоборудование парка тит. 347 под хран.диз.топ.	4,578 (снижение выброса бензола на 6,5 т/год 3,2 %)	0,15
15	ТЭЦ-1 (Новокуйбышевск) Монтаж горелок концерна АВВ с блоками «Амакс» на к.а. ТП-230	5,163 (снижение выброса диоксида серы на 70,0 т/год 2,0 %)	0,09
16	Пос.Липяги Переселение жителей из санитарно-защитной зоны КНПЗ (Новокуйбышевск) – п. Русские и Чувашские Липяги по пост-ям ГОРЦСЭН	10,2 (снижение воздействия и риска примерно на 70 % до уровня Новокуйбышевска)	22,4



Окончание таблицы 7.4

Сценарий № п/п	Описание сценария	Затраты на реализацию сценария $C_i$ , млн руб. (в ценах 1998 г.)	Снижение популяционного риска, $R_0 - R_i$
17	АО НК НХК (Новокуйбышевск) Перепрофилирование производства дивинила на метилтретбутиловый эфиркомпонент автомобильных топлив и заменитель тетраэтилсвинца	75,4 (снижение выброса диоксида серы на 100,0 т/год 45,2 %, столько же – хрома, снижение выброса автотранспортом тетраэтилсвинца и бенз(а)пирена на 30 %)	23,35

Мероприятие 8 было исключено из дальнейшего рассмотрения как способствующее увеличению риска. Кроме того, все мероприятия, кроме 1, 6, 7, 16, 17, взятые в отдельности, не являются эффективными в сравнении с другими мероприятиями, т.к. увеличение затрат ( $C_{i+1} > C_i$ ) приводит к увеличению остаточного риска ( $R_{i+1} > R_i$ ). Тем не менее, их не следует исключать вообще, т.к. в комбинации с другими мероприятиями они могут обеспечивать эффективную последовательность действий. Поэтому помимо названных эффективных мероприятий были исследованы и ранжированы различные комбинации мероприятий (комбинированные мероприятия – сценарии), среди которых были исключены неэффективные по тому же критерию. В результате ранжированные комбинации мероприятий образуют возможные наработанные сценарии (часть из них приведена в таблице 7.5 и на рисунке 7.15).

Таблица 7.5. Ранжирование комбинаций мероприятий (сценариев) по приведенным затратам

Сценарий № п/п	Номер мероприятия (группы мероприятий – из таблицы 7.4)	Затраты на реализацию сценария (млн руб., цены 1998 г.)	Снижение популяционного риска
1	1	0,2	4,36
2	1+2	0,537	6,08
3	1+3	0,54	6,14
4	6	0,65	8,86
5	7	0,65 (экспертно)	18,68
6	7+1	0,85	23,04
7	7+1+2	1,187	24,76
8	7+1+3	1,19	24,82
9	7+6	1,3	27,54
10	7+1+6	1,5	31,9
11	7+1+6+2	1,837	33,62
12	1+3+6+7	1,84	33,68
13	1+2+3+6+7	2,177	35,4
14	1+2+3+4+6+7	2,703	36,2
15	1+2+3+6+7+9	2,957	36,33
16	1+2+3+4+6+7+9	3,483	37,13
17	1+2+3+4+5+6+7+9	4,123	37,28
18	1+2+3+4+5+6+7+9+10	5,123	37,31
19	1+3+6+7+13	5,204	46,72
20	1+2+3+6+7+13	5,541	48,44

Окончание таблицы 7.5

Сценарий № п/п	Номер мероприятия (группы мероприятий – из таблицы 6.2.5)	Затраты на реализацию сценария (млн руб., цены 1998 г.)	Снижение популяционного риска
21	1+2+3+4+6+7+13	6,067	49,24
22	1+2+3+6+7+9+13	6,321	49,37
23	1+2+3+4+6+7+9+13	6,847	50,17
24	1+2+3+4+5+6+7+9+13	7,487	50,32
25	1+2+3+4+5+6+7+9+10+13	8,487	50,35
26	1+2+3+4+5+6+7+9+10+11+13	9,804	50,36
27	1+2+3+4+5+6+7+9+10+12+13	9,987	50,38
28	1+2+3+4+5+6+7+9+10+11+12+13	11,304	50,39
29	1+2+3+4+5+6+7+9+13+14	12,065	50,47
30	1+2+3+4+5+6+7+9+13+14+10	13,065	50,50
31	1+2+3+4+5+6+7+9+13+14+10+11	14,382	50,51
32	1+2+3+4+5+6+7+9+13+14+10+12	14,565	50,53
33	1+2+3+4+5+6+7+9+13+14+10+12+11	15,882	50,54
34	1+2+3+4+5+6+7+9+13+14+15	17,228	50,56
35	1+2+3+4+5+6+7+9+13+14+15+10	18,228	50,59
36	1+2+3+4+5+6+7+9+13+14+15+10+11	19,545	50,60
37	1+2+3+4+5+6+7+9+13+14+15+10+12	19,728	50,63
38	1+2+3+4+5+6+7+9+13+14+15+10+12+11	21,045	50,64
39	1+2+3+4+5+6+7+9+10+11+12+13+14+15+16	31,245	73,04
40	1+2+3+4+5+6+7+9+10+11+12+13+14+15+17	96,445	73,99
41	1+2+3+4+5+6+7+9+10+11+12+13+14+15+16+17	106,645	96,39



Рисунок 7.15. Зависимость снижения популяционного риска от затрат на реализацию сценария

Уже по результатам этого этапа анализа, как указывалось выше, могут приниматься решения относительно выбора эффективных действий при одном из двух условий. Во-первых, если известен размер средств, выделяемых на снижение риска ( $C_{lim}$ ). Тогда необходимо выбрать сценарий, наиболее близкий по затратам к величине  $C_{lim}$ , но не превышающий ее. Во-вторых, если задан уровень риска ( $R_{lim}$ ), до которого необходимо снизить существующий риск (целевое значение), тогда, необходимо выбрать сценарий, наиболее близкий по риску  $R_i = R_o - \Delta R_i$ , к величине  $R_{lim}$ , но не превышающий ее. В том случае, когда заранее не известны ни размер средств, требуемых или предполагаемых для инвестирования в мероприятия по снижению риска, ни дополнительные требования на размер снижения риска, принятие решений осуществляется по результатам рассматриваемых далее вариантов анализа эффективности с использованием других специальных критериев.

### Определение оптимального сценария (группы эффективных мероприятий)

**Второй этап (АЗВ) – определение эффективных (оптимальных) сценариев по снижению риска на основе максимизации чистого экономического эффекта (минимизации обобщенных приведенных затрат).** На этом этапе анализа по остаточному популяционному (коллективному) риску  $R_i$  и цене риска  $\alpha$  рассчитывается величина социально-экономического ущерба  $Y_i$ , выгоды от реализации каждого сценария  $B_i = \Delta Y_i$  и чистый экономический эффект  $D = \Delta Y_i - C_i = Y_0 - (Y_i + C_i)$  как разность выгод и затрат. Для оставшихся после исключения на первом этапе сценариев экономический эффект должен быть неотрицательным ( $D \geq 0$ ) для эффективных сценариев.

В расчетах были использованы следующие значения:  $\alpha = 0,2$  млн руб. (1998 г.) на единицу риска, а также дифференцированные значения для неканцерогенного и канцерогенного риска (Быков, Соленова, Земляная и др., 1999). Для канцерогенного риска были использованы два значения:  $\alpha = 0,2$  млн руб. и  $\alpha = 2,0$  млн руб. (1998 г.). Результаты данного этапа представлены в таблице 7.6 (в скобках приведены значения, полученные с использованием  $\alpha = 2,0$  млн руб.) и на рисунках 7.16 и 7.17.

Таблица 7.6. Оценка эффективности мероприятий по снижению риска по критерию максимального чистого экономического эффекта

Сценарий № п/п	Затраты на реализацию сценария (млн руб., цены 1998 г.)	Снижение популяционного риска	Канцерогенный/неканцерогенный риск	Выгода от реализации сценария ( $B_i$ ), (млн руб., цены 1998 г.)	Чистый экономический эффект от реализации сценария ( $D$ ), (млн руб., цены 1998 г.)
1	0,2	4,36	0/4,36	0,872	0,672
2	0,537	6,08	1,72/4,36	1,216 (4,312)	0,679 (3,775)
3	0,54	6,14	0/6,14	1,228	0,688
4	0,65	8,86	0/8,86	1,772	1,122
5	0,65 (экспертно)	18,68	0/18,68	3,736	3,086
6	0,85	23,04	0/23,04	4,608	3,758
7	1,187	24,76	1,72/23,04	4,952 (8,048)	3,765 (6,861)
8	1,19	24,82	0/24,82	4,964	3,774
9	1,3	27,54	0/27,54	5,508	4,208
10	1,5	31,9	0/31,9	6,38	4,88
11	1,837	33,62	1,72/31,9	6,724 (9,82)	4,887 (7,983)
12	1,84	33,68	0/33,68	6,736	4,896
13	2,177	35,4	1,72/33,68	7,08 (10,16)	<b>4,903 –макс.</b> (7,983)
14	2,703	36,2	1,72/34,48	7,24 (10,32)	4,534 (7,617)
15	2,957	36,33	1,72/34,61	7,266	4,309
16	3,483	37,13	1,72/35,41	7,426 (10,522)	3,943 (7,039)
17	4,123	37,28	1,72/35,56	7,456 (10,552)	3,333 (6,422)
18	5,123	37,31	1,75/35,56	7,462 (10,612)	2,339 (5,489)
19	5,204	46,72	6,53/40,19	9,344 (21,098)	4,14 (15,894)
20	5,541	48,44	8,25/40,19	9,688 (24,538)	4,147 ( <b>18,997 –макс.</b> )

Окончание таблицы 7.6

Сценарий № п/п	Затраты на реализацию сценария (млн руб., цены 1998 г.)	Сниже- ние популя- ционного риска	Канцерогенный/ неканцерогенный риск	Выгода от реализации сценария ( $B_i$ ), (млн руб., цены 1998 г.)	Чистый экономический эффект от реализации сценария ( $D$ ), (млн руб., цены 1998 г.)
21	6,067	49,24	8,25/40,99	9,848 (24,698)	3,781 (18,631)
22	6,321	49,37	8,25/41,12	9,874 (24,724)	3,553 (18,403)
23	6,847	50,17	8,25/41,92	10,034 (24,884)	3,187 (18,037)
24	7,487	50,32	8,25/42,07	10,064 (24,914)	2,577 (17,427)
25	8,487	50,35	8,28/42,07	10,07 (24,974)	1,583 (16,487)
26	9,804	50,36	8,29/42,07	10,072 (24,994)	0,268 (15,19)
27	9,987	50,38	8,31/42,07	10,076 (25,034)	0,089 (15,047)
39	31,245	73,04	12,52/60,52	(37,144)	(5,899)

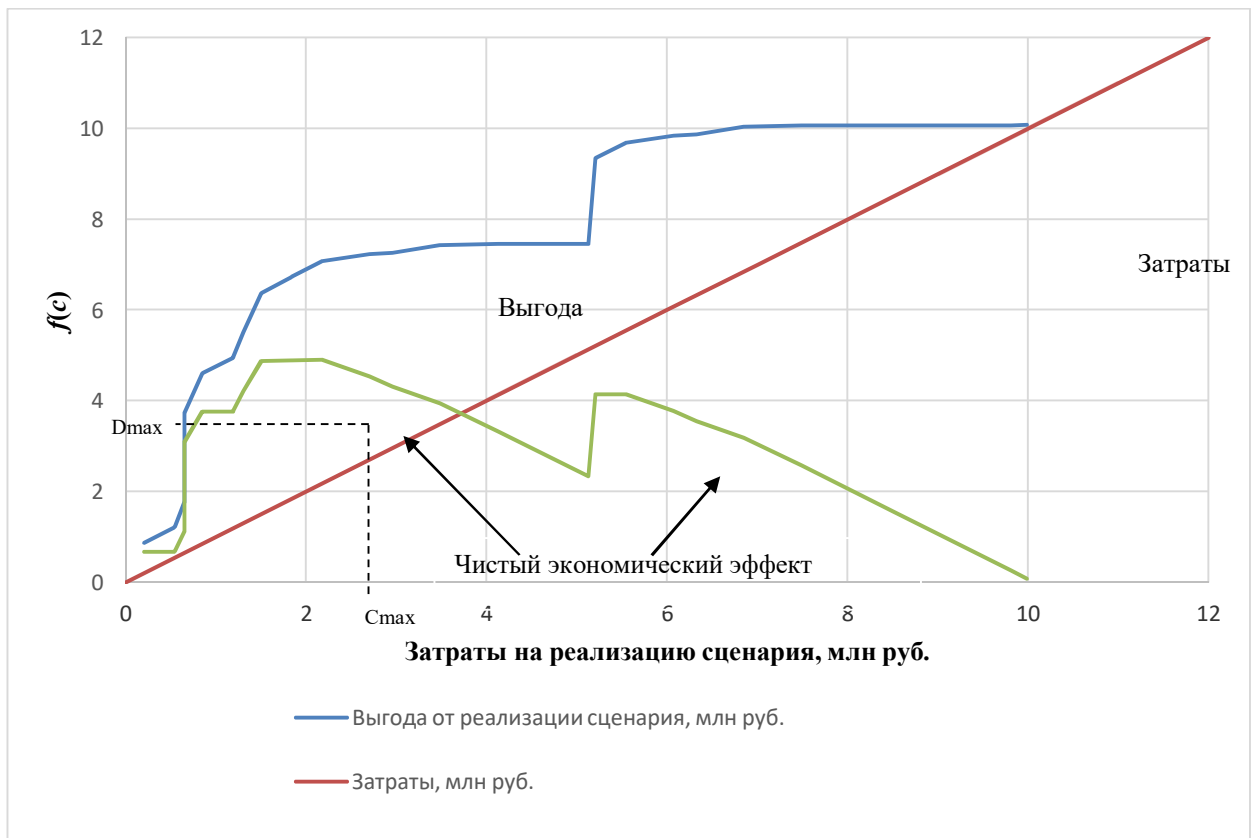


Рисунок 7.16. Зависимости выгоды и чистого экономического эффекта от затрат на реализацию сценария при  $\alpha = 0,2$  млн руб.

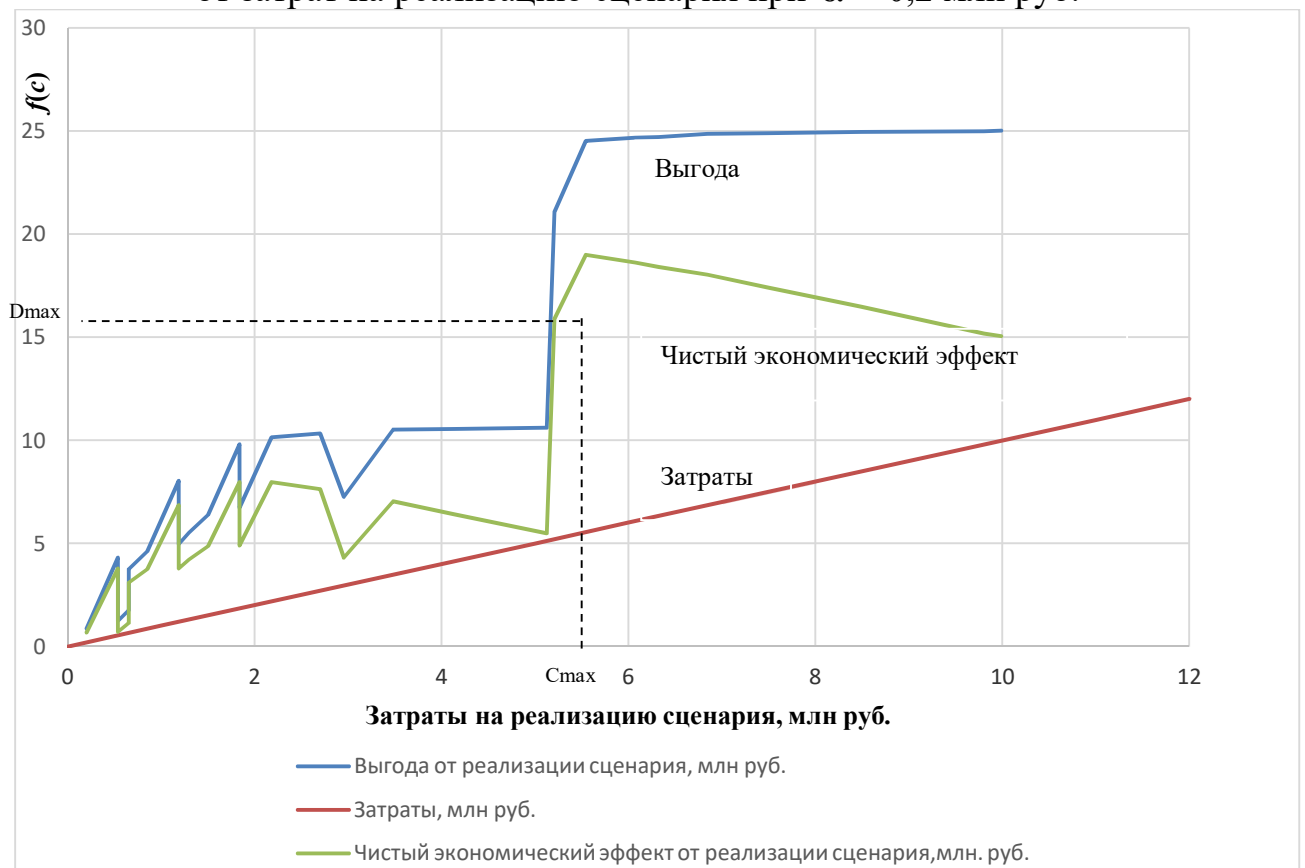


Рисунок 7.17. Зависимости выгоды и чистого экономического эффекта от затрат на реализацию сценария при  $\alpha = 2,0$  млн руб.

