

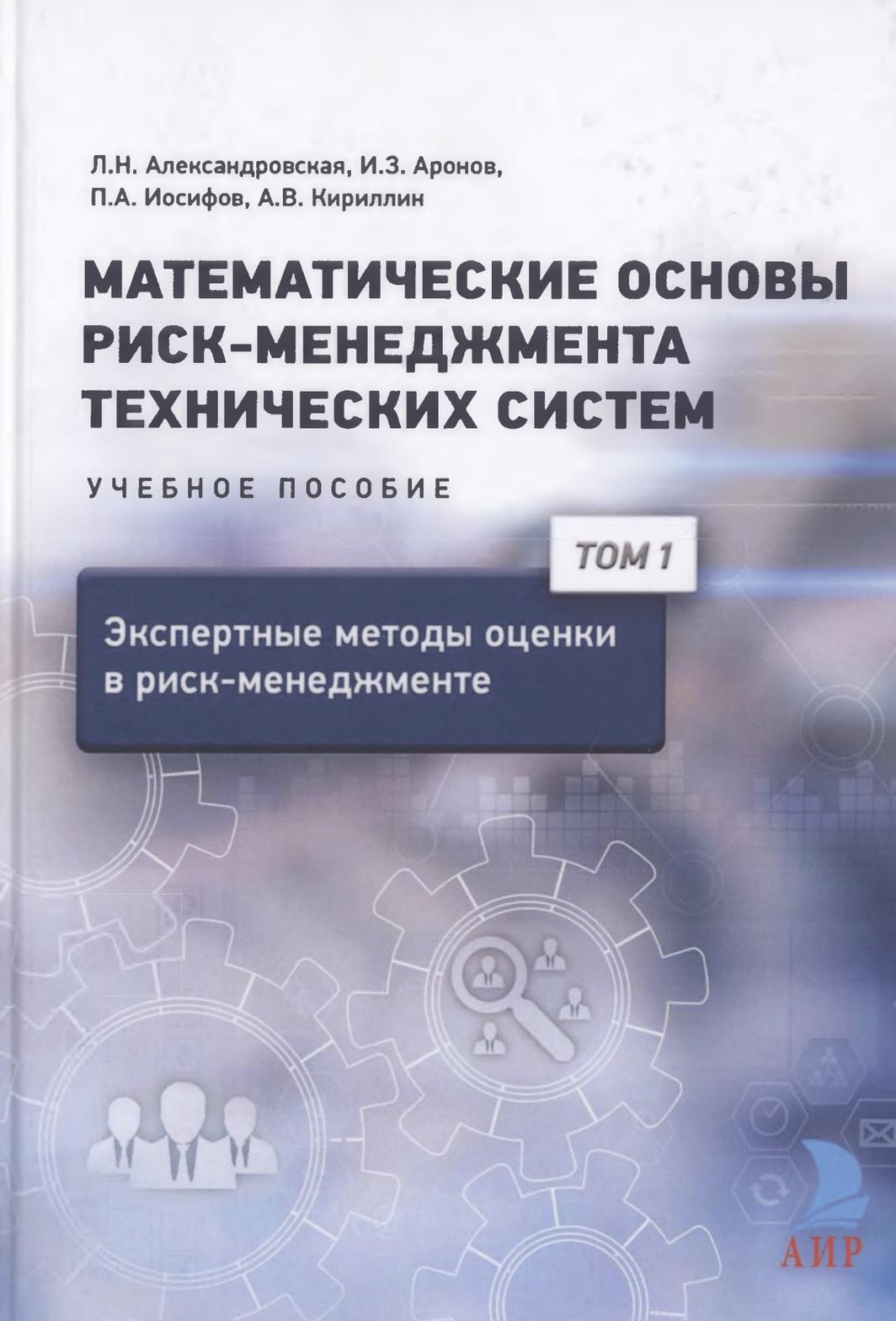
Л.Н. Александровская, И.З. Аронов,
П.А. Иосифов, А.В. Кириллин

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ТОМ 1

Экспертные методы оценки
в риск-менеджменте



АИР

**Л. Н. Александровская,
И. З. Аронов, П. А. Иосифов, А. В. Кириллин**

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Том 1.
Экспертные методы оценки в риск-менеджменте**