**Принятие решения по выбору оптимальных мероприятий из числа эффективных**, установленных на предшествующем этапе, осуществляется в соответствии с интегральным критерием максимума чистого экономического эффекта: выбирается сценарий, для которого максимален чистый экономический эффект  $D$ .

Для сценариев, указанных в таблице 7.7, при одинаковом для неканцерогенного и канцерогенного рисков значении  $\alpha = 0,2$  млн руб. оптимальным будет сценарий 13 – комбинация первых семи мероприятий за исключением четвертого и пятого (мероприятия 1+2+3+6+7, таблицы 7.6). При  $\alpha = 0,2$  млн руб. для неканцерогенного риска и  $\alpha = 2,0$  млн руб. для канцерогенного риска оптимальным будет уже сценарий 20 – комбинация тех же мер, что и в предыдущем случае, плюс мероприятие 13 (мероприятия 1+2+3+6+7+13 из таблицы 7.5).

### **Определение эффективной последовательности реализации мероприятий**

Примененный выше метод «затраты-выгоды» позволил получить ответ на вопрос, какие именно программные мероприятия и/или их комбинации наилучшим образом содействуют снижению риска. Однако остается открытым вопрос о **последовательности осуществления этих мероприятий**. Ответ на него может быть получен с помощью другого метода оценки эффективности программных мероприятий по снижению риска – анализа эффективности затрат (АЭЗ) на мероприятия по снижению риска или, иначе, метода «затраты-эффективность» (Introduction, 1986). Данный метод, как указывалось выше, не требует определять социально-экономический ущерб от потерь жизни и здоровья. Ранжирование эффективности мер и их комбинаций, направленных на снижение риска для здоровья, производится на основе оценки средних (удельных) затрат на снижение риска, выбор приоритетных мер – по критерию минимизации средних (удельных) затрат на снижение риска.

Используем введенные ранее обозначения и данные. Кроме того, учитывая идентичность начального этапа расчетов по данному методу и методу «затраты-выгоды» **ранжирование мер по затратам и риску**, воспользуемся также полученными результатами по первому этапу. На **данном этапе оцениваются удельные затраты на снижение риска**  $AC_{Ri} = C_i / \Delta R_i$ . Результаты оценок и ранжирование всех сценариев



в порядке возрастания удельных затрат приведены в таблице 7.7 и на рисунке 7.18.

Таблица 7.7. Ранжированные оценки удельных затрат

Сценарий	Номер мероприятия (группы мероприятий)	Затраты на реализацию сценария (млн руб., цены 1998 г.)	Снижение популяционного риска	Удельные затраты на снижение риска (млн руб.)
5	7	0,65 (экспертно)	18,68	0,0348
6	7+1	0,85	23,04	0,0369
1	1	0,2	4,36	0,0459
10	7+1+6	1,5	31,9	0,0470
9	7+6	1,3	27,54	0,0472
7	7+1+2	1,187	24,76	0,0479
8	7+1+3	1,19	24,82	0,04794
11	7+1+6+2	1,837	33,62	0,0546
12	1+3+6+7	1,84	33,68	0,0546
13	1+2+3+6+7	2,177	35,4	0,0615
4	6	0,65	8,86	0,0734
14	1+2+3+4+6+7	2,703	36,2	0,0747
15	1+2+3+6+7+9	2,957	36,33	0,0814
3	1+3	0,54	6,14	0,0879
2	1+2	0,537	6,08	0,0883
16	1+2+3+4+6+7+9	3,483	37,13	0,0938
17	1+2+3+4+5+6+7+9	4,123	37,28	0,1106
18	1+2+3+4+5+6+7+9+10	5,123	37,31	0,1130
19	1+3+6+7+13	5,204	46,72	0,1114
20	1+2+3+6+7+13	5,541	48,44	0,1144
21	1+2+3+4+6+7+13	6,067	49,24	0,1232
22	1+2+3+6+7+9+13	6,321	49,37	0,1280
23	1+2+3+4+6+7+9+13	6,847	50,17	0,1365
24	1+2+3+4+5+6+7+9+13	7,487	50,32	0,1488
25	1+2+3+4+5+6+7+9+10+13	8,487	50,35	0,1686
26	1+2+3+4+5+6+7+9+10+11+13	9,804	50,36	0,1947
27	1+2+3+4+5+6+7+9+10+12+13	9,987	50,38	0,1982
28	1+2+3+4+5+6+7+9+10+11+12+13	11,304	50,39	0,2243
29	1+2+3+4+5+6+7+9+13+14	12,065	50,47	0,2391
30	1+2+3+4+5+6+7+9+10+13+14	13,065	50,50	0,2587
31	1+2+3+4+5+6+7+9+10+11+13+14	14,382	50,51	0,2847
32	1+2+3+4+5+6+7+9+10+12+13+14	14,565	50,53	0,2882
33	1+2+3+4+5+6+7+9+10+11+12+13+14	15,882	50,54	0,3142
34	1+2+3+4+5+6+7+9+13+14+15	17,228	50,56	0,3407
35	1+2+3+4+5+6+7+9+10+13+14+15	18,228	50,59	0,3603
36	1+2+3+4+5+6+7+9+10+11+13+14+15	19,545	50,60	0,3863

Окончание таблицы 7.7

Сценарий	Номер мероприятия (группы мероприятий)	Затраты на реализацию сценария (млн руб., цены 1998 г.)	Снижение популяционного риска	Удельные затраты на снижение риска (млн руб.)
37	1+2+3+4+5+6+7+9+10+12+13+14+15	19,728	50,63	0,3897
38	1+2+3+4+5+6+7+9+10+11+12+13+14+15	21,045	50,64	0,4156
39	1+2+3+4+5+6+7+9+10+11+12+13+14+15+16	31,245	73,04	0,4278
41	1+2+3+4+5+6+7+9+10+11+12+13+14+15+16+17	106,645	96,39	1,1064
40	1+2+3+4+5+6+7+9+10+11+12+13+14+15+17	96,445	73,99	1,3035

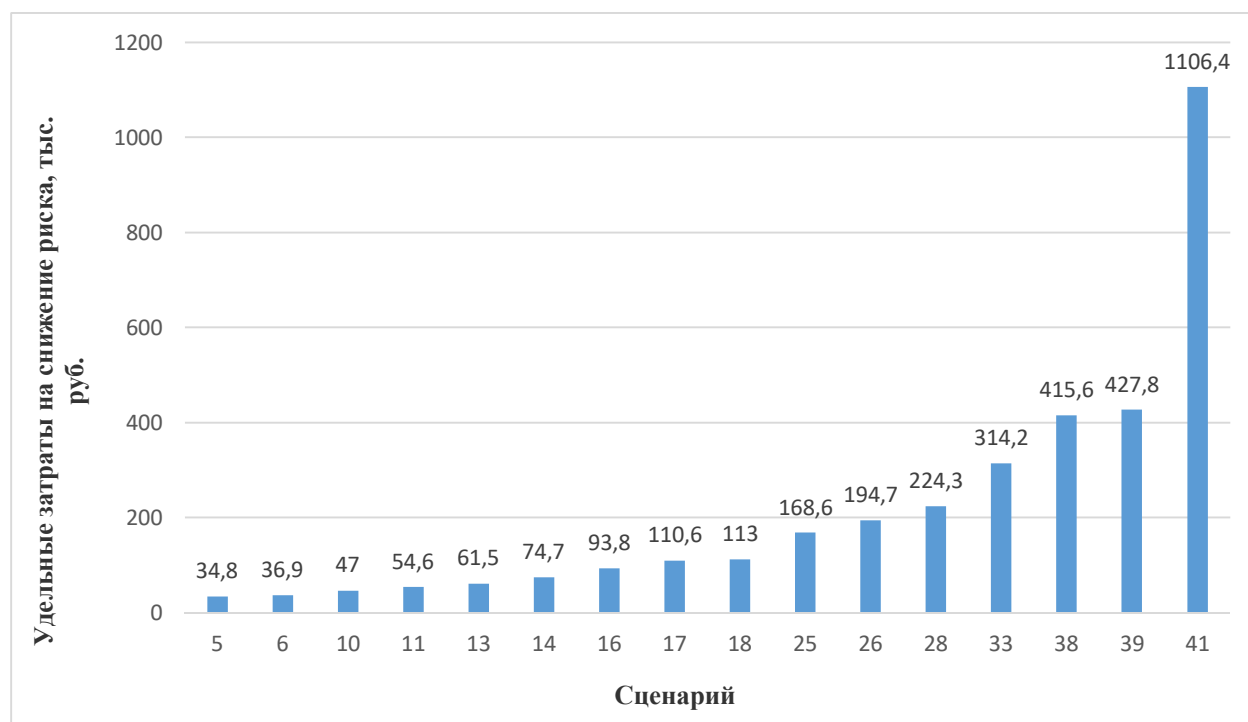


Рисунок 7.18. Зависимость удельных затрат на снижение риска (тыс. руб. на единицу риска) от сценария реализации мероприятий

Решение о выборе наиболее эффективного мероприятия (или группы мероприятий) принимается с использованием критерия минимума удельных затрат. Из таблицы 7.7 видно, что наиболее эффективным, является сценарий 5, которому соответствуют наименьшие затраты на единицу снижения риска (мероприятие № 7 таблица 7.7).

Таблица 7.8. Эффективная последовательность реализации программных мероприятий

Мероприятие	Описание сценария	Затраты на реализацию сценария $C_i$ , млн руб. (в ценах 1998 г.)	Снижение популяционного риска
0	Отсутствие действий	0	0
7	Кряжский з-д ЖБК Установка двухступенчатой очистки удаляемого воздуха	0,65 (экспертно) (снижение выброса ВВ на 90,7 %)	18,68
1	ЗЖБИ-6 (Новокуйбышевск) Установка рукавного фильтра на отделении БУ, КБУ пневмоподачи	0,2 (снижение выброса ВВ на 25,6 т/год 82,3 %)	4,36
6	ОАО Волгобурмаш Монтаж системы очистки удаляемого воздуха с КПД не менее 90% от 11 рабочих мест	0,65 (снижение выброса ВВ на 17,4 %)	8,86
2	НПЗ (Новокуйбышевск) Дооборудование резервуаров тов. парков т. 35 гр.2 и 3 газоуравнительной линией	0,337 (снижение выброса бензола на 76,0 т/год 37,4 %)	1,72
3	НПЗ (Новокуйбышевск) Демонтаж уст-ки АВТ-10	0,34 (снижение выброса диоксида серы на 950,8 т/год 6,7 %, ВВ на 21,7 т/год)	1,78
13	ТЭЦ-2 (Новокуйбышевск) Перевод котлов №1,2 на сжигание газообразного топлива	3,364 (снижение выброса диоксида серы на 8151,0 т/год 27,7%, хрома на 25%-по пятиокиси ванадия)	13,04
4	НПЗ (Новокуйбышевск) Демонтаж уст-к 22-3, 22-4	0,526 (снижение выброса диоксида серы на 431,8 т/год 3,0%, ВВ на 3,82 т/год)	0,80
9	НПЗ (Новокуйбышевск) Демонтаж уст-ки 24-6/3	0,78 (снижение выброса диоксида серы на 494,2 т/год 3,5 %, ВВ на 6,7 т/год)	0,93

Мероприятие	Описание сценария	Затраты на реализацию сценария $C_i$ , млн руб. (в ценах 1998 г.)	Снижение популяционного риска
5	НПЗ (Новокуйбышевск) Демонтаж уст-ки стабилизации бензина	0,64 (снижение выброса диоксида серы на 79,8 т/год 0,6%, ВВ на 1,3 т/год)	0,15
10	НПЗ (Новокуйбышевск) Демонтаж парков уст-к 22-3, 22-4	1,0 (снижение выброса бензола на 1,4 т/год 0,7 %)	0,03
11	НПЗ (Новокуйбышевск) Демонтаж парка в связи со строительством уст-ки ЛК-6У	1,317 (снижение выброса бензола на 0,6 т/год 0,3 %)	0,01
12	Новокуйбышевск Перевод автотранспорта на неэтилированный бензин	1,5 (снижение выброса тетраэтилсвинца и бенз(а)пирена на 30 %)	0,03
14	НПЗ (Новокуйбышевск) Демонтаж емкостей парков тит.33, тит.631 и переоборудование парка тит.347 под хран.диз.топ.	4,578 (снижение выброса бензола на 6,5 т/год 3,2 %)	0,15
15	ТЭЦ-1 (Новокуйбышевск) Монтаж горелок концерна АВВ с блоками «Амакс» на к.а. ТП-230	5,163 (снижение выброса диоксида серы на 70,0 т/год 2,0 %)	0,09
16	Пос. Липяги Переселение жителей из санитарно-защитной зоны КНПЗ (Новокуйбышевск) – п. Русские и Чувашские Липяги по пост-ям ГОРЦСЭН	10,2 (снижение воздействия и риска примерно на 70 % до уровня Новокуйбышевска)	22,4
17	АО НК НКХ (Новокуйбышевск) Перепрофилирование производства дивинила на метилтретбутиловый эфиркомпонента автомобильных топлив и заменитель тетраэтилсвинца	75,4 (снижение выброса диоксида серы на 100,0 т/год 45,2 %, столько же –хрома, снижение выброса автотранспортом тетраэтилсвинца и бенз(а)пирена на 30 %)	23,35

Следующие по эффективности – сценарии 6 (мероприятие № 7 + № 1 таблицы 7.5), 1 (мероприятие № 1 таблицы 7.5), 10 (мероприятие № 7 + № 1 + № 6 таблицы 7.5) и т.д. При таком расположении сценариев легко выделяется наиболее эффективная последовательность реализации намечаемых мероприятий, которая приведена в таблице 7.8. Для удобства в ней все мероприятия даны как по номерам, так и в их реальном содержании.

Таким образом, в ситуационном исследовании в Самарской области была сформирована программа оптимизации затрат на снижение риска, и было выявлено, что наиболее эффективно вначале реализовывать программные мероприятия по самарским предприятиям: заводу «Волгобурмаш» и Кряжскому ЖБК и по г. Новокуйбышевску, прежде всего НК НПЗ, ЗЖБИ-6, ТЭЦ-2. Из числа экстренных мер – переселить жителей пос. Липяги за пределы санитарно-защитной зоны НК НПЗ.

### **Общая схема процедуры поэтапного многоуровневого экономического анализа риска при оптимизации затрат на обеспечение безопасности и снижение риска**

Изложенные иллюстративные материалы данного раздела дают представление о возможности поэтапного многоуровневого экономического анализа риска при оптимизации затрат на обеспечение безопасности и снижение риска для населения. Предложенная процедура может стать основой для разработки программы по оптимизации затрат на снижение риска для населения и включает следующую последовательность действий:

1. Составляется перечень возможных мероприятий, направленных на снижение риска и смягчение последствий для населения.
2. Рассчитываются приведенные затраты на реализацию каждого мероприятия.
3. Рассчитывается остаточный социально-экономический ущерб от реализации каждого мероприятия или меры безопасности.
6. Все мероприятия ранжируются в порядке увеличения приведенных затрат, определяются потенциально экономически эффективные и неэффективные мероприятия.
5. Нарбатываются комбинации мероприятий, образуя набор сценариев по снижению риска и смягчению последствий.

6. Сценарии ранжируются в порядке увеличения приведенных затрат.

7. Исключаются из дальнейшего анализа экономически неэффективные сценарии.

8. Для каждого не исключенного из анализа сценария рассчитывается выгода как предотвращенный социально-экономический ущерб.

9. Для каждого не исключенного из анализа сценария рассчитывается чистый экономический эффект как разность «выгоды минус затраты».

10. Определяется оптимальный сценарий, для которого чистый экономический эффект максимален.

11. По оптимальному сценарию формируется группа (перечень) оптимальных мероприятий по снижению риска и смягчению последствий.

12. Для каждого не исключенного из анализа сценария рассчитываются удельные затраты на снижение риска и смягчение последствий аварии.

13. Все не исключенные из анализа сценарии ранжируются в порядке возрастания удельных затрат на снижение риска и смягчение последствий аварии.

16. Для группы оптимальных мероприятий определяется экономически эффективная последовательность их реализации.

## 7.6. Проблемы управления риском на региональном уровне

### Принцип непрерывно уменьшающихся рисков

Как было рассмотрено в предыдущих разделах, в простейшем случае оптимизация безопасности и риска является безусловной

ЦФ  $\longrightarrow$  экстремум

и состоит в максимизации чистого экономического эффекта  $D(C)$ , зависящего от затрат (издержек) на снижение риска  $C$ , с учетом социально-экономического ущерба  $Y$ , связанного с аварийным или систематическим воздействием источника опасности на население или окружающую среду:

$$\max D(C).$$

Простейший вариант задачи безусловной оптимизации чистого дохода  $D$  может использоваться при действующих механизмах платы за загрязнение, в том числе аварийное, и возмещения вреда третьим лицам. В этом случае при определенном установленном уровне платы за загрязнение и размере компенсации ущерба, нанесенного третьим лицам, создаются экономические предпосылки, заставляющие лиц, принимающих решения на объектах, воздействующих на окружающую среду или представляющих потенциальную опасность для населения, сопоставлять затраты на безопасность и снижение риска с возможными издержками за загрязнение и компенсационными выплатами. При низких уровнях указанных издержек по сравнению с дополнительными затратами на снижение риска оптимизационная процедура сведется к минимизации затрат, необходимых для соблюдения установленных законодательных стандартов по безопасности и риску. В этом случае уровень риска, как правило, будет близок к максимально разрешенному или предельно допустимому. Ограничительный принцип действия критериев безопасности в этом случае, по существу, эквивалентен нормативному подходу по ограничению техногенного воздействия на человека и окружающую среду.

Введение же дополнительных ограничений по критериям безопасности в оптимизационную задачу управления риском

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ЦФ} \longrightarrow \text{экстремум;} \\ \text{ограничения} \mid \text{критерии безопасности,} \end{array} \right.$$

не приведет к каким-либо изменениям в политике управления риском, поскольку оптимальное решение этой задачи будет либо таким же, как в предыдущем простейшем случае безусловной оптимизации, и уровень воздействия будет меньше предельно разрешенного критериями безопасности, либо вложения в безопасность будут обеспечивать предельно разрешенные критериальные уровни – предельно допустимые уровни риска.

Задача может представлять теоретический интерес при переходе от локального к более высоким масштабным уровням: региональному и глобальному. В этом случае локальные критерии безопасности могут быть ослаблены, что приводит к возможности осуществления механизмов «квотирования риска» на основе определения «рискоемкости» региона. В некотором смысле это обобщенный вариант т.н. «бабл-принципа».

Трудноразрешимая проблема при таком подходе, как при оценке риска, так и при управлении риском, – учет возможных эффектов синергизма от совместного техногенного действия на здоровье человека

комплекса техногенных источников риска (промышленных предприятий и др.). После ограничения рамок допустимых рисков каждого объекта (и тем самым уровня его влияния на здоровье популяции) и проведения оптимизации защитных мер для каждого из них в отдельности неясными остаются вопросы: в какие рамки должно укладываться их совместное негативное влияние на жизнь и здоровье населения и какого рода приоритеты могут существовать для определенных категорий предприятий и организаций при установлении ограничения на риск от их совместной деятельности?

Если приемлемый уровень регионального риска (региональный критерий безопасности) используется для управления техногенными (антропогенными) факторами воздействия, то очевидными представляются противоречия при распределении выбранного уровня приемлемого риска по источникам его образования. Это требует создания системы регионального регулирования дополнительных вложений в безопасность, способной разрешать конфликты между предприятиями – источниками опасности в регионе.

Существование подобных и других проблем при использовании в практике управления риском и безопасностью принципов приемлемого риска и оптимизации мер защиты оставляет систему управления региональной (глобальной) безопасностью и защиты здоровья незавершенной.

Выходом из этого положения представляется введение в оптимизационную процедуру дополнительных условий – принципов управления безопасностью и риском. Один из возможных подходов – использование дополнительного принципа управления – **принципа непрерывно уменьшающихся рисков** (Быков, 1998), который хорошо согласуется с принципом устойчивого развития и может трактоваться как один из его подпринципов.

Согласно принципу уменьшающихся рисков введение новой технологии можно считать социально приемлемой, если одним из конечных эффектов ее использования будет снижение суммарного риска, которому подвергаются люди. Принцип легко выполняется, когда новая технология с меньшим риском для населения замещает старую. Но гораздо труднее его формализовать, когда новая технология сосуществует со старыми или когда просто идет экстенсивный путь развития.

Поэтому чтобы обеспечить выполнимость данного принципа во всех случаях, он трактуется с формальной точки зрения как **требование**



*обязательных вложений средств предприятиями, создающими техногенную нагрузку здоровью населения, в социальную сферу (в первую очередь, в здравоохранение) или любые другие области деятельности, обеспечивающие эффективное снижение риска на единицу вложений (другими словами, с малой стоимостью снижения риска).* Причем размер таких вложений как минимум должен компенсировать привносимый риск для жизни и здоровья населения в результате деятельности рассматриваемого объекта – источника дополнительного риска (Быков, 1998).

Введение принципа непрерывно уменьшающихся рисков позволяет частично свести на локальный уровень задачу управления региональной безопасностью и обеспечения защиты жизни и здоровья населения от техногенных источников опасности в регионе.

В общем виде таким образом рассматриваемая система управления безопасностью и риском основывается:

- 1) на максимизации экономического эффекта;
- 2) обеспечении критериев безопасности – приемлемости уровня риска;
- 3) условия непрерывно возрастающей безопасности (принцип непрерывно уменьшающихся рисков).

Представим данную задачу в формализованном виде.

### **Формализм оптимизационной задачи управления безопасностью и риском**

Для определенности и некоторого упрощения восприятия будем полагать, что данная задача формализуется в отношении потенциально опасного промышленного объекта, оказывающего воздействие на окружающую среду и население в штатном режиме функционирования в виде систематического загрязнения, создающего дополнительный к фоновому риск для жизни и здоровья населения. Предположим, что на таком объекте ставится задача оптимизировать вложения в безопасность и риск.

Для представления в формализованном виде оптимизационной задачи управления безопасностью и риском в рамках рассматриваемой системы введем следующие обозначения:

- $X$  – вложения в системы безопасности промышленного объекта;
- $Z$  – вложения в социальную сферу (в том числе в здравоохранение);

$R$  – популяционный риск;

$G$  – популяционный натуральный ущерб здоровью (выражаемый сокращением ожидаемой продолжительности жизни);

$t$  – индекс, приписываемый соответствующему показателю, характеризующий влияние на смертность или заболеваемость использования определенной новой технологии промышленного производства или внедрение технического решения;

$o$  – индекс, определяющий весь спектр смертности (и заболеваемости);

$P$  – экономический эффект промышленного производства;

$Q$  – основные приведенные затраты;

$D$  – чистый экономический эффект;

$Y$  – экономический ущерб от потерь жизни и здоровья;

$S(r)$  – критерий безопасности по индивидуальному риску;

$S(g)$  – критерий безопасности по индивидуальному натуральному ущербу;

$F$  – функция, определяющая либо популяционный риск  $R$ , либо популяционный натуральный ущерб  $G$ .

Тогда формализм задачи управления безопасностью и риском для жизни и здоровья населения сводится к задаче нелинейного программирования, в которой целевая функция  $D(X, Z)$  представлена в виде дохода промышленного объекта (или обобщенных приведенных затрат  $Q(X, Z)$ ) в зависимости от вложений в системы безопасности  $X$  и социальную сферу (здравоохранение)  $Z$ :

$$\left[ \begin{array}{l} D(X, Z) = P - Q - X - \frac{dY}{dF_t} \left[ \int_0^X \frac{dF_t}{dX} dX - F_t(0) \right] - Z - \frac{dY}{dF_o} \int_0^Z \frac{dF_o}{dZ} dZ; \quad (7.1) \\ X \geq 0; Z \geq 0; \quad (7.2) \\ S(R_t) - R_t(X) \geq 0; \quad S(G_t) - G_t(X) \geq 0; \quad (7.3) \\ [R_o(0) - R_o(Z)] - R_t(X) \geq 0; \quad [G_o(0) - G_o(Z)] - G_t(X) \geq 0; \quad (7.4) \\ \frac{dY}{dF_t} \left[ \int_0^X \frac{dF_t}{dX} dX - F_t(0) \right] + \frac{dY}{dF_o} \int_0^Z \frac{dF_o}{dZ} dZ \geq 0. \quad (7.5) \end{array} \right.$$

Максимум (7.1) целевой функции  $D(X, Z)$  ищется на ограниченном множестве, заданном с помощью системы неравенств, характеризующих требования:

- неотрицательности вложений в безопасность и улучшение здоровья, что определяется естественным нравственно-этическим критерием безопасности – требованием запрета на экономическое развитие за счет здоровья общества (7.2);

- критериев безопасности на ограничение привносимого новой технологией риска и ущерба жизни и здоровью населения (7.3);

- принципа уменьшающихся совокупных рисков и натуральных ущербов здоровью при введении новой технологии (7.4);

- непревышения результирующего снижения суммарного (технологического и общего) социально-экономического ущерба начального остаточного технологического социально-экономического ущерба. Другими словами, величина уменьшения социально-экономического ущерба не должна превышать его начальную абсолютную величину (7.5).

Система содержит парные эквивалентные неравенства для риска и натурального ущерба. Это связано с тем, что показатель пожизненного риска не учитывает многих факторов, таких как разнесенность во времени эффектов, конкуренцию с другими факторами риска и др. Например, при использовании только принципа уменьшающихся совокупных рисков возможны ситуации, когда привносимый технологией риск проявляется мгновенно в младших возрастных группах, а вложения в здравоохранение приведут к уменьшению риска в старших возрастных группах. Тем самым при общем уменьшении риска произойдет перераспределение его в младшие возрастные группы. Подобное перераспределение становится невыгодным и практически невозможным после введения дополнительного ограничения совокупного натурального ущерба здоровью, требующего неуменьшения ожидаемой продолжительности жизни.

Итак, мы представили формализм задачи управления безопасностью и риском для жизни и здоровья населения как задачу нелинейного программирования. Задачи нелинейного программирования, как правило, представляют практический интерес во многих областях науки, прежде всего в математическом экономическом оптимизационном анализе, но за малым исключением поддаются лишь численным методам решения.

**Замечание.** Мы сформулировали задачу нелинейного программирования на поиск максимума некоторой функции при неотрицательной системе ограничений. Задачи нелинейного программирования чаще

формулируются в виде минимизации целевой функции при неположительной системе ограничений. Эти постановки эквивалентны с точностью до выбора знака входящих в задачу функций: умножая все функции в приведенной выше постановке задачи на  $(-1)$ , придем к формулировке поиска минимума функции  $[-D(X,Z)]$  при неположительных ограничениях.

## Элементы теории нелинейного программирования

Пусть необходимо минимизировать функцию многих переменных

$$f(\bar{x}) = f(x_1, \dots, x_n)$$

при ограничениях

$$\phi_k(\bar{x}) = \phi_k(x_1, \dots, x_n) \leq 0, \quad k = 1, \dots, m; \quad \bar{x} \in X, \quad X \in E_n,$$

где  $f(\bar{x}), \phi_k(\bar{x})$  – выпуклые функции, а  $X$  – выпуклое замкнутое множество, имеющее внутренние точки.

Это основная задача выпуклого программирования. Предположим, что множество  $U$ , определенное данной задачей, удовлетворяет условию регулярности Слейтера:

существует такая точка  $\bar{x}^{(0)} \in U$ , что  $\phi_k(\bar{x}^{(0)}) < 0, \quad k = 1, \dots, m$ .

Пара  $(\bar{x}^*, \bar{\lambda}^*)$  называется седловой точкой функции Лагранжа

$$L(\bar{x}, \bar{\lambda}) = f(\bar{x}) + \sum_{k=1}^m \lambda_k \phi_k(\bar{x}),$$

где  $\bar{x} \in X, \bar{\lambda} = (\lambda_1, \dots, \lambda_m), \lambda_k \geq 0, \quad k = 1, \dots, m$

на множестве  $V = \{(\bar{x}, \bar{\lambda}) | \bar{x} \in X, \lambda_k \geq 0\}$ ,

если  $(\bar{x}^*, \bar{\lambda}^*) \in V$  и  $L(\bar{x}^*, \bar{\lambda}) \leq L(\bar{x}^*, \bar{\lambda}^*) \leq L(\bar{x}, \bar{\lambda}^*)$  для всех  $(\bar{x}, \bar{\lambda}) \in V$ .

Большое значение в теории выпуклого программирования имеет теорема Куна – Таккера. Существуют различные формулировки этой теоремы. Для выпуклых множеств  $U$ , удовлетворяющих условиям регулярности Слейтера, теорема Куна – Таккера утверждает, что точка  $\bar{x}^*$  будет решением основной задачи выпуклого программирования тогда и только тогда, когда существует такая точка  $\bar{\lambda}^* (\lambda_k^* \geq 0, \quad k = 1, \dots, m)$ , что пара  $(\bar{x}^*, \bar{\lambda}^*)$  является седловой точкой функции Лагранжа.

В случае когда на область  $U$  наложены дополнительные ограничения, можно получить необходимые и достаточные условия седловой точки. Именно, если функции  $f(\bar{x}), \phi_k(\bar{x}), k = 1, \dots, m$  основной задачи выпуклого программирования непрерывно дифференцируемы на множестве  $X = \{\bar{x} | x_i \geq 0, i = 1, \dots, n\}$ , то для того, чтобы пара  $(\bar{x}^*, \bar{\lambda}^*)$  была седловой точкой функции Лагранжа на множестве  $V = \{(\bar{x}, \bar{\lambda}) | \bar{x} \in X, \lambda_k \geq 0, k = 1, \dots, m\}$ , необходимо и достаточно выполнение условий

$$\begin{cases} \frac{\partial L(\bar{x}^*, \bar{\lambda}^*)}{\partial x_i} \geq 0, x_i^* \geq 0, x_i^* \frac{\partial L(\bar{x}^*, \bar{\lambda}^*)}{\partial x_i} = 0, i = 1, \dots, n, \\ \frac{\partial L(\bar{x}^*, \bar{\lambda}^*)}{\partial \lambda_k} \leq 0, \lambda_k^* \geq 0, \lambda_k^* \frac{\partial L(\bar{x}^*, \bar{\lambda}^*)}{\partial \lambda_k} = 0, k = 1, \dots, m. \end{cases} \quad (7.6)$$

Определены также более слабые достаточные условия существования экстремума в задачах нелинейного программирования, которые мы здесь обсуждать не будем. В целом можно заключить, что для определенных классов функций, задаваемых на выпуклых множествах, могут быть найдены необходимые и достаточные условия существования экстремума. Решение, как правило, ищется численными методами. Рассмотрим, однако, простой пример, поддающийся аналитическому решению, на котором продемонстрируем некоторые особенности, которые возникают при введении и использовании принципа уменьшающихся рисков и ущербов.