Рекомендовано Редакционно-издательским советом
Московского авиационного института
(национального исследовательского университета)
в качестве учебного пособия



Москва 2017

УДК 519.22

ББК 30.14

A467

Рецензенты

Кафедра «Инновационные технологии наукоемких отраслей»

Национального исследовательского университета МЭИ

Кафедра «Сертификация и аналитический контроль» НИТУ МИСиС

Гродзенский С. Я., доктор технических наук, профессор

A467 **Александровская Л. Н., Аронов И. З., Иосифов П. А., Кириллин А. В.**

Математические основы риск-менеджмента технических систем. Т.1. Экспертные методы оценки в риск-менеджменте. Учеб. пособие. М.: ООО «АИР», 2016. 238 с.: ил.

ISBN 978-5-990-8575-5-1

Учебное пособие посвящено комплексному рассмотрению математических основ оценки и анализа риска сложных технических систем. Состоит из 3 томов.

В первом томе приводятся необходимые сведения, связанные с понятием риска, его вероятностной природы, определяющей излагаемые ниже математические основы теории риска. Изложение методов анализа и оценивания рисков начинается с описания возможности и целесообразности применения экспертных оценок.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания вузам в сфере научной деятельности (тема № 1636/14).

УДК 519.22

ББК 30.14

ISBN 978-5-990-8575-5-1

© ООО «АИР», 2016

© Александровская Л. Н., Аронов И. З.,

Иосифов П. А., Кириллин А. В., 2016

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	6
ЧАСТЬ I. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ В ОБЛАСТИ РИСКОВ И РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА	9
1. Определение и сущность риска	9
1.1. Понятие риска	9
1.2. Риск и неопределенность	10
1.3. Объективное и субъективное понимание риска	12
1.4. Содержание риска	15
1.5. Структурные характеристики риска	16
1.6. Основные черты риска	17
2. Классификация рисков	23
2.1. Критерии классификации по времени возникновения	24
2.2. Критерии классификации по характеристике опасности	24
2.3. Критерии классификации по характеристике подверженности риску	28
2.4. Критерии классификации по характеристике уязвимости	32
2.5. Критерии классификации по характеристике взаимодействия с другими рисками	34
2.6. Критерии классификации по характеристике имеющейся информации о риске	37
2.7. Классификация по величине риска	38
2.8. Критерии классификации по характеристике расходов (издержек), связанных с риском	41
3. Риски при выборе в условиях неопределенности	44
3.1. Элементы теории игр	44
3.2. Статические решения задачи выбора	48
4. Риски в управлении проектами	59
4.1. Основные понятия управления проектами	59
4.2. Принципы менеджмента риска в управлении проектами	68
4.3. Риски при реализации проектов создания ракетно-космической техники (РКТ)	74

5. Использование теории риска для обоснования форм подтверждения соответствия	78
6. Надежность, эффективность и безопасность сложных технических систем	91
7. Риски в теории безопасности	99
7.1. Краткий обзор формирования методов анализа безопасности ...	99
7.2. Концепции абсолютной безопасности и допустимого риска.....	102
8. Система менеджмента риска как составная часть менеджмента организации	113
8.1. Перспективы перехода к менеджменту риска	113
8.2. Свойства системы менеджмента риска	116
8.3. Основные принципы построения системы менеджмента риска	119
8.4. Менеджмент риска и организационная структура менеджмента ...	119
8.5. Цели и задачи системы управления риском	121
8.6. Организация СМР в организации.....	123
8.7. Алгоритм менеджмента риска организации.....	126
8.8. Менеджмент риска как составляющая системы менеджмента качества в стандартах серии AS 9100.....	128
9. Анализ и оценка рисков	133
9.1. Концепция анализа рисков	133
9.2. Управление рисками и распределение рисков по категориям.....	136
9.3. Процесс анализа риска	139
9.4. Методы анализа риска.....	145
Список литературы к части I.....	149
ЧАСТЬ II. ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ В РИСК-МЕНЕДЖМЕНТЕ.....	150
10. Предпосылки использования экспертных методов	150
11. Методы организации экспертизы.....	155
11.1. Метод «Дельфи»	155
11.2. Мозговой штурм.....	156
11.3. Синектика.....	156
11.4. Деловые игры.....	157
11.5. Повторный выбор.....	157