### **Пример решения задачи управления безопасностью и риском как задачи нелинейного программирования**

Рассмотрим упрощенный вариант системы (7.1)–(7.5), где под функцией  $F$  будет пониматься интенсивность риска  $R$ , а ограничения на натуральный ущерб здоровью для простоты снимем. Анализ литературных данных указывает на то, что функции  $R_t(X)$  и  $R_o(Z)$  могут быть приближенно (модельно) заданы в следующем виде:

$$R_t(X) = A \exp(-aX); R_o(Z) = B \exp(-bZ),$$

где  $a, b, A, B$  – некоторые параметры.

Обозначим через  $\alpha^{(t)}$  – цену специфического технологического риска,  $\alpha^{(o)}$  – цену общего риска:

$$\frac{dY}{dR_t} \alpha^{(t)}; \quad \frac{dY}{dR_o} \alpha^{(o)}.$$

Введем также функции  $\phi_1(X, Z)$ ,  $\phi_2(X, Z)$ ,  $\phi_3(X)$  следующим образом:

$$\phi_1(X, Z) = A \exp(-aX) - B[1 - \exp(-bZ)];$$

$$\phi_2(X, Z) = \alpha^{(o)} B[1 - \exp(-bZ)] - \alpha^{(t)} A \exp(-aX);$$

$$\phi_3(X) = A \exp(-aX) - S(R_t).$$

Тогда упрощенная система (6.1)–(6.5) будет выглядеть следующим образом:

$$f(X, Z) = X + \alpha^{(t)} A \exp(-aX) + Z - \alpha^{(o)} B[1 - \exp(-bZ)] \rightarrow \min; \quad (7.7)$$

$$X \geq 0, \quad Z \geq 0, \quad \phi_1(X, Z) \leq 0, \quad \phi_2(X, Z) \leq 0, \quad \phi_3(X) \leq 0. \quad (7.8)$$

Можно также предположить, что  $X > 0$  и  $Z > 0$  (неравенства строгие), в противном случае это означало бы, что промышленное производство не наносит никакого ущерба здоровью населения и, значит, не требует никаких средств защиты или компенсации. Это вырожденный случай, и поскольку нет никаких нагрузок на здоровье населения, задача управления безопасностью и защиты здоровья населения является тривиальной. Но трудно представить такое производство, которое абсолютно не приводит ни к каким, даже сколь угодно малым, нагрузкам на здоровье населения. В этом смысле утверждение о строгости неравенств  $X > 0$ ,  $Z > 0$  представляется правдоподобным.

Область допустимых решений, задаваемая неравенствами (7.7), (7.8), есть выпуклое множество. При выполнении условий регулярности Слейтера и дифференцируемости функций, входящих в систему (7.7), (7.8), а для рассматриваемых в нашем примере функций это справедливо, седловая точка  $(\bar{x}^*, \bar{\lambda}^*)$  функции Лагранжа

$$L(\bar{x}, \bar{\lambda}) = f(X, Z) + \lambda_1 \phi_1(X, Z) + \lambda_2 \phi_2(X, Z) + \lambda_3 \phi_3(X),$$

где  $\bar{x} = (X, Z)$ ;  $\bar{\lambda} = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$ , определяется из соотношений (6.6):

$$\begin{aligned} \frac{\partial f(X^*, Z^*)}{\partial X} + \lambda_1^* \frac{\partial \phi_1(X^*, Z^*)}{\partial X} + \lambda_2^* \frac{\partial \phi_2(X^*, Z^*)}{\partial X} + \lambda_3^* \frac{\partial \phi_3(X^*)}{\partial X} &= 0; \\ \frac{\partial f(X^*, Z^*)}{\partial Z} + \lambda_1^* \frac{\partial \phi_1(X^*, Z^*)}{\partial Z} + \lambda_2^* \frac{\partial \phi_2(X^*, Z^*)}{\partial Z} &= 0, \quad X^* > 0, \quad Z^* > 0; \\ \phi_1(X^*, Z^*) \leq 0, \quad \lambda_1^* \geq 0, \quad \lambda_1^* \phi_1(X^*, Z^*) &= 0; \\ \phi_2(X^*, Z^*) \leq 0, \quad \lambda_2^* \geq 0, \quad \lambda_2^* \phi_2(X^*, Z^*) &= 0; \\ \phi_3(X^*) \leq 0, \quad \lambda_3^* \geq 0, \quad \lambda_3^* \phi_3(X^*) &= 0. \end{aligned}$$

Решения задачи при различных значениях исходных параметров будут задаваться следующими соотношениями из множества допустимых (параметрически) решений:

$$\begin{aligned} X^* &= \frac{\ln(\alpha^{(t)} a A)}{a}, \quad Z^* = \frac{\ln(\alpha^{(o)} b B)}{b}; \\ X^* &= \frac{\ln(A/S)}{a}, \quad Z^* = \frac{\ln(\alpha^{(o)} b B)}{b}; \\ X^* &= \frac{\ln(A/S)}{a}, \quad Z^* = \frac{\ln[B/(B-Z)]}{b}; \\ X^* &= -\frac{\ln \xi}{a}, \quad Z^* = -\frac{\ln \zeta}{b}. \end{aligned}$$

В последней серии решений использованы следующие обозначения:

$$\begin{aligned} \xi &= \eta \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{\chi \beta}{\eta^2}} \right); \quad \zeta = 1 - \frac{\eta}{\beta} \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{\chi \beta}{\eta^2}} \right); \\ \Delta \alpha &= \alpha^{(t)} - \alpha^{(o)}; \quad \beta = a/b; \quad \gamma = B/A; \\ \chi &= \frac{1}{aA\Delta\alpha}; \quad \eta = \frac{\chi(\beta+1) + \gamma}{2}. \end{aligned}$$

Таким образом, решение  $(X^*, Z^*)$  оптимизационной задачи (7.7), (7.8) будет находиться либо внутри области  $U$ , задаваемой неравенствами (7.8), либо на одной из ее границ, что зависит от значений параметров, используемых в задаче.

## Анализ получаемых решений в различных вариантах систем управления рисками

Интерес для исследования представляет сравнительный анализ получаемых решений в следующих вариантах систем управления риском.

1. *Нормативное управление*: задана только система критериев безопасности, отсутствует экономический механизм (платы за загрязнение и компенсации ущерба жизни и здоровью населения), не используется принцип уменьшающихся рисков и ущербов.

2. *Нормативное управление с использованием принципа уменьшающихся рисков*: задана система критериев безопасности, отсутствует экономический механизм, действует принцип уменьшающихся рисков и ущербов, обязывающий компенсировать остаточный риск посредством вложений в здравоохранение.

3. *Нормативно-экономическое управление*: задана система критериев безопасности, введен экономический механизм, но не используется принцип уменьшающихся рисков и ущербов.

4. *Нормативно-экономическое управление с использованием принципа уменьшающихся рисков и ущербов*: задана система критериев безопасности, введен экономический механизм, действует принцип уменьшающихся рисков и ущербов, обязывающий компенсировать остаточный риск посредством вложений в здравоохранение с одновременным уменьшением компенсационных платежей.

Поведение лица, принимающего решение (ЛПР) об уровнях риска для населения и окружающей среды, будет различным в выбранных иллюстративных вариантах систем управления рисками. Общий параметрический анализ достаточно трудоемок и занял бы много места, поэтому проведем упрощенный количественный анализ, на котором продемонстрируем некоторые характерные особенности поведения ЛПР в указанных моделях управления.

Зададим следующие конкретные значения параметров для исследуемой задачи, основываясь на приближенных к реальным значениям технологического и общего риска, предельных затратах на снижение риска или увеличение продолжительности жизни:

$$A = 2 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}; \quad B = 10^{-2} \text{ год}^{-1}; \quad a = 5 \cdot 10^{-2} \text{ чел./\$}; \quad b = 10^{-2} \text{ чел./\$}; \\ \beta = 5; \quad \gamma = 50.$$



Выберем в качестве индивидуального критерия безопасности значение интенсивности индивидуального риска равным  $S = 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>.

Количественные результаты представлены в таблице 7.9.

Таблица 7.9. Оптимальные затраты, вложения и платежи в задаче управления безопасностью (в \$/чел.)

Затраты и вложения лица, создающего риск для населения и окружающей среды					
Механизм управления	на снижение техногенного риска $X$	в здравоохранение $Z$	суммарные затраты $X+Z$	компенсационные платежи $\phi_2(X, Z)$	суммарные обобщенные затраты $X + Z + \phi_2(X, Z)$
Цена риска: $\alpha^{(t)} = 10^6$ \$ / чел./год; $\alpha^{(o)} = 10^4$ \$ / чел./год					
1	13,863		13,863		13,863
2	13,863	1,005	14,868		14,868
3	46,0517		46,0157	20,0	66,0517
4а	46,0521	0,2002	46,2523	19,8	66,0523
4б	49,698	18,2322	67,930	0,0	67,930
4б*	35,8352	18,2322	54,0674	0,0	54,0674
Цена риска: $\alpha^{(t)} = 5 \cdot 10^5$ \$ / чел./год; $\alpha^{(o)} = 10^4$ \$ / чел./год					
1	13,863		13,863		13,863
2	13,863	1,005	14,868		14,868
3	32,189		32,189	20,0	52,189
4а	32,190	0,391	32,581	19,608	52,189
4б	35,835	18,232	54,067	0,0	54,067
4б**	21,972	18,232	40,204	0,0	40,204
Цена риска: $\alpha^{(t)} = 2 \cdot 10^5$ \$ / чел./год; $\alpha^{(o)} = 10^4$ \$ / чел./год					
1	13,863		13,863		3,863
2	13,863	1,005	14,868		14,868
3	13,863		13,863	20,0	33,863
4а	13,873	0,945	14,818	19,05	33,868
4б	17,509	18,232	35,741	0,0	35,741
4а***	13,863	1,005	14,868	18,000	32,868
4б***	13,863	10,536	24,399	0,0	24,399
* Цена риска: $\alpha^{(t)} = 10^6$ \$ / чел./год; $\alpha^{(o)} = 2 \cdot 10^4$ \$ / чел./год					
** Цена риска: $\alpha^{(t)} = 5 \cdot 10^5$ \$ / чел./год; $\alpha^{(o)} = 2 \cdot 10^4$ \$ / чел./год					
*** Цена риска: $\alpha^{(t)} = 2 \cdot 10^5$ \$ / чел./год; $\alpha^{(o)} = 2 \cdot 10^4$ \$ / чел./год					

Результаты свидетельствуют о следующем.

- Действие принципа уменьшающихся рисков и ущербов в отсутствии экономического механизма приводит к необходимости дополнительных вложений в здравоохранение данного региона (вариант 2).

- При наличии экономического механизма использование принципа уменьшающихся рисков и ущербов приводит:

- к целесообразности дальнейших вложений в технологические системы безопасности (варианты 3 и 4а), хотя размер дополнительных вложений невелик (измеряется долями процента);

- перераспределению компенсационных платежей непосредственно в здравоохранение региона; при этом суммарные обобщенные затраты лишь незначительно изменяются (увеличиваются) либо вообще остаются такими же, как при простом экономическом механизме управления (варианты 3 и 4а);

- решениям (вариант 4б), не самым оптимальным с точки зрения суммарных обобщенных затрат (которые для варианта 4б больше, чем для варианта 4а), но свидетельствующим о другой стратегии поведения. А именно: в варианте 4а существенную долю затрат составляют компенсационные платежи, в варианте 4б эти платежи равны нулю за счет значительного увеличения вложений в здравоохранение. Последняя стратегия может выбираться и быть более предпочтительной, несмотря на несколько большие общие затраты, главным образом в связи с конкретностью инвестиций (в здравоохранение) по сравнению с невидимыми результатами компенсационных отчислений, например платы за загрязнение. Более того, последняя стратегия становится существенно более выгодной, когда уровень здравоохранения в регионе ниже среднего (что в таблице отражается строчками 4б\*–4б\*\*\* с измененным параметром цены общего риска). В этом случае вложения в здравоохранение региона позволяют значительно снизить суммарные обобщенные затраты, сводя к нулю компенсационные отчисления.

Введение принципа уменьшающихся рисков и условная оптимизация безопасности и риска для жизни и здоровья населения в условиях действия экономических механизмов приводят к выводу, что стратегия лица, создающего риск для населения и окружающей среды, будет следующей:

- либо он вложит небольшие дополнительные средства в здравоохранение региона за счет сокращения компенсационных отчислений;
- либо полностью освободит себя от компенсационных отчислений, вложив значительные средства в здравоохранение и вводя не самые эффективные технологические решения по безопасности.

Рассмотренная система принципов позволяет обеспечивать защиту жизни и здоровья населения и гарантировать уменьшение суммарного риска и непрерывного увеличения средней продолжительности жизни по мере экономического развития общества. Введение принципа уменьшающегося совокупного риска и ущерба здоровью в качестве базисного принципа управления безопасностью и риском для жизни и здоровья замыкает задачу на микроэкономическом уровне. При этом ликвидируется противоречие, связанное с возможностью превышения критериальных предельно допустимых уровней риска для жизни и здоровья населения при совместном действии различных потенциальных источников опасности, например промышленных производств, если каждый источник в отдельности укладывается в контрольные ограничения.

Внедрение предложенной системы принципов может приводить к необходимости дополнительных вложений в системы безопасности действующих потенциально опасных объектов, промышленных и энергетических предприятий. И, независимо от этого, обязательными в перспективе должны стать вложения в социальную сферу, прежде всего в здравоохранение, в качестве компенсации от привносимого промышленными технологиями риска для жизни и здоровья населения.

## **7.7. К проблеме управления трансграничными рисками**

В заключительном разделе данной главы кратко коснемся теоретического вопроса, связанного с проблемой управления трансграничными и глобальными рисками, а именно представим т.н. принцип «экологического паритета», экономическое обоснование которого может быть легко получено с использованием цены риска.

### **Принцип экологического паритета**

Несмотря на то, что определенные международные принципы ответственности государств за загрязнение окружающей среды уже разработаны, фактически до сих пор не существует эффективных между-

народных органов, наделенных полномочиями, нет полноценной концепции международной экологической ответственности. Традиционные средства юридической системы также недостаточны для регулирования трансграничных загрязнений. В большинстве случаев невозможно запретить экологически опасную деятельность, невозможно полностью устранить вред. Но экономические последствия такой деятельности должны быть распределены на справедливой основе. Это привело к возникновению концепции экологического паритета (Быков, Кузьмин, Проценко, 1992; Bykov, Kuz'min, Protchenko, 1992).

Заметим, что термин «экологический паритет» может оказаться не столь подходящим для адекватного отражения сути эколого-экономических соглашений между регионами или государствами. В сущности, вся проблема сводится к управлению риском, когда источники риска расположены на территориях соседних государств или регионов. Концепция затрагивает часть этой проблемы и направлена на достижение согласия между партнерами (государствами или регионами). Поэтому более подходящими могли бы быть такие термины, как «экологическое партнерство», «экологическое товарищество». Если акцентировать больше внимания на экономической стороне проблемы достижения экологического согласия между заинтересованными сторонами, то можно было бы использовать такие термины, как «экологический депозит» или «экологический ленд-лиз». Термин «экологический паритет» в этом смысле – рабочий вариант названия концепции.

Один из главных выводов, вытекающих из концепции экологического паритета, заключается в следующем: *экономически развитым странам выгодно вкладывать «безвозмездно» средства в системы безопасности потенциально опасных производств менее развитых стран, если характер экологических опасностей от указанных производств имеет глобальный или трансграничный характер.*

В определенный момент времени эффективность вложенных средств в системы безопасности развитых стран становится настолько низкой, что выгоднее повышать собственную безопасность посредством снижения риска потенциально опасных объектов, находящихся на территории других государств.