12. Методы обработки экспертной информации	162
12.1. Формализация информации и шкалы	162
12.2. Ранжирование и оценка.....	170
12.3. Метод последовательных предпочтений	179
12.4. Метод парных сравнений	187
13. Базы знаний, экспертные системы	200
14. Пример простейшей методики оценки и анализа риска	203
14.1. Назначение	203
14.2. Область действия.....	203
14.3. Порядок проведения оценки	203
14.4. Порядок проведения анализа	207
15. Управление рисками в системе поставок	210
16. Экспертное исследование опасности	232
Список литературы к части II	237

ВВЕДЕНИЕ

С рисками человечество сталкивалось на протяжении всей своей истории: ход социального и технического прогресса можно рассматривать как борьбу человечества с рисками (голодом, природными катастрофами, болезнями и т. д.). Тем не менее управление рисками как специфический вид деятельности появилось лишь в конце XIX в. Именно тогда с возникновением и развитием новых средств передвижения, с началом строительства 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.

В послевоенное время в результате научно-технической революции появились новая дорогостоящая техника, прогрессивные технологии. Таким образом, человек сам создал источники крупных рисков: широкое развитие транспорта, строительство и освоение крупнейших промышленных производств и т. п. Все это привело к тому, что резко возросли как технические, так и экономические риски. Поэтому в 50-х годах XX в. управление рисками стало актуальным, обусловив появление новой профессии – менеджера по управлению рисками. Однако выделение самого процесса управления риском и появление профессиональных менеджеров по управлению рисками утвердились лишь в начале 70-х годов.

В этот период методология риск-менеджмента в основном ассоциировалась с управлением частными рисками, прежде

всего финансовыми, реже производственными, а также, под специальным названием актуарного анализа, страховыми. Однако к концу XX в. стала превалировать точка зрения об универсальном характере соответствующей методологии, что обусловило ее быстрое развитие и распространение ее на новые сферы, например на теорию безопасности.

В настоящее время общепризнанно, что безопасность сложной продукции является одним из важнейших факторов неценовой конкурентоспособности, определяющим инвестиционную привлекательность наукоемких технологий.

Изучение причин большого числа техногенных катастроф показало, что помимо методологии обеспечения безотказности техники, разрабатываемой в теории надежности, необходимо также создание методологии снижения ущерба от потенциальных аварий, составляющей предмет теории безопасности.

Теория безопасности как самостоятельная дисциплина начала формироваться относительно недавно.

В настоящее время безопасность сложной техники является доминирующим фактором. Требования к безопасности изделия в целом трансформируются в требования к надежности составляющих его компонентов. Таким образом, методы теории надежности становятся поддерживающими технологиями и должны рассматриваться в тесной взаимосвязи с методами теории безопасности.

С 1 июля 2003 г. вступил в силу Федеральный закон «О техническом регулировании». В соответствии с этим законом обязательные требования безопасности должны устанавливаться в технических регламентах – документах, принимаемых в качестве федерального закона, постановления Правительства Российской Федерации, а в отдельных случаях, и указа Президента страны. Такой подход к заданию требований безопасности, несомненно, стимулирует развитие работ по анализу

и оценке риска, т. к. согласно этому закону выбор форм и схем подтверждения соответствия продукции требованиям технического регламента должен осуществляться с учетом риска причинения вреда.

Особое место в менеджменте риска занимает анализ влияния человеческого фактора. При этом чрезвычайно возрастает роль человеческого фактора как при обеспечении безотказности и безопасности сложных человеко-машинных компонентов, так и в реализации стратегий развития организаций («кадры решают всё»). Анализ влияния рисков, связанных с персоналом, включает в себя как общие для риск-менеджмента методы, так психологические поведенческие аспекты. Снижение негативного влияния человеческого фактора требует от менеджеров организаций повышенного внимания к созданию комфортных условий работы, а также к вопросам повышения квалификации персонала.