Причем на практике подобные действия осуществляются без достаточно развитого формального аппарата анализа эффективности такой де-

тельности. Просто разрыв в уровнях безопасности потенциально опасных объектов, достигнутый в странах, бывает настолько велик, что становится явной и очевидной большая эффективность вложения средств в системы безопасности соседних стран с более низким уровнем экономического развития и соответственно с меньшей степенью безопасности для человека и окружающей среды. В качестве примера можно привести совершенные в свое время действия шведского правительства по организации комплексных исследований безопасности Игналинской АЭС (Литва) с последующим доведением системы ее безопасности до необходимого уровня.

### Экономическое обоснование принципа экологического паритета

Попробуем формально показать справедливость сделанного выше утверждения. Рассмотрим две страны (1 и 2, с площадями  $S_1$  и  $S_2$ ), имеющие общую границу (рисунок 7.19). Зона влияния источника риска  $I$  распространяется как на свою страну, так и на соседнюю. На рисунке 7.19 выделена зона влияния источника риска; площади, попадающие в зону влияния, обозначены  $\tilde{S}_1$  и  $\tilde{S}_2$  соответственно для первой и второй страны.

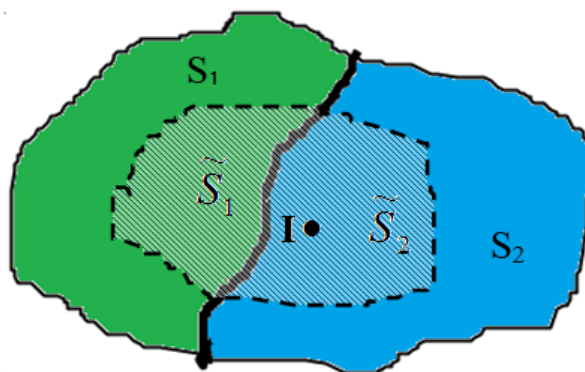


Рисунок 7.19. Трансграничное влияние потенциально опасного источника (I) для двух условных граничащих стран

Обозначим через:  $R_1$  и  $R_2$  – риски для жизни, здоровья населения и загрязнения окружающей среды (для краткости в данном разделе будем называть их экологическими рисками), создаваемые источником опасности соответственно для первой и второй страны;  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – цены рисков, установленные или используемые соответственно в первой и второй стране. Пусть для определенности  $\alpha_1 > \alpha_2$ .

Через  $C$  будем обозначать затраты на снижение риска;  $\gamma$  – предельные затраты на снижение риска:  $\frac{dC}{dR}$ .

Вторая страна будет вкладывать средства  $C$  в системы и меры безопасности, снижающие экологический риск от источника, до тех пор, пока

$$\frac{dC_2}{dR_2} \leq \alpha_2.$$

Оптимальные вложения  $C_2^{opt}$  определяются равенством в последнем соотношении. Дополнительные инвестиции  $\Delta C_1$  первой страны в системы безопасности второй страны будут эффективными, если

$$\frac{dC_2}{dR_1} \leq \alpha_1,$$

и оптимальны  $\Delta C_2^{opt}$  при равенстве в последнем соотношении.

Как правило, для высокоразвитых стран цена риска  $\alpha$  больше, чем для менее развитых стран, тем самым выбранное выше неравенство  $\alpha_1 > \alpha_2$  и приведенные рассуждения справедливы.

Другой способ обоснования принципа экологического паритета может основываться на использовании одной из модификаций схемы «риск-риск» анализа. Суть этого подхода продемонстрируем с помощью следующих рассуждений, изображенных схематично на рисунке 7.20.

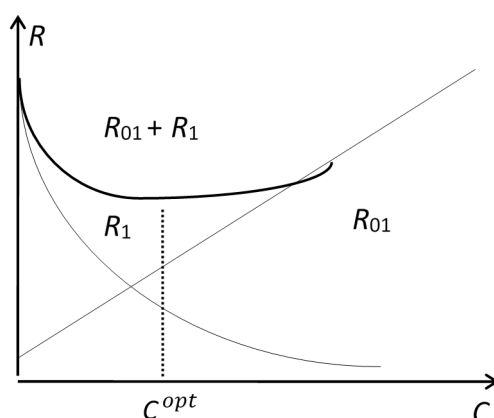


Рисунок 7.20. Схема «риск-риск» анализа

На рисунке 7.20 введены следующие обозначения:  $R_1$  – риск, приносимый 2-й страной 1-й стране;  $R_{01}$  – уровень риска в 1-й стране, создаваемый собственными источниками опасности, для краткости назовем его фоновым риском. Функция фонового риска в зависимости от затрат на безопасность  $C$  в 1-й стране (на которую оказывает воздействие 2-я страна), изображена на графике возрастающей функцией, т.е. она характеризует рост создаваемого собственными источниками риска для населения и окружающей среды при перераспределении вложений в безопасность  $C = C_1 + C_2$ . Возрастание функции  $R_{01}(C)$  есть следствие оптимизированности безопасности в экономически развитой 1-й стране к моменту начала воздействия на нее 2-й страны.

Функция  $R_1(C)$  характеризует уменьшение риска, наносимого трансграничными эффектами по мере вложения средств в системы безопасности 2-й страны. При определенных условиях существует оптимум  $C^{opt}$ , который характеризуется следующим равенством:

$$\frac{dR_1(C^{opt})}{dC} + \frac{dR_{01}(C^{opt})}{dC} = 0.$$

Данное равенство как раз характеризует экологический паритет, устанавливаемый между странами с разным экономическим уровнем развития, если высокоразвитая страна вкладывает средства в безопасность окружающей среды и здоровья населения.

## Заключение

В современном постоянно изменяющемся мире управление рисками в условиях неопределенности становится неотъемлемой частью общей культуры ведения бизнеса. Одним из важных преимуществ любого предприятия на рынке является быстрая реакция на все изменения, в том числе связанные с действиями конкурентов или изменением законодательства и требований регуляторов. Постоянно изменяются и усложняются факторы риска, открываются их новые, доселе неизвестные стороны и характеристики. Риски становятся многофакторными, междисциплинарными, обладают рядом корреляций и сложных внутренних зависимостей. Новые компьютерные технологии, сложные финансовые инструменты, пандемия COVID-19, изменение климата также ведут все большее количество компаний к осознанию целесообразности управления рисками в рамках всей организации и созданию специализированных подразделений по управлению рисками.

Кризисные явления конца 1990-х годов, а также 2008–2009 годов остро подчеркнули необходимость внедрения на предприятиях механизмов, которые позволят своевременно реагировать на негативные события в условиях быстро меняющейся экономической среды. Ускорением для развития в России систем управления рисками стали политические и экономические события 2014 года. Как следствие, усиливается государственное регулирование деятельности банков и компаний с государственным участием, повышаются требования к корпоративному управлению в целом, в том числе к системам управления рисками компаний с государственным участием.

Нельзя сбрасывать со счетов и глобализацию как дополнительную причину потребности в построении системы управления рисками и внутреннего контроля в компании. Растущая глобальная конкуренция, увеличение инвестиций в мировом масштабе, рост количества и объемов слияний ставят перед руководством любой компании вопросы об улучшении информированности с точки зрения подверженности рискам производственной, финансовой и административно-хозяйственной деятельности компании. Принятие решений с учетом рисков становится необходимой предпосылкой успешного функционирования крупных компаний, обеспечивая экономический рост, постоянное и устойчивое бизнес-развитие.



Политика управления риском – это одна из существенных составляющих экономической, социальной и экологической политики современного государства. Политика управления риском представляет собой нормативно-законодательное регулирование приемлемого или допустимого на данном этапе развития общества уровня безопасности населения и окружающей среды, устанавливаемое обществом через свои государственные и общественные институты, и создание механизмов технического, административного и экономического обеспечения соответствующих требований, нормативных актов и законов, законодательно установленных и экономически целесообразных уровней безопасности населения, окружающей среды и экономической стабильности.

В работе в систематизированном изложении представлены исследования авторов в области риск-менеджмента и обеспечения защиты населения и окружающей среды от техногенных и других источников опасности. Приведен краткий исторический экскурс в историю теории управления рисками и страхования, становлению науки о безопасности населения и окружающей среды в России, мировой опыт и извлеченные уроки по формированию системы риск-менеджмента в рамках всего предприятия. Рассмотрены концепции риска в разных научных дисциплинах и взаимоотношение важных с точки зрения обеспечения безопасности населения России понятий, в том числе таких как риск, чрезвычайная ситуация, бедствие, катастрофа, риск, надежность и безопасность. Проанализированы концептуальные подходы к общей и специфической классификации рисков.

Рассмотрены проблемные вопросы методологии оценки, анализа и управления рисками, приведен краткий обзор международных и национальных стандартов в области управления рисками и основ построения риск-менеджмента предприятия с точки зрения применения международных стандартов, нормативных документов и материалов, используемых для идентификации, анализа, оценки и управления рисками. Дан краткий обзор существующих пакетов программных продуктов и баз данных по управлению рисками.

Представлены технологии идентификации и анализа риска, а также качественные и количественные методы, применяемые при идентификации, оценке и анализе рисков, в том числе методы «что будет, если...?», анализ видов, последствий и критичности отказов (FMECA), анализ опасности и работоспособности (HAZOP), метод барьерных диаграмм

безопасности, а также логико-вероятностные методы количественного анализа риска, такие как методы построения и количественного анализа деревьев отказов (FTA) и методы построения и анализа деревьев событий (ETA).

Большое внимание уделено прикладным аспектам применения методов анализа рисков в операционной деятельности организаций, в том числе с использованием методов анализа предаварийных ситуаций, анализа статистических данных по авариям на опасных объектах и при транспортировке опасных грузов, приведены проверенные на практике методики экспресс-оценки частоты аварий при осуществлении различных видов деятельности.

Вопросы управления рисками рассмотрены не только применительно к деятельности предприятий, но и в обеспечении безопасности населения и окружающей среды. Приведен обзор подходов по установлению допустимых уровней риска, рассмотрены рекомендации Российского научного общества анализа риска по предельно допустимым уровням риска, в том числе по пределам индивидуального риска и социального риска, по приемлемости и допустимости уровней риска при реализации различных видов деятельности и допустимых пределах рисков.

Представлены также проблемные вопросы экономической оценки риска для жизни и здоровья человека при осуществлении хозяйственной деятельности предприятий и оптимизации затрат на снижение риска. Приведен анализ подходов к экономической оценке риска для жизни и здоровья человека, рассмотрены концепции альтернатив общей экономической теории, приведен краткий критический анализ социально-экономических исследований и исследований рынка труда, определения цены риска на основе международных сравнений, на основе теории полезности.

Дано краткое обоснование применения актуарных подходов для оценки стоимости статистической жизни человека и необходимости различения как минимум двух разновидностей показателя стоимости статистической жизни человека, а именно показателей оптимизационной и компенсационной стоимости жизни среднестатистического человека, и необходимости использования различных теоретических подходов и методов для установления количественных значений этих показателей, в том числе концепции альтернатив в экономической теории, теории полезности или благосостояния, международных сопоставлениях. В основе

применения разных методов может быть разделение по критерию целеполагания: в целях установления компенсационных выплат в случае смерти при чрезвычайных ситуациях более адекватными представляются оценки, получаемые при использовании определенных аннуитетных актуарных моделей и методов теории полезности, а для проведения экономических процедур оптимизации безопасности и риска результаты применения специальных актуарных моделей пожизненного страхования, социально-экономических исследований и исследований рынка труда.

Применение оптимизационной цены риска демонстрируется при рассмотрении экономических задач управления рисками и оптимизации уровня риска и безопасности. Рассмотрены на конкретных примерах основные методы экономического оптимизационного анализа, такие как анализ «затраты-риск», «затраты-выгоды», анализ эффективности затрат. Приведены примеры по разработке программы мероприятий по повышению защищенности критически важных объектов и анализу эффективности затрат, а также по разработке программы по оптимизации затрат на снижение риска. В частности, в примере по Самарской области продемонстрирована общая схема процедуры поэтапного многоуровневого экономического анализа риска для населения и окружающей среды при оптимизации затрат на обеспечение безопасности и снижение риска предприятиями области.

Рассмотрены проблемы управления риском на региональном уровне, принципы непрерывно уменьшающихся рисков и экологического паритета. Предложен формализм оптимизационной задачи управления безопасностью и риском для населения и окружающей среды с примером решения данной задачи как задачи нелинейного программирования, а также анализ получаемых решений в различных вариантах систем управления рисками. Приведено также экономическое обоснование возможности применения принципа экологического паритета при рассмотрении проблемы управления трансграничными рисками.

Считаем, что книга может быть полезной специалистам по управлению рисками и риск-менеджерам крупных промышленных и энергетических компаний, а также специалистам, занимающимся вопросами управления рисками в страховых компаниях, и лицам, принимающим решения по управлению рисками чрезвычайных ситуаций, управлению безопасностью в различных отраслях экономики, для менеджеров, принимающих решения по управлению рисками и страхованию.

## Литература

1. Абалкина И.Л., Демин В.Ф., Иванов С.И. и др. Экономические параметры оценки риска для расчета ущерба, обусловленного воздействием на здоровье населения разных факторов вреда // Проблемы анализа риска. 2005. Том 2. № 2. С. 132–138.
2. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Учебное пособие в 3-х книгах. Кн. 1. / под ред. К.Е. Кочеткова, В.А. Котляревского, А.В. Забегаева. М.: Издательство АСВ. 1995. 320 с.
3. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Учебное пособие в 3-х книгах. Кн. 2 / под ред. К.Е. Кочеткова, В.А. Котляревского, А.В. Забегаева. М.: Издательство АСВ. 1996. 384 с.
4. Акимов В.А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. // В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радаев. М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.
5. Акимов В.А., Быков А.А. К вопросу корректности использования математического формализма для оценки стоимости статистической жизни // Проблемы анализа риска. 2005. Том 2. № 2. С. 139–141.
6. Акимов В.А., Быков А.А., Востоков В.Ю. и др. Методики оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций (Руководство по оценке рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера, в том числе при эксплуатации критически важных объектов Российской Федерации) // Проблемы анализа риска. 2007. Т. 4. № 4. С. 368–404.
7. Акимов В.А., Быков А.А., Востоков В.Ю. и др. Методические рекомендации по определению количества пострадавших при чрезвычайных ситуациях техногенного характера // Проблемы анализа риска. 2007. Т. 4. № 4. С. 347–367.
8. Альгин А.П. Риск и его роль в общественной жизни. М., 1989. Анализ риска и проблем безопасности. В 4-х частях // Ч.3. Прикладные вопросы анализа рисков критически важных объектов: Научный руководитель К.В. Фролов. М.: МГФ «Знание», 2007. 816 с.
9. Анализ риска и проблем безопасности. В 4-х ч. М.: МГФ «Знание», 2007. 816 с.
10. Андреев К.К., Беляев А. Ф. Теория взрывчатых веществ. М.: Оборонгиз, 1960. 356 с.
11. Афанасьев А.А. Воздействие энергетики на окружающую среду: внешние издержки и проблемы принятия решений: Препринт № ИВРАЕ-98-14. М.: ИБРАЭ РАН, 1998, 56 с.