Вследствие вероятностной природы риска, математическую основу менеджмента риска составляют методы теории вероятности и математической статистики, а для оценки возможного ущерба широко используются экспертные оценки специалистов.

Следует отметить, что по сей день вероятностно-статистические методы являются уделом специалистов, поэтому настоящая книга должна помочь в овладении вероятностной культурой мышления как студентам и аспирантам вузов, так и широкому кругу специалистов, занятых разработкой, производством и эксплуатацией современной сложной техники.

Исходя из всего вышесказанного, целью работы является системное изложение современной концепции так называемого «приемлемого риска» на основе вероятностных подходов, включающей в себя как методы обеспечения безопасности техники, так и методы управления риском.

ЧАСТЬ I.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ В ОБЛАСТИ РИСКОВ И РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА

1. Определение и сущность риска [1.1]

1.1. Понятие риска

Происхождение термина «риск» восходит к греческим словам *ridsikon*, *ridsa* – утес, скала.

В итальянском языке *risiko* – опасность, угроза; *risicare* – лавировать между скал. Во французском *risdoe* – угроза, рисковать, буквально – объезжать утес, скалу.

В словаре Вебстера слово «риск» определяется как опасность, возможность убытка или ущерба.

В словаре Ожегова «риск» определяется как возможность опасности или как действие наудачу в надежде на счастливый исход.

Слово «риск» применительно к бизнесу может обозначать совершенно разные вещи. В частности, под риском может пониматься следующее:

- потенциальная возможность (опасность) наступления вероятного события или совокупности событий, вызывающих определенный материальный ущерб;
- возможность недополучения прибыли или дохода;
- характеристика проявления ущерба – частота возникновения или/и тяжесть (размер) ущерба;

– застрахованный объект, который может подвергнуться ущербу.

В литературе широко распространено суждение о риске как о возможности опасности или неудаче.

Существует следующее определение: риск – это вероятность возникновения убытков или недополучения доходов по сравнению с прогнозируемым вариантом.

Еще одно мнение: под «риском» принято понимать вероятность (угрозу) потери предприятием части своих ресурсов, недополучения доходов или появления дополнительных расходов в результате осуществления определенной производственной и финансовой деятельности.

Во всех указанных определениях выделяется такая характерная особенность (черта) риска как опасность, возможность неудачи.

1.2. Риск и неопределенность

Понятия «риск» и «неопределенность» очень близки и даже часто используются как синонимы. Действительно, оба термина применяются для обозначения отсутствия или недостатка определенности, т. е. ясности и/или уверенности в исходе того или иного события.

Наиболее часто используются следующие два варианта разделения изучаемых понятий: информационный и оценочный подходы.

Информационный подход. В его основе лежит представление о том, что различия между риском и неопределенностью сводятся к объему доступной информации об исследуемой ситуации. В контексте экономической науки такое представление впервые сформулировал Ф. Найт в начале XX в. Согласно его классификации термин «риск» следует использовать, когда известно распределение случайной величины, с помощью которой

моделируют рисковую ситуацию. По-другому это можно назвать «измеримой неопределенностью» или даже «вероятностной (стохастической) определенностью». Слово «неопределенность» Ф. Найт предлагал применять в тех случаях, когда исход не был определен, но и распределение вероятностей оставалось неизвестным («неизмеримая неопределенность»). Иными словами, в основе данной классификации в первую очередь лежит наличие или отсутствие информации о вероятностном распределении, хотя сам Ф. Найт дополнял этот критерий анализом групп риска, формирование которых могло повлиять на меру случайности реализации соответствующих исходов. Такая информационная интерпретация классификации Ф. Найта позволила впоследствии дополнить ее промежуточными ступенями (например для случая, когда известен класс распределений, но не известны точные значения параметров).

Оценочный подход. Он базируется на представлении о том, что различия между риском и неопределенностью заключаются в субъективном отношении к реализации того или иного исхода. В рамках данного подхода предполагается, что неопределенность связана с многовариантностью будущего развития, т. е. с неоднозначностью исхода, а риск – с отношением к неблагоприятным исходам (например к возникновению ущерба). Такая классификация подразумевает субъективность риска, т. к. различные лица могут по-разному относиться к возможности возникновения неблагоприятных исходов, т. е. к оценке этого риска. При этом понятие неопределенности, не включающее никаких субъективных предпочтений, является относительно нейтральным. Оно может быть объективным или субъективным в зависимости от того, связана ли неоднозначность будущих исходов с природой соответствующего объекта или с недостатком знаний лица, принимающего решения.