12. Афанасьев А.А. Воздействие энергетики на окружающую среду: методологические проблемы оценки экономического ущерба. Москва. Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. 1999.
13. Базовые тарифные ставки по Правилам страхования жизни, утвержденные приказом ООО «МАКС-Жизнь» от 11.05.2018 № 20-ОД(ЖЗН).
14. Барсукова, П.В. Характеристика пакетов прикладных программ, используемых корпорациями для оценки рисков / П. В. Барсукова. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. 2021. № 23 (365). С. 368–370. URL: <https://moluch.ru/archive/365/81901/> (дата обращения: 07.07.2021).
15. База данных по ядерным и крупным химическим взрывам с выбросом в атмосферу: Свидетельство № 2863 от 12.12.1997: Зарегистрирована за № 0229703124 в Государственном реестре.
16. Бейкер У., Кокс П., Уэстайн П. и др. Взрывные явления. Оценка и последствия. В 2 кн. Пер. с англ. Под ред. Я.Б. Зельдовича, Б.Е. Гельфанда, М.: Мир, 1986.
17. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. М.: Химия, 1991.
18. Блок К., Селиг Р., Порфирьев Б.Н. и др. Подготовка кадров по управлению охраной окружающей среды в бассейне реки Волги, ТАСИС: ITL02 «Управление безопасностью в обрабатывающей промышленности» (электронное учебно-методическое пособие). М.: COWI, 1999.
19. Братусь С.Н. Юридическая ответственность и законность. М., 1976.
20. Бурдаков Н.И., Елохин А.Н., Нехорошев С.Н. Зонирование территории, прилегающей к потенциально опасным объектам. М.: Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях, 1990, вып.7, с. 22-32.
21. Быков А.А. Закон об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта – шаг вперед в развитии экономических механизмов управления риском // Проблемы анализа риска. 2011. Том 8. № 5. С. 4–5.
22. Быков А.А. Междисциплинарная наука о риске на пути к гармонизации понятий // Проблемы анализа риска. 2011. Том 8. № 4. С. 4–6.
23. Быков А.А. Моделирование природоохранной деятельности. Учебное пособие. М.: Изд-во НУМЦ Госкомэкологии России, 1998.
24. Быков А.А. Негативные последствия аварий стимулируют развитие технологий и механизмов управления // Проблемы анализа риска. Том 7. 2010. № 3. С. 4–5.
25. Быков А.А. Неопределенность и риск: взаимоотношение понятий // Проблемы анализа риска. 2015. Том 12. № 4. С. 4–5.
26. Быков А.А. О методологии экономической оценки жизни средне-статического человека // Проблемы анализа риска. 2007. Том 4. № 2. С. 178–191.

27. Быков А.А. О необходимости корректного использования рекомендаций Российского научного общества анализа риска // Проблемы анализа риска. 2012. Том 9. № 6. С. 4–7.
28. Быков А.А. О повышении роли риск-менеджмента при стратегическом планировании // Проблемы анализа риска. 2019. Том 16. № 6. С. 8–9.
29. Быков А.А. О построении систем управления рисками на предприятиях. Проблемы анализа риска. 2019. Том 16. № 3. С. 8–9.
30. Быков А.А. О построении системы риск-менеджмента в рамках всего предприятия: уроки и выводы из практики ведущих компаний // Проблемы анализа риска. 2012. Том 9. № 1. С. 4–7.
31. Быков А.А. О проблемах техногенного риска, безопасности техносферы и технологическом будущем: взгляды, идеи и мысли академика В.А. Легасова // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2011. Том 1. № 1. С. 73–89.
32. Быков А.А. Приоритет безопасности человека должен быть абсолютным // Проблемы анализа риска. 2011. Том 8. № 2. С. 4–7.
33. Быков А.А. Статистический анализ урегулирования убытков по программам имущественного страхования: рекомендации для страхователей и риск-менеджеров крупных компаний / А.А. Быков. М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2014. 242 с.
34. Быков А.А. Цена риска как экономический регулятор уровня безопасности: актуарные модели оценки стоимости статистической жизни / Под ред. члена-корреспондента РАН Б.Н. Порфирьева. М.: Анкил. 2014. 280 с.
35. Быков А.А. Эффективное управление невозможно без риск-менеджмента. Проблемы анализа риска. 2011. Т. 8. № 1. С. 46.
36. Быков А.А., Акимов В.А., Фалеев М.И. Нормативно-экономические модели управления риском // Проблемы анализа риска. 2004. Том 1. № 2. С. 125–137.
37. Быков А.А., Востоков В.Ю., Соколов Ю.И. и др. Отчет о НИР «Разработка и создание базы данных по сценариям возникновения и развития чрезвычайных ситуаций и их параметрам» Этап 2. Пункт № 4.1.2 ЕТП НИОКР МЧС России на 2007 год. М.: ЦСИ ГЗ МЧС России, 167 с.
38. Быков А.А., Колесников А.В., Кондратьев-Фирсов В.М. Оценка последствий аварий при страховании опасных объектов / А.А. Быков, А.В. Колесников, В.М. Кондратьев-Фирсов. ; под ред. М.И. Фалеева. М.: ФКУ ЦСИ ГЗ МЧС России, 2013. 423 с.
39. Быков А.А., Кудрявцев Г.И. Управление риском: оценка натурального и экономического ущерба для здоровья от техногенных воздействий. Проблемы региональной экологии. 1997. № 4.

40. Быков А.А., Кудрявцев Г.И. Экономические механизмы управления техногенными воздействиями на здоровье человека и окружающую среду. Проблемы региональной экологии. 1997. № 2.
41. Быков А.А., Кузьмин И.И., Проценко А.Н. Безопасность с глобальной и региональной точек зрения: концепция экологического паритета. М.: Препринт/ИБРАЭ РАН, № 37, 1992, 75 с.
42. Быков А.А., Мурзин Н.В. Проблемы анализа безопасности человека, общества, природы. С.-Пб: «Наука», 1997.
43. Быков А.А., Порфирьев Б.Н. Об анализе риска, концепциях и классификации рисков // Проблемы анализа риска. 2006. Т. 3. № 4. С. 319–337.
44. Быков А.А., Ревич Б.А. Оценка и сравнительный анализ риска для здоровья населения от загрязнения окружающей среды в городах России. // Вопросы анализа риска. Научный журнал. 1999. Том 1. № 2–4. С. 48–79.
45. Быков А.А., Соленова Л.Г., Земляная Г.М., Фурман В.Д. Методические рекомендации по анализу и управлению риском воздействия на здоровье населения вредных факторов окружающей среды. Москва: Анкил. 1999.
46. Быков А.А., Фалеев М.И. К проблеме оценки социально-экономического ущерба с использованием показателей цены риска // Проблемы анализа риска. 2005. Том 2. № 2. С. 114–131.
47. Введение в действие системы оценки экологических рисков и страхования гражданской ответственности за причинение вреда окружающей среде. Отчет о проектно-изыскательской работе. НИЦ «ЭКОБЕЗОПАСНОСТЬ», 2002.
48. Волков А.М., Микадзе Ю.В., Солнцева Г.Н. Деятельность: структура и регуляция. М.: МГУ, 1987.
49. Воробьев Ю.Л. Комплексная безопасность человека как новая парадигма современной цивилизации//Проблемы анализа риска. 2011. Том 8. № 2. С. 8–13.
50. Воробьев Ю.Л. Основные направления государственной политики в области управления региональными рисками // Региональные риски чрезвычайных ситуаций и управление природной и техногенной безопасностью муниципальных образований. Материалы девятой Всероссийской научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. 20–21 апреля 2004 г. /МЧС России. М.: Триада, Лтд., 2004. С. 5–20.
51. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Постиндустриальные риски России // Проблемы анализа риска. 2009. Том 6. № 4. С. 10–27.
52. Воробьев Е.И., Ковалев Е.Е. Радиационная безопасность экипажей летательных аппаратов. М.: Энергоатомиздат, 1983.
53. Гербер Х. Математика страхования жизни. Пер.с англ. М.: Мир, 1995. 156 с.

54. ГОСТ Р 12.0.010-2009 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков».
55. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов.
56. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
57. ГОСТ Р 14.09-2005 Экологический менеджмент. Руководство по оценке риска в области экологического менеджмента.
58. ГОСТ Р 22.10.01-2001 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Оценка ущерба. Термины и определения.
59. ГОСТ Р 27.001-2009 Надежность в технике. Система управления надежностью. Основные положения.
60. ГОСТ Р 27.012-2019 (МЭК 61882:2016) Надежность в технике. Анализ опасности и работоспособности (HAZOP).
61. ГОСТ Р 27.302-2009 Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей.
62. ГОСТ 27.310-95 Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения.
63. ГОСТ Р 51897-2021 Руководство ИСО 73:2009. Менеджмент риска. Термины и определения.
64. ГОСТ Р 51898-2002 Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты.
65. ГОСТ Р 51901.1-2002 (МЭК 60300-3-9:1995) Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем.
66. ГОСТ Р 51901.3-2007 (МЭК 60300-2:2004) Менеджмент риска. Руководство по менеджменту надежности.
67. ГОСТ Р 51901.5-2005 (МЭК 60300-3-1:2003) Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности.
68. ГОСТ Р 51901.6-2005 (МЭК 61014:2003) Менеджмент риска. Программа повышения надежности.
69. ГОСТ Р 51901.7-2017 Менеджмент риска. Руководство по внедрению ИСО 31000.
70. ГОСТ Р 51901.10-2009 (ИСО/ТС 16732:2005) Менеджмент риска. Процедуры управления пожарным риском на предприятии.
71. ГОСТ Р 51901.12-2007 (МЭК 60812:2006) Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов.
72. ГОСТ Р 51901.14-2007 (МЭК 61078:1991) Менеджмент риска. Метод структурной схемы надежности (МЭК 61078:2006 Методы анализа надежности. Структурная схема надежности и Булевы методы, MOD).



73. ГОСТ Р 51901.16-2005 (МЭК 61164:1995) Менеджмент риска. Повышение надежности. Статистические критерии и методы оценки.
74. ГОСТ Р 51901.21-2012 Менеджмент риска. Реестр риска. Общие положения.
75. ГОСТ Р 51901.22-2012 Менеджмент риска. Реестр риска. Правила построения.
76. ГОСТ Р 51901.23-2012 Менеджмент риска. Реестр риска. Руководство по оценке риска опасных событий для включения в реестр риска.
77. ГОСТ Р 52806-2007 Менеджмент рисков проектов. Общие положения.
78. ГОСТ Р 54141-2010 Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Эталонные сценарии инцидентов.
79. ГОСТ Р 54142-2010 Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Методология построения универсального дерева событий.
80. ГОСТ Р 54143-2010 Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Промышленные инциденты.
81. ГОСТ Р 54144-2010 Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Идентификация инцидентов.
82. ГОСТ Р 54145-2010 Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Общая методология.
83. ГОСТ Р 54617.1-2011 Менеджмент риска в nanoиндустрии. Общие принципы.
84. ГОСТ Р 55059-2012 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Термины и определения.
85. ГОСТ Р 55914-2013 Менеджмент риска. Руководство по менеджменту психосоциального риска на рабочем месте.
86. ГОСТ Р 56275-2014 Стратегический и инновационный менеджмент.
87. ГОСТ Р 58045-2017 Менеджмент риска при обеспечении качества на стадиях жизненного цикла. Методы оценки и критерии приемлемости риска.
88. ГОСТ Р 58771-2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска.
89. ГОСТ Р 58969-2020 Менеджмент риска. Управление технико-производственными рисками промышленного предприятия.
90. ГОСТ Р 58970-2020 Менеджмент риска. Количественная оценка влияния рисков на стоимость и сроки инвестиционных проектов.

91. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования.
92. ГОСТ Р ИСО 13824-2013 Практические аспекты менеджмента риска. Общие принципы оценки риска при проектировании зданий и сооружений.
93. ГОСТ Р ИСО 15265-2006 Менеджмент риска. Основы стратегии оценки риска для предупреждения стресса и дискомфорта в термальных рабочих средах.
94. ГОСТ Р ИСО 17666-2006 Менеджмент риска. Космические системы.
95. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 Менеджмент риска. Принципы и руководство.
96. ГОСТ Р ИСО/МЭК 16085:2007 Менеджмент риска. Процессы жизненного цикла программного обеспечения.
97. ГОСТ Р ИСО/ТО 12100-1-2007 Безопасность оборудования. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 1. Основные термины, методика.
98. ГОСТ Р ИСО/ТО 12100-2-2007 Безопасность оборудования. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 2. Технические правила и технические требования.
99. ГОСТ Р МЭК 60300-1-2017 Менеджмент риска. Руководство по применению менеджмента надежности.
100. ГОСТ Р МЭК 61165-2019 Надежность в технике. Применение марковских методов.
101. ГОСТ Р МЭК 62198-2015 Проектный менеджмент. Руководство по применению менеджмента риска при проектировании.
102. ГОСТ Р МЭК 62305-1:2010 Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы.
103. ГОСТ Р МЭК 62305-2:2010 Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 2. Оценка риска.
104. ГОСТ ISO 12100-2013 Безопасность машин. Основные принципы конструирования. Оценка риска и снижения риска.
105. Гофман К.Г., Рюмина Е.В. «Кредитные отношения» общества и природы // Экономика и математические методы. 1994. Т. XXX. Вып. 2.
106. Гражданкин А.И., Дегтярев Д.В., Лисанов М.В., Печеркин А.С. Основные показатели риска аварии в терминах теории вероятностей // Безопасность труда в промышленности. 2007. № 7. С. 35–39.
107. Гринберг М.С. Проблема производственного риска в уголовном праве. М., 1963.
108. Даль В.И. Толковый словарь живого великорусского языка. В 4 т., Т. 3. М.: Изд. группа «Прогресс», «Универс», 1994.

109. Декларация Российского научного общества анализа риска «О предельно допустимых уровнях риска» Проблемы анализа риска. 2006. Том 3. № 2. С. 162.

110. Декларация Российского научного общества анализа риска «Об экономической оценке жизни среднестатистического человека» // Проблемы анализа риска. 2007. Том 4. № 2. С. 177.

111. Диев В.С. Универсальное определение риска: необходимо и возможно ли оно? // Риск в философском измерении. Новосибирск: НГУ, 2004.

112. Директивы представителям интересов Российской Федерации для участия в заседаниях Советов директоров (наблюдательных советов) акционерных обществ, включенных в специальный перечень, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 23.01.2003 № 91-р (утверждены первым заместителем Председателя Правительства Российской Федерации от 24.06.2015 № ИШ-3984п-П13).

113. Дубровин А.А. Типизация деревьев событий при транспортировке железнодорожным транспортом опасных грузов/ Проблемы анализа риска. 2008. Том 5. № 3. С. 86–95.

114. Евстафьев И.Б., Григорьев С.Г. К вопросу об оценке фонового уровня риска. М., ВИНТИ. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях, 1993. Вып. 3. С. 2–15.

115. Елохин А.Н. Анализ и управление риском: теория и практика. М., Страховая группа «ЛУКОЙЛ», 2000. 186 с.

116. Елохин А.Н. Научно-методологические основы управления риском и безопасностью населения и территорий. Сборник трудов Международного симпозиума «Партнерство во имя жизни – снижение риска чрезвычайных ситуаций, смягчение последствий аварий и катастроф». М.: 1998.

117. Елохин А.Н., Елохин А.А. Проблема выбора критериев приемлемого риска. // Проблемы анализа риска. 2004. Том 1. № 2. С. 138—145.

118. Елохин А.Н. и др. Об одном подходе к оценке риска при строительстве жилых и общественных зданий вблизи потенциально опасных объектов. М.: Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1990. Вып. 8. С. 2–11.

119. Зайковский В.Э. Управление рисками газотранспортного предприятия (на примере ООО «Газпром трансгаз Томск») // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2014. № 4. С. 33–37.

120. Зайковский В.Э., Штогрин Ю.И. Риск-менеджмент. Информационный менеджмент: учебно-практическое пособие. Томск: Издательский дом Томского государственного университета, 2017. 80 с.

121. Закон Российской Федерации "О безопасности" от 05.03.1992 (в редакции от 24.12.1993). Собрание актов Президента Российской Федерации и Правительства Российской Федерации. 1993. № 52. С. 5086.