Иногда оценочный подход интерпретируется иначе. Риск, измеряемый величиной потенциального ущерба, рассматривается как объективная характеристика, а неопределенность связывается с неуверенностью лица, принимающего решения, относительно возникновения этого ущерба. Однако легко заметить, что в этом случае важно зафиксировать, относительно какого лица оценивается риск. Если оно может меняться, то данная интерпретация в общем является частным случаем основной.

1.3. Объективное и субъективное понимание риска

Важным методологическим аспектом является исследование объективных и субъективных корней риска. Действительно, ситуация, когда риск является неотъемлемой частью природной и социальной среды, в которой мы живем, принципиально отличается от ситуации, когда риск есть порождение лишь нашей фантазии или отношения к жизни. Риск землетрясения далеко не то же самое, что риск застрелиться, играя в русскую рулетку, или риск быть съеденным космическими пришельцами.

Объективное понимание риска должно подразумевать наличие неопределенной возможности неблагоприятного исхода, не зависящей от воли и сознания лица, подверженного риску. Иными словами, неопределенность является объективной характеристикой соответствующей ситуации. Такой подход к риску выводит его источники в окружающую человека среду. Реакция людей на такие ситуации и их субъективное отношение к неопределенности являются следствием проявления риска, а не его компонентом. Подобная точка зрения вовсе не означает, что лицо, подверженное риску, не может влиять на его проявление. Однако это влияние возможно лишь за счет воздействия на окружающую среду как источник риска и не связано с изменением точки зрения на риск.

Таким образом, согласно данному подходу исследование рискованной ситуации представляет собой выявление и изучение источников риска и неопределенности, а также получение как можно более подробной информации о поведении изучаемой системы.

Субъективное понимание риска должно предполагать наличие нашего отношения или нашей оценки имеющейся неопределенности. Иными словами, источник неопределенности лежит не в самой ситуации, а в субъективном отношении к ней. В частности, субъективные вероятности реализации неопределенной возможности неблагоприятного исхода не имеют прямого отношения к действительным шансам его реализации, а выражают то, что лицо, принимающее решения, думает о такой возможности. Таким образом, в данном контексте риск представляет собой оценку ситуации с точки зрения восприятия потенциальной осуществимости отрицательных последствий. Отсюда следует, что риск, понимаемый субъективно, связан с поведением и мышлением лица, принимающего решения, т. е. является характеристикой этого лица, а не окружающей среды.

Следовательно, исследование рискованной ситуации необходимо лишь постольку, поскольку оно позволяет лицу, принимающему решения, улучшить свою оценку риска.

Традиция субъективного понимания риска уходит корнями в науку XVII–XVIII веков с ее механицизмом и верой в существование простых законов природы. Наиболее четко понятие субъективного понимания было сформулировано французским математиком, астрономом и физиком П. Лапласом, жившим в конце XVIII – начале XIX века. Считая Вселенную полностью детерминированной, он тем не менее утверждал, что препятствием к ее полному и достоверному познанию, а следовательно, к совершенно точному прогнозу будущего состояния является нереальность сбора и обработки всей необходимой

для этого информации. Различия между такой идеальной возможностью, приписываемой условному «уму с неограниченными способностями» (называемому в литературе «демоном Лапласа»), и реальной ситуацией с познаниями окружающего мира, согласно П. Лапласу, и позволяют использовать вероятностные рассуждения. Так что источник неопределенности лежит в ограниченности знаний, а вероятность, по существу, есть мера незнания. Данная точка зрения, в частности, лежит в основе классической (ньютоновской) физики.

Такой подход уже давно считается в науке устаревшим, не соответствующим реальной картине мира. Это нашло свое отражение даже в области физики. В частности, квантовая физика базируется на принципе неопределенности, выдвинутом в 1926 г. немецким физиком В. Гейзенбергом. Согласно этому принципу невозможно одновременно измерить энергию элементарной частицы и точно измерить её положение. Таким образом, наши знания об окружающем мире не могут быть абсолютно точными. Тем не менее, принцип В. Гейзенберга часто интерпретируется как объективное свойство окружающего мира, т. е. как отражение имманентной неопределенности природы. Подобная точка зрения сейчас достаточно широко распространена в разных областях знаний.

В социальных науках, в том числе в экономической теории, субъективное понимание неопределенности также поддерживается двумя следующими дополнительными обстоятельствами:

– сложностью объекта исследования. В отличие от естественных наук иллюзию простоты объекта исследования, особенно описывающих ее законов, достаточно легко опровергнуть сложностью реальных феноменов, хотя попытки построить чистую социальную теорию, основанную на «железных» законах, предпринимались неоднократно. Конечно же, в экономике имеют место закономерности, но они проявляются в виде тенденций и не носят абсолютного

характера, что открывает возможность для описания экономических процессов в терминах риска и неопределенности.

– необходимостью учета субъективных факторов. Социальные науки изучают поведение людей. Если мы верим в свободу воли, то должны учитывать возможность индивидуальных особенностей разных людей. Это препятствует построению «полной» детерминированной теории, объясняющей все, так что вновь нельзя избежать необходимости введения понятий риска и неопределенности.

Вместе с тем следует признать, что, по крайней мере, часть источников неопределенности в экономике не связана ни с какими субъективными факторами, а объективно вызвана природой исследуемых процессов. Следовательно, в ряде случаев объективное понимание рисков в экономической теории и хозяйственной практике будет более адекватным.

1.4. Содержание риска

В явлении «риск» выделяют следующие основные элементы, взаимосвязь которых и составляет его сущность:

- возможность отклонения от предполагаемой цели, ради которой осуществлялась выбранная альтернатива;
- вероятность достижения желаемого результата;
- отсутствие уверенности в достижении поставленной цели;
- возможность материальных, нравственных и других потерь, связанных с осуществлением выбранной в условиях неопределенности альтернативы.

Важным элементом риска является наличие вероятности отклонения от выбранной цели. При этом возможны отклонения как отрицательного, так и положительного свойства.

Указанные элементы, их взаимосвязь и взаимодействие отражают содержание риска.

1.5. Структурные характеристики риска

Структурно риск можно описать с помощью следующих характеристик: опасность, подверженность риску, уязвимость (чувствительность к риску) и степень взаимодействия рисков.

Опасность – потенциальная угроза возникновения ущерба или другой формы реализации риска, обусловленная спецификой объекта, особенностями рискованной ситуации и природой указанного ущерба. Данная характеристика отражает взаимодействие двух основных элементов:

- носителя риска, т. е. объекта или субъекта, по отношению к которому этот риск оценивается. Действительно, если наступление какого-либо события является безразличным для некоторого субъекта или никак не влияет на исследуемый объект, его нельзя рассматривать как риск для этого субъекта или объекта.

- окружающей среды, в которой обитает носитель риска и которая может провоцировать реализацию риска. При этом подобное влияние может быть как положительным (уменьшение шансов осуществления неблагоприятной ситуации), так и отрицательным (увеличение подобных шансов). Более того, рассматриваемая ситуация может способствовать возникновению не одного, а нескольких рисков, взаимодействие которых оказывает на объект (субъект) уже совместное, комплексное влияние.

Опасность является ключевой характеристикой риска, без нее риск попросту невозможен. Она определяет подверженность риску.

Подверженность риску представляет собой характеристику ситуации, чреватой возникновением ущерба или другой формы реализации риска. В техническом смысле подверженность риску – это количество единиц наблюдения. В зависимости от особенностей риска под этим могут пониматься различные вещи: при анализе смертности это может быть число лиц в исследуемой группе; при

обсуждении рисков, присущих автомобильному парку, – величина машино-часов использования соответствующих автомобилей; при анализе риска природных катастроф – площадь опасной территории.