122. Зеленкина Л.М. Риск как междисциплинарная категория: проблема поиска интегрального определения // Риск в философском измерении. Новосибирск: НГУ, 2004.
123. Кархов А.Н., Максименко Б.П. Некоторые проблемы экономического управления риском // В сб. «Социально-экономические и экологические аспекты анализа риска». – Иркутск: СЭИ СО РАН, 1993.
124. Касимов Ю.Ф. Введение в актуарную математику (страхования жизни и пенсионных схем). М.: «Анкил», 2001. 176 с.
125. Ковалев Е.Е. Концепция приемлемого риска и проблема безопасности населения. Экология АЭС. Ядерное общество СССР. М., 1992.
126. Ковалев Е.Е. Надежность радиационной защиты и безопасность космических полетов. Доклад на XXIV Конгрессе Международной астронавтической федерации, 8–13 октября 1973 г. Баку, 1973.
127. Ковалев Е.Е. Радиационная безопасность экипажей космических аппаратов. В кн.: Защита от ионизирующих излучений. М., Атомэнергоиздат, 1990. Т. 2.
128. Ковалев Е.Е. Радиационный риск на Земле и в космосе. М., Атомиздат, 1976.
129. Ковалев Е.Е. и др. Новая техника и проблема безопасности человека (методологический аспект). // Вопросы философии. 1981. № 5. С. 49–59.
130. Кондратьев-Фирсов В.М. Применение программно-целевых подходов к планированию мероприятий по повышению защищенности критически важных объектов // Проблемы анализа риска. 2008. Том 5. № 24. С. 66–75.
131. Котик М.А. Психология и безопасность. Таллин, 1981.
132. Критерии установления уровней минимального риска здоровью населения от загрязнения окружающей среды. Методические рекомендации, МосМР 2.1.9.001-03. М.: «Санэпидмедиа», Центр госсанэпиднадзора в г. Москве, 2003. 40 с.
133. Кручинина И.А., Лисанов М.В., Печеркин А.С., Сидоров В.И. К вопросу об оценке стоимости человеческой жизни. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2003. № 4. С. 72–75.
134. Кузьмин И.И., Махутов Н.А., Хетагуров С.В. Безопасность и риск: эколого-экономические аспекты. СПб: Изд-во Санкт-Петербургского университета экономики и финансов, 1997.
135. Легасов В.А. Из сегодня в завтра. Мысли вслух. М.: 1996. 226 с.
136. Легасов В.А., Бабаев Н.С., Кузьмин И.И., Сидоренко В.А. Проблемы безопасности на атомных электростанциях // Природа. 1980. № 6. С. 30–43.
137. Легасов В.А., Демин В.Ф., Шевелев Я.В. Безопасность как экономический фактор. Цена риска // Проблемы анализа риска. 2005. Том 2. № 2. С. 182–187.

138. Легасов В.А., Демин В.Ф., Шевелев Я.В. Экономика безопасности ядерной энергетики/Препринт ИАЭ-4072/3 М., 1984, 48 с.
139. Луман Н. Понятие риска // THESIS. 1994. № 5.
140. Льюис Р. Д., Райфа Я. Игры и решения. М.: ИЛ, 1962.
141. Маршалл В. Основные опасности химических производств. Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 672 с.
142. Мезрин Б.Н. О юридической природе риска в советском гражданском праве. В кн.: Гражданское право и способы его защиты. Свердловск, 1974.
143. Менеджмент рисков / Е.Р.Петросян. М.: Инновационный фонд «Росиспытания», 2009. 540 с.
144. Методики оценки последствий аварий на опасных производственных объектах: Сборник документов. Серия 27. Выпуск 2. НТЦ «Промбезопасность», 2001 г.
145. Методики оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций (Руководство по оценке рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера, в том числе при эксплуатации критически важных объектов Российской Федерации). Утверждены первым заместителем Министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Р.Х. Цаликовым 9.01.2008, № 1-4-60-9. Проблемы анализа риска. 2007. Том 4. № 4. С. 368–404.
146. Методические рекомендации по определению количества пострадавших при чрезвычайных ситуациях техногенного характера (утв. первым заместителем министра МЧС России от 01.09.2007 № 1-4-60-9-9).
147. Методические рекомендации по организации главными управлениями МЧС России по субъектам Российской Федерации работы по получению экспертными организациями добровольных аккредитаций в области оценки соответствия объектов защиты (продукции) установленным требованиям пожарной безопасности путем независимой оценки пожарного риска (утв. МЧС России 23 ноября 2015 г. № 2-4-87-44-7).
148. Методические указания по подготовке положения о системе управления рисками (одобрены поручением Правительства Российской Федерации от 24.06.2015 № ИШ-П13-4148) [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.rosim.ru/activities/corp/methodology/documents/metod\\_ukaz\\_norm\\_dok](https://www.rosim.ru/activities/corp/methodology/documents/metod_ukaz_norm_dok) (дата обращения: 09.07.2021).
149. Методологические положения по расчету показателей денежных доходов и расходов населения, утверждены приказом Росстата от 02.07.2014 № 465, с изменениями от 20.11.2018 № 680.
150. Мягков С.М. География природного риска. М., 1995.

151. Найт К. Управление рисками. От верного решения — к успешному выполнению. Проблемы анализа риска. 2006. Т. 3. № 4. С. 383–387.
152. Найт Р.Ф., Притти Д.Дж. Философия риска, стоимость компании и ее руководитель // Управление рисками. М.: Вершина, 2004.
153. Новиков С.М., Порфирьев Б.Н., Быков А.А. и др. Методология оценки риска: опыт применения оценки риска для здоровья в России (Самарская область). М.: Консультационный центр по оценке риска, 1999.
154. Ожегов С.И. Словарь русского языка. М: Советская энциклопедия, 1964.
155. Ойгензихт В.А. Мораль и право. Душанбе, 1987.
156. Оценка и управление природными рисками / Материалы Всероссийской конференции «РИСК – 2003», Т. 1–2. М.: Издательство Российского университета дружбы народов, 2003.
157. Перечень поручений Президента Российской Федерации по итогам совещания по вопросу повышения эффективности деятельности государственных компаний от 09.12.2014 № Пр-3013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/47370> (дата обращения: 09.07.2021).
158. Письмо Банка России от 10.04.2014 № 06-52/2463 «О Кодексе корпоративного управления» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70540276/> (дата обращения: 09.07.2021).
159. Порфирьев Б.Н. Концепция риска: новые подходы к экологической политике. США – экономика, политика, идеология. 1988. № 11.
160. Порфирьев Б.Н. Управление в чрезвычайных ситуациях: проблемы теории и практики. М., 1991.
161. Порфирьев Б.Н. Экономическая оценка людских потерь в результате чрезвычайных ситуаций // Вопросы экономики. 2013. № 1. С. 48–68.
162. Постановление Правительства Российской Федерации «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21 мая 2007 года № 304.
163. Предельно допустимые уровни риска (Пояснительная записка) // Проблемы анализа риска. 2006. Том 3. № 2. С. 163–168.
164. Предупреждение крупных аварий. Практическое руководство. Разработано при участии ЮНЕП, МБТ и ВОЗ / пер. с англ. под ред. Э.В. Петросяна. М.: МП «Рарог», 1992.
165. Пресса Р. Народонаселение и его изучение. М.: Статистика, 1966. С. 121.
166. Приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах».

167. Приказ МЧС России от 29.07.2015 № 405 «Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий предоставления государственной услуги по приему копий заключений о независимой оценке пожарного риска».

168. Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 №144 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».

169. Приказ Ростехнадзора от 23.08.2016 № 349 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методика установления допустимого риска аварии при обосновании безопасности опасных производственных объектов нефтегазового комплекса».

170. Публикация № 27 МКРЗ. Проблемы, связанные с разработкой показателя вреда от воздействия ионизирующих излучений/Публикация № 27 МКРЗ. М.: Энергоиздат, 1981.

171. Публикации № 41, 42 МКРЗ. Дозовые зависимости нестохастических эффектов, основные концепции и величины, используемые в МКРЗ/Публикации № 41, 42 МКРЗ. М.: Энергоатомиздат, 1987.

172. Рагозин А.Л. Современное состояние и перспективы оценки и управление природным рисками в строительстве. В сб.: Анализ и оценка природного и техногенного риска в строительстве. М., 1995. С. 9–25.

173. РД 03-496-02. Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах. М.:ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность». 2002.

174. РД 153-34.2-002-01 Временная методика оценки ущерба, возможного вследствие аварии гидротехнического сооружения.

175. Ревич Б.А., Быков А.А. Оценка риска смертности населения России от техногенного загрязнения воздушного бассейна. Проблемы прогнозирования. 1998. № 3. С. 147–162.

176. Региональные риски чрезвычайных ситуаций и управление природной и техногенной безопасностью муниципальных образований. Материалы девятой Всероссийской научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. 20–21 апреля 2004 г. /МЧС России. М.: Триада, Лтд., 2004.

177. Риск менеджмент. Практика ведущих компаний. М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. 208 с.

178. Рогачев А.Ю. Управление рисками предприятия. Опыт фармацевтической компании. Проблемы анализа риска. 2008. Том 5. № 4. С. 30–39.

179. Россия в цифрах. 2013: Крат. стат. сб./Росстат. М., 2013. 573 с.

180. Руководство к своду знаний по управлению проектом (руководство РМВОК). Шестое издание: Project Management Institute, 2017.

181. Руководство по безопасности «Методика анализа риска аварий на опасных производственных объектах морского нефтегазового комплекса», утвержденное приказом Ростехнадзора от 16.09.2015 № 364.

182. Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах», утвержденное приказом Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144.

183. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта газа», утвержденное приказом Ростехнадзора от 26 декабря 2018 г. № 647.

184. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности», утвержденное приказом Ростехнадзора от 29.06.2016 № 272.

185. Руководство по безопасности «Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на конденсатопроводах и продуктопроводах», утвержденное приказом Ростехнадзора от 30 марта 2020 года № 139.

186. Сафонов М.С. Памяти В.А. Легасова // Проблемы анализа риска. 2006. Том 2. № 2. С. 157.

187. Сафонов В.С. и др. Теория и практика анализа риска в газовой промышленности. М.: НУМЦ Минприроды России, 1996.

188. Свод правил «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (СП 12.13130.2009).

189. Словарь иностранных слов. 12-е изд., стереотип. М.: Рус. яз., 1985. 608 с.

190. Солнцева Г.Н. О психологическом содержании понятия «риск» // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 14. Психология. 1999. № 2.

191. Солнцева Г.Н. Риск и рефлексивная регуляция деятельности (опыт психологического анализа понятия риска) // Вопросы анализа риска. 2000. Том 2. № 3–4. С. 86–91.

192. Стандарт FERMA, 2002. Стандарт управления риском Федерации европейских ассоциаций риск-менеджеров (A Risk Management Standard, FERMA), 2002.

193. СТО Газпром 18000.1-002-2020. Идентификация опасностей и управление рисками в области производственной безопасности (введено в действие распоряжением ОАО «Газпром» от 30 января 2020 г. № 37).

194. СТО Газпром 2-2.3-351-2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром» (введено в действие распоряжением ОАО «Газпром» от 30 марта 2009 г. № 83).



195. СТО Газпром 2-2.3-400-2009. Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «Газпром» (введено в действие распоряжением ОАО «Газпром» от 05 октября 2009 г. № 326).

196. СТО Газпром 2-2.3-569-2011 Методическое руководство по расчету и анализу рисков при эксплуатации объектов производства, хранения и морской транспортировки сжиженного и сжатого природного газа.

197. Тарифное руководство по страхованию жизни по Программе накопительного страхования «Линия жизни» Военно-страховой компании. ВСК страховой дом. М.: 2002.

198. Теряев В.Г., Бурдаков Н.И., Елохин А.Н., Черноплеков А.Н. Крупные производственные аварии: медицинские аспекты. М.: ММП Пролог, 1992. 127 с.

199. Трбоевич В.М. Критерии риска в странах ЕС // Проблемы анализа риска. 2004. Т. 1. № 2. С. 106–115.

200. Тэпман Л.Н. Риски в экономике. ЮНИТИ, М., 2002.

201. Управление риском: риск, устойчивость, синергетика. М.: Наука, 1999.

202. Урланис Б.Ц., Бобров Л.В. Живут люди на земле. М.: Знание, 1976. С. 72.

203. Федеральный закон № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г.

204. Федеральный Закон № 68-ФЗ «О защите населения и территорий при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера» от 21.12.1994.

205. Федеральной Закон № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» от 21 декабря 1994 года.

206. Федеральный Закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 года.

207. Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.06.2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

208. Федеральный закон № 184-ФЗ от 27.12.2002 «О техническом регулировании».

209. Федеральный закон № 209-ФЗ от 19.07.2018 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об акционерных обществах» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43351> (дата обращения: 09.07.2021).

210. Фон Нейман Дж., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. М.: Наука, 1970.

211. Химмельблау Д. Обнаружение и диагностика неполадок в химических процессах. Пер. с англ. Л.: Химия, 1983.

212. Чернова Г.В., Кудрявцев А.А. Управление рисками: Учебное пособие. М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2003.
213. Шиминова М.Я. Компенсация вреда гражданам (гражданско-правовое регулирование). М., 1979.
214. Экономическая энциклопедия. Под ред. Л.И.Абалкина. М., 1999. с. 688.
215. Экспертиза промышленной безопасности: Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144: сайт. – URL: <https://tk-expert.ru/lib/467/>
216. Эпштейн М.Н. Философия возможного. СПб.: Алетейя, 2001.
217. АСМН. Advisory Committee on Major Hazards, First Report, HMSO. London, 1976.
218. АСМН. Advisory Committee on Major Hazards, Major hazard aspects of the transport of dangerous substances, Health and safety Executive, HMSO, 1991. ISBN 0 11 885676 6.
219. Alle B.J.M. Risk analysis and risk policy in the Netherlands and the EEC. // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 1991. V. 4. № 1. P. 58–64.
220. Andaman S. Pros and cons of LNG safety. – Pipeline industry", Ser. 1979. 51. № 32. P. 39–42.
221. Assessing Compliance with Law in Individual Cases and the Use of Good Practice. HSE UK. May 2003.
222. Association of American Railroads. "Railroad Fact, 1985 Eddition". August 1985.
223. Aunan Kristin. Exposure-Response Functions for Health Effects of Air Pollutants Based on Epidemiological Findings. Risk Analysis, an international journal. Volume 16. Number 5. October 1996. P. 693–709.
224. Beck, U. From Industrial Culture to the Risk Society. Theory, Culture and Society. 1992. Vol. 9. No 1: 97–123.
225. Beck, U. Gegengifte. Die Organisierte Unverantwortlichkeit. Frankfurt am Main, Suhrkamp, 1988.
226. Bernstein P. Against the Gods: The Remarkable story of Risk. NY: Wiley, 1996.
227. Bottelberghs B. Risk analysis and safety policy developments in the Netherlands. Journal of Hazardous Materials, 2000, 71:1, 59–84.
228. BUWAL, Handbuch I zur Storfalloverordnung StFV: Richtlinien fur betriebe mit Stoffen, Erzeugnisse oder Sonderabfallen, Bern: Bundesamt fur Umwelt, Vald und Landshaft, 1991.
229. Bykov A.A., Kuz'min I.I., Protchenko A.N. Safety from Global and Regional Viewpoints: Concept of "Environmental Parity". Moscow: Preprint/NSI RAS; No38, 1992, 70 p.

230. Cannon J.S. The Health Cost if Air Pollution. New York: American Lung Association, 1990.
231. CCPS American Institute of Chemical Engineers, New York, 1992. ISBN 0-8169-0491-X.
232. Chemical and Engineering News "Emergency plants urged for railyard chemicals". July 29, 1985. P. 6.
233. CIRRUS. Consequence Modelling Software Package. BP Aomoco, 1998.
234. Clarke, R.K. et al. "Severities of Transportation Accidents", Sanda Laboratories, NTIS SLA-74-0001, July 1976.
235. Conley B. C. The value of human life in the demand for safety // The American Economic Review. March, 1976. V. 66. № 1. P. 45–55.
236. Considine, M. "Risk Assessment of the Transportation of Hazardous Substances Through Road Tunnels", Recent Advances in Hazardous Materials Transportation Research, An International Exchange, State-of-the-Art Report 3, Transportation Research Board, Washington, DC, 1986. P. 178–185.
237. COSO ERM – Integrating-with-Strategy-and-Performance-Executive <https://www.coso.org/Documents/2017-COSO-ERM-Integrating-with-Strategy-and-Performance-Executive-Summary.pdf>, 2017. Концепция Комитета спонсорских организаций Комиссии Трэдвэя (The Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission) COSO «Управление рисками организации. Интеграция со стратегией и эффективностью деятельности».
238. Covello V.T., Merkhofer M.W. Risk Assessment Methods. Approaches for Assessing Health and Environmental Risks. Plenum Press, New York and London, 1993.
239. Cox, A.W., Lees, F.P., and Ang, M.L., "Classification of Hazardous Locations" I. Chem. E. ISBN 0 85295 258 9, 1990.
240. Crawley, F.; Preston, M. and Tyler, B.. HAZOP: Guide to best practice. Guidelines to best practice for the process and chemical industries. European Process Safety Centre, Chemical Industries Association & Institution of Chemical Engineers. Rugby, England, IChem, 2000, ISBN 0-85295-427-1.
241. Douglas, M. and Wildavsky, A. 1982. Risk and Culture: An Essay on the Selection of the Technological and Environmental Dangers. Berkeley and Los Angeles, Univ. of California Press.
242. European Commission. ExternE – Externalities of Energy // European Commission, DGXII Science, Research and Development, JOULE Programme Reports: Vol. 1-6 (EUR 16520-16525). Brussels – Luxemburg. 1995.
243. Externalities of Fuel Cycles: "ExternE Project", Volumes 1–8, European Commission, DG XII, 1994 – 1998.
244. Fay J. Risk of LNG and LPG. – " Ann. Rev. Energy". 1980. № 5. P. 89–105.