Уязвимость выражает степень, или интенсивность, с которой может возникнуть ущерб различного размера в отношении рассматриваемого объекта, т. е. реализоваться соответствующая опасность. По существу, уязвимость подразумевает если не попытку количественного измерения риска, то выявление влияния различных факторов на величину риска. Изменение подобных факторов приводит к трансформации риска, так что изучение факторов риска является одной из важных задач исследования. На практике уязвимость часто пропорциональна времени наблюдения объекта, подверженного риску.

Взаимодействие с другими рисками оказывает на отдельный риск существенное влияние. Эта характеристика предполагает рассмотрение группы рисков (портфеля рисков). При этом взаимосвязь рисков понимается в самом широком смысле слова, а не только в значении наличия или отсутствия статистической зависимости. Анализ взаимодействия рисков, в свою очередь, может повлиять на понимание опасностей, которым подвержены исследуемые объекты.

1.6. Основные черты риска

Можно выделить следующие основные черты риска:

- противоречивость;
- альтернативность;
- неопределенность.

Такая черта как противоречивость в риске приводит к столкновению объективно существующих рискованных действий с их субъективной оценкой, т. к. наряду с инициативами,

новаторскими идеями, внедрением новых перспективных видов деятельности, ускоряющими технический прогресс и влияющими на общественное мнение и духовную атмосферу общества, идут консерватизм, догматизм, субъективизм и т. д.

Альтернативность в риске предполагает необходимость выбора из двух или нескольких возможных вариантов решений, направлений, действий. Если возможность выбора отсутствует, то не возникает рискованной ситуации, а следовательно, и риска.

Неопределенностью называется неполнота или неточность информации об условиях реализации проекта (решения). Существование риска непосредственно связано с наличием неопределенности, которая неоднородна по форме проявления и по содержанию.

Существуют следующие основные причины неопределенности являются:

- спонтанность природных процессов и явлений, стихийные бедствия (землетрясения, ураганы, наводнения, засуха, мороз, гололед).

- случайность: в сходных условиях одно и то же событие происходит неодинаково в результате многих социально-экономических и технологических процессов.

- наличие противоборствующих тенденций, столкновение интересов (военные действия, межнациональные конфликты).

- вероятностный характер научно-технического прогресса: практически невозможно определить конкретные последствия тех или иных научных открытий, технических изобретений.

- неполнота, недостаточность информации об объекте, процессе, явлении: эта причина приводит к ограничениям возможностей человека в процессе сбора и переработки информации, с учётом того, что эта информация имеет тенденцию к изменению.

– ограниченность, материальных, финансовых, трудовых и других ресурсов при принятии и реализации решений; невозможность однозначного познания объекта при сложившемся уровне и методах научного познания; ограниченность сознательной деятельности человека, существующие различия в социально-психологических установках, оценках, поведении.

Условия неопределенности, имеющие место при любых видах предпринимательской деятельности обусловлены тем, что экономические системы в процессе своего функционирования испытывают зависимость от целого ряда причин, которые и можно систематизировать в виде схемы неопределенностей.

По времени возникновения неопределенности разделяются на ретроспективные, текущие и перспективные. Необходимость учёта фактора времени при оценке экономической эффективности принимаемых решений обусловлена тем, что как эффект, так и затраты могут быть распределены во времени. Равные по величине затраты, по-разному распределённые во времени, обеспечивают неодинаковый полезный результат того или иного вида (экономический, социальный, политический и т. д.).

По факторам возникновения неопределенности подразделяются на экономические и политические. Эти виды неопределенности тесно связаны между собой, и часто на практике их достаточно трудно разделить.

Экономические неопределённости обусловлены как неблагоприятными так и положительными изменениями в среде экономических объектов или экономике страны, к ним относятся: неопределенность рыночного спроса, слабая предсказуемость рыночных цен, неопределённость рыночного предложения, недостаточность или наоборот избыток информации о действующих конкурентах и т. д.

Политические неопределённости обусловлены изменением политической обстановки, влияющей на предпринимательскую деятельность.

Природная неопределённость описывается совокупностью факторов, среди которых можно назвать следующие: климатические, погодные условия, различного рода помехи (атмосферные, электромагнитные и другие).