245. Feachem, R. "Health decline in Eastern Europe". *Nature* 367:313-314. 1994.
246. FERMA Исследование профессии риск-менеджера – 2018. <https://www.pwc.ru/ru/riskassurance/assets/risk-management-and-compliance/ferma-european-risk-manager-report-2018-rus.pdf>.
247. Fischhoff, B. Psychology and public policy, *American Psychologist*. 1990. 45(5). P. 647–653.
248. FRED version 3.1, Technical Guide, Shell International Oil Products B.V., 2001.
249. EP 95-0352 HSE Manual "Quantitative Risk Assessment".
250. Frijters, M. P. C., Van Hengel, W. and Houben R. J. (1998) An integral safety plan for the high speed train link in the Netherlands, *Proceedings ESREL-98*, Trondheim. 16–19 June. P. 73–77.
251. Giddens, A. *Modernity and Self-Identity: Self and Society in the Late Modern Age*. Cambridge, Polity Press, 1991.
252. Greenberg H.R., Gramer J.J., *Risk Assessment and Risk Management for the Chemical Process Industry* (ISBN 0-442-23438-4), Van Nosrand Reinhold, New York, 1991.
253. *Guidance on ALARP for Offshore Division Inspectors. Making an ALARP Demonstration*. HSE UK, March 2003.
254. *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, USA, 1999, ISBN 0-8169-0491-X.
255. Guralnik, D. (Ed.). *Webster's New World Dictionary of the American Language*. The World Publishing Co., N.Y., 1972.
256. Harvey, A.E, P.C. Conon and T.S. Glickman, "Statistical Trends in Railroad Hazardous Materials Transportation Safety -1978 to 1986", Publication R-640, Association of American Railroads, Washington Systems Center, September 1987.
257. *Health and Safety at Work etc Act 1974*, SI 1974/1439, The Stationery Office 1974. ISBN 0 11 141439 X.
258. Health & Safety Executive (HSE), "Risk Criteria for Land-Use Planning in the Vicinity of Major Industrial Hazards", HMSO, 1989.
259. Henley E.J., Kumamoto H., *Reliability Engineering and Risk Assessment*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1981.
260. Herberg von, P. Prevention is the Best Cure, *Chemical Purchasing*, September 1979. P. 79–84.
261. HID's (Hazardous Installation Directorate) Approach to "As Low as Reasonable Practicable" (ALARP) Decisions. HSE UK, July 2002.
262. Hohenemser, Ch., Kates, R. and Slovic, P. 1983. The nature of technological hazard. *Science*, No 220: 371-383.

263. HSE. Guidance on 'as low as reasonably practicable' (ALARP) Decision in Control Of major Accident Hazards (COMAH), SPC/Permissioning/12, Issue: Jul 2002, Review: Jul 2004.
264. HSE. Health and Safety Executive, Reducing risk, protecting people, HSE Books, 2001. ISBN 0 7176 2151 0.
265. HSE. IFRLUP - HSE's Implementation of the Fundamental Review of Land Use Planning, 2004, Issue No. 2, January.
266. IEC 61025:1990 «Fault Tree Analysis (FTA).
267. Institute of Chemical Engineering. Nomenclature for Hazard and Risk Assessment in the Process Industries, 1985. ISBN 852951841.
268. Introduction To Cost-Effectiveness Analysis Of Risk Reduction Measures In Energy Systems. 1986. IAEA-TECDOC-383, Vienna.
269. Jones-Lee M.W. The value of Life. An Economic Analysis.-Chicago.: The University of Chicago Press, 1976. 162 p.
270. Jordan W.E., Failure Modes, Effects and Criticality Analysis, proceedings of the Annual Reliability and Maintainability Symposium, San Francisco, Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, 1982.
271. Kamer Tweede. National Environmental Policy Plan, The Hague: SDU Publishers (ISSN 0921-7371), 1988–1989.
272. Kaplan, S. and Garrik, B. On the quantitative definition of risk. Journal of Risk Analysis, 1981, No 1: 12, 11–27.
273. Kaplan S. The words of risk analysis, Risk Analysis, 17(4), 1997.
274. Kirchsteiger, C. (Ed.) Risk Assessment and Management in the Context of the Seveso II Directive. Industrial Safety Series, 1998, Vol 6. Elsevier. 537 p.
275. Klaassen K.B., J.E.L. van Peppen, System Reliability, Concepts and Applications, Edward Arnold, Routledge, Chapman and Hall, Inc., New York, 1989.
276. Kletz, T. Learning from Accidents in Industry. Butterworths, London, 1988.
277. Kloeber, G. et al. "Risk Assessment of Air Versus Other Transportation Modes for Explosive and Flammable Criogenic Liquids, Volume 1: Risk Assessment Method and Results", prepared ;,by ORI, Inc. for Materials Transportation Bureau, NTISPB80-138472, Desember 1979.
278. Knight, F. Risk, Uncertainty and Profit. Boston, Houghton Mifflin Co. 1921.
279. Knowlton, E.. An Introduction to Hazard and Operability Studies, the Guide Word, 1992.
280. Kolluru R.V. Environmental Strategies Handbook. A Guide to Effective Policies & Practices. New York. 1994.
281. Krupnick A., Ostro B., Lee R., et. Al. Resources for the Future's Health Benefits Models, 1994.

282. Lambert H.E., Failure Modes and Effect Analysis, NATO Advanced Study Institute, 1978.
283. Lees F.P. Loss Prevention in the Process Industries. Vols. 1 and 2, Butterworths, London, 1980 & Safety of Work, London, March 1981.
284. Lees, F.P. Loss Prevention in the Process Industries: hazard identification, assessment and control, 2<sup>nd</sup> ed, Oxford, 1996.
285. Luhmann, N. Sociologie des Risicos. Berlin, N.Y., Walter de Gruyter. 1991.
286. Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries. Inter-Agency Programme on the Assessment and Management of Health and Environmental Risks from Energy and Other Complex Industrial Systems. Jointly sponsored by IAEA, UNEP, UNIDO, WHO. IAEA-TECDOC-727 (Rev. 1), ISSN 1011-4289. IAEA, VIENNA, 1996.
287. Manual of Industrial Hazard Assessment Techniques., The World Bank, Washington, D.C., USA, 1985.
288. Marine Risk Assessment. HSE UK, Offshore Technology Report, 2001/063.
289. Markowitz H. Portfolio selection. New York: John Wiley, 1959.
290. McCormick N.J., Reliability and Risk Assessment, Academic Press, Inc., New York, 1981.
291. Melinek S.I. A method of evaluating human life for economic purposes // Fire Research Note.-1974.-№1009.-p.29-30.
292. National Transportation Safety Board. "Railroad / Highway Grade Crossing Accidents Involving Trucks Transportation Bulk Hazardous Materials", NTIS PB-82-113432, September 1981.
293. Nayak, P.P., D.B. Rosenfield and Hagopian. 'Event Probabilities and Impact Zones for Hazardous Materials Accidents on Railroads', prepared by Arthur D. Little, Inc. for the Federal Railroad Administration, DOT/FRA/ORD-83/20, November 1983.
294. Norwegian Petroleum Directorate and Ministry of the Environment "Regulations concerning implementation and use of risk analysis in the petroleum activities", 12.7.90.
295. OECD. Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Transport Policies, 2012.
296. OECD. The Value of Statistical Life: A Meta-analysis / OECD Working Party on National Environmental Policies. ENV/EPOC/WPNEP(2010)9/FINAL. Paris: OECD Publishing, 2010.
297. OTA-SET-340. Office of Technology Assessment. "Transportation of Hazardous Materials", OTA-SET-340, Washington, DC: U.S. Government Printing Office, July 1986.

298. OTA-SET-301. Office of Technology Assessment. "Transportation of Hazardous Materials": State and "Local Activities", OTA-SET-301, Washington, DC: U.S. Government Printing Office, March 1986.
299. Ottinger R., Wooley D.R., Robinson N.A. et.al. Environmental Costs of Electricity. New York, London, Rom: Oceana Publications. 1990. 769 p.
300. Papadakis, G.A.; Amendola, A. (Eds.). Guidance on the preparation of a safety report to meet the requirements of council directive 96/82/EC (Seveso II). EUR 17690 EN, 1997, 66 p.
301. Physical Effects Modelling Handbook. Shell Research and Technology Centre, Thomton, UK, 1997.
302. Policy and Guidance on Reducing Risks ALARP in Design. HSE UK, June 2003.
303. Principles and Guidelines to Assist HSE in its Judgements that Duty-Holders Have Reduced Risk ALARP. HSE UK, August 2003.
304. Procedures for Performing a Failure Mode and Effect Analysis, MIL-STD-1629A, US Navy, 1977.
305. Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis, MILSTD-1629A, Department of Defense, Washington, DC, November 1980.
306. Process Hazard Analysis Leader Training Using the HAZOP and What-if/Checklist Techniques, JFBA Inc., Process Safety Institute. Tennessee, 1996.
307. Redmill, F.; Chudleigh, M. and Catmur, J.. System Safety: HAZOP and Software HAZOP. Wiley, 1999, ISBN 0-471-98280-6.
308. Redlich F. Towards a better theory of risk // Explorations in entrepreneurial history. 1957. Vol. 10. P. 33—39.
309. Reducing Risks, Protection People (2R2P). HSE's decision-making process. 2001.
310. Reliability And Safety of Processes And Manufacturing Systems, 12 Annual Symp., Tampere, Finland, 1991
311. Roberts T.A., Metonos S., Shirvill L.C. Review of the responce of pressurised process vessels and equipment to fire attack.// Offshore Technology Report – OTO 2000-031. Buxton, Health and Safety Executive, June 2000.
312. Robinson L. A. How U.S. Government Agencies Value Mortality Risk Reductions // Review of Environmental Economics and Policy, 2007, Vol. 1, No 2. P. 283—299.
313. Robinson L. A. Valuing. Mortality Risk Reductions in Homeland Security Regulatory Analyses / Prepared for U.S. Customs and Border Protection, Department of Homeland Security, under contract to Industrial Economics, Inc, 2008.
314. Schaefer R. E. What are we talking about when we talk about «risk»? A critical servey of risk and risk preference theories // RM-78-69. Laxenburg, Austria: Intern. Inst. For Applied System Analysis, 1978.

315. Services and Technical Support, Reliability and Safety Department, Essen, 1990.
316. Shrader-Frechette, K. S. Risk Analysis and Scientific Method, Dordrecht/Boston/Lancaster: D. Reidel publishing Company, 1985.
317. Slijkhuis, K. A. H., Van Gelder, P. H. A. J. M. and Vrijling, J. K. Optimal dike height under statistical, construction and damage uncertainty, ICOSSAR'97, 7th International Conference on Structural Safety and Reliability, Kyoto, 24–28 November, 1997. P. 1137–40.
318. Slovic, P.; Fischhoff, B. and Lichtenstein, S. Facts and fears: Understanding perceived risk. Pp. 181-214 in: Schwing, R. and Albers, Jr.(Eds.) Societal Risk Assessment: How Safe is Safe Enough? N.Y., Plenum Press, 1980.
319. Slovic, P., Lichtenstein, S. and Fischhoff, B. Modeling the societal impact of fatal accidents, Management Science 1994, 30(4), 464–74.
320. Starr, C. Social benefit versus technological risk, Science 1969, 165, 1232–1283.
321. Stephenson J., System Safety 2000 – A Practical Guide for Planning, Managing and Conducting System Safety Programs, (ISBN 0-0442-23840-1), Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.
322. Technical Advisory Committee on Water Retaining Structures. Some Considerations on Acceptable Risk in the Netherlands, Delft: Dienst Weg-en Waterbouwkunde, 1984.
323. TNO «Green Book» – models for hazardous effects on people, Нидерландская организация прикладных научных исследований. «Зеленая книга»: модели опасных воздействий на людей, 1983.
324. TNO: "The Purple Book" CPR 18E "Guidelines for quantitative risk assessment", 1st edition, 1999. Нидерландская организация прикладных научных исследований. «Пурпурная книга. Методические рекомендации по проведению количественной оценки риска». Издание первое, 1999.
325. TNO: "The Yellow Book – Methods for the calculation of the physical effects of the escape of dangerous material: liquids and gases", 2nd edition, Netherlands Directorate of Labour, Ministry of Social Affairs. 1988. Нидерландская организация прикладных научных исследований. «Желтая книга. Методы расчета физических воздействий в случае утечки опасных материалов: жидкостей и газов». Издание второе, Нидерландский директорат труда, Министерство социальных вопросов. 1988.
326. To Choose or to Loose. National Environmental Policy Plan. The Netherlands // The Netherlands SDU Publishers, 1988.
327. Tweede Kamer. National Environmental Policy Plan, The Hague: SDU Publishers (ISSN 0921-7371), 1988-1989.
328. Understanding Risk Analysis. A Short Guide for Health, Safety, and Environmental Policy Making. American Chemical Society, 1998.



329. Urbanek, G.L and E.J. Barber. "Development of Criteria to Designate Routes for Transporting Hazardous Materials", prepared by Peat, Marwick, Mitchell and Co. for the Federal Highway Administration, NTIS PB81-164725, September 1980.
330. Viscusi W. Fatal Tradeoffs: Public and Private Responsibilities for Risk. New York, 1994.
331. Viscusi W.K. Labor Market Valuations of Life and Limb: Empirical Estimates and Policy Implications // *Public Policy*, 26(3), 1978. P. 359–386.
332. Viscusi W.K., Magat W.A., Huber J. Pricing Environmental Health Risks: Survey Assessments of Risk-Risk and Risk-Dollar Tradeoffs // *Journal of Environmental Economics and Management*, 201, 1991. P. 32–57.
333. Vrijling, J. K., Hengel, W. van and Houben, R. J. A framework for risk evaluation, *Journal of Hazardous Materials* 1995 43, 245–61.
334. Vrijling, J. K. and Van Gelder, P. H. A. J. M. Societal risk and the concept of risk aversion, *Proceedings of ESREL '97, European Safety and Reliability Conference*, Lisbon, 17–20 June, 1997. P. 45–52.
335. Vrijling J.K., van Gelder H.J.a.M., Goossens L.H.J., Voortman H.G. and Pandey M.D. A framework for risk criteria for critical infrastructures: Fundamentals and case studies in the *Netherlands*. In: W.Thissen and P. Herder (eds.), *Critical Infrastructures*, 5th International Conference on Technology, Policy and Management, paper A6-1, 26–29 June 2001.
336. Wagoner R.I., *Hazards Analysis of Petroleum Systems (HAPS): An Adaptation of the Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) Technique*, AREYE Corporation, Firendswood, TX, 1988.
337. Weber G.G., *Methods of Fault Tree Analysis And Their Limits*, Brunei University, U.K., 1984.
338. Wolski A., Dembsey N.A., Meacham B.J. Accommodating perceptions of risk in performance-based building fire safety code development. // *Fire Safety Journal*, 2000, v. 34, №3, p.297-309.
339. World Bank. *World development report 1993. Investing in health*. Oxford University Press, New York, 1993, p. 329.
340. *World health statistics 2017: monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals*.
341. Yelokhin A. The criteria of acceptable risk in Russia. *SRA-Europe 10th Anniversary*, Stockholm, 1997.
342. Yelokhin A. The criteria of the acceptable risk in Russia. *VALDOR International Conference*, Stockholm, 1999.

Научное издание

**Быков** Андрей Александрович  
**Зайковский** Виктор Эдуардович

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ОСНОВЫ  
УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ  
И БЕЗОПАСНОСТЬЮ НАСЕЛЕНИЯ  
И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Монография

Подписано в печать 5.05.2022. Формат 60×84/16 .  
Усл. печ. л. 36,04. Тираж 100 экз. Заказ № 118.

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники»

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40.  
Тел. (3822) 533018.