Следующим видом является неопределённость внешней среды. При экономическом анализе предпринимательской деятельности вводятся понятия внешней и внутренней среды. Внутренняя среда включает факторы, обусловленные деятельностью самого предпринимателя и его контактами. Внешняя среда представлена факторами, которые не связаны непосредственно с деятельностью предпринимателя и имеют более широкий социальный, демографический, политический, экономический и иной характер.

Особый вид неопределённости имеет место при наличии конфликтных ситуаций, в качестве которых можно назвать следующие: стратегия и тактика лиц, участвующих в том или ином конкурсе, тендере, аукционе; действия конкурентов, ценовая политика монополистов, олигополистов и т. п. Особенную группу составляют задачи, в которых рассматриваются проблемы несовпадающих интересов и многокритериального выбора оптимальных решений в условиях неопределённости.

Наличие неопределённостей значительно усложняет процесс выбора оптимальных решений и может привести к непредсказуемым результатам. На практике при проведении экономического анализа во многих случаях пытаются не замечать имеющуюся неопределённость и действуют (принимают решение) на основе детерминированных моделей. Иначе говоря, предполагается, что факторы, влияющие на принимаемые решения, известны точно.

На самом деле, действительность часто не соответствует таким представлениям. В связи с этим политика выбора эффективных решений без учёта неконтролируемых факторов во многих случаях приводит к значительным потерям экономического, социального и иного содержания

Рассматривая неопределенность, которая является причиной возникновения риска в экономической деятельности, необходимо отметить, что выделение и изучение её применительно к процессу экономической, коммерческой, управленческой, финансовой и других видов деятельности является крайне необходимым, поскольку при этом отображается практическая ситуация, когда нет возможности осуществлять перечисленные виды деятельности в условиях, которые не могут быть однозначно определены.

Таким образом, *неопределенность* предполагает наличие факторов, при которых результаты действий не являются детерминированными, а степень возможного влияния этих факторов на результаты неизвестна; это неполнота или неточность информации об условиях реализации.

Различают следующие три типа ситуации:

– ситуация определенности, когда выбор конкретного плана действий из множества всегда возможных приводит к известному, точно определенному исходу.

– ситуация риска, при которой выбор конкретного плана действий, вообще говоря, может привести к любому исходу из их фиксированного множества. Однако для каждой альтернативы известны вероятности осуществления возможного исхода, т. е. каждая альтернатива характеризуется конечным вероятностным множеством.

– ситуация неопределенности характеризуется тем, что выбор конкретного способа действий может привести к любому

исходу из фиксированного множества исходов, но вероятности их осуществления неизвестны. Здесь можно выделить два следующих случая: либо вероятности неизвестны в силу отсутствия необходимой статистической информации, либо об объективных вероятностях вообще говорить не имеет смысла.

Ситуация риска – это разновидность ситуации неопределенности, когда наступление событий вероятно и может быть определено. Иными словами, риск – это оцененная любым способом вероятность, а неопределенность – это то, что не поддается оценке.

Таким образом *ситуация риска* характеризуется следующими признаками:

- наличие неопределенности;
- необходимость выбора альтернатив действий (при этом нужно иметь в виду, что отказ от выбора также является разновидностью выбора);
- возможность оценить вероятность осуществления выбранной альтернативы, т. к. в ситуации неопределенности вероятность наступления событий в принципе не устанавливается.

Говоря о неопределенности, отметим, что она может проявляться по-разному, а именно:

- в виде вероятностных распределений (распределение случайной величины точно известно, но неизвестно какое конкретно значение примет случайная величина);
- в виде субъективных вероятностей (распределение случайной величины неизвестно, но известны вероятности отдельных событий, определённые экспертным путём);
- в виде интервальной неопределённости (распределение случайной величины неизвестно, но известно, что она может принимать любое значение в определённом интервале).

2. Классификация рисков [1.1]

Риск – понятие неоднозначное, поэтому для выделения конкретных рисков необходимо проводить их классификацию по различным критериям.

Выбор критериев зависит от целей и особенностей процедуры управления риском.

Лучше всего риск описывается его структурными характеристиками, а также некоторыми другими дополнительными параметрами.

Критерии классификаций рисков, выделенные по содержанию структурных характеристик риска:

- время возникновения;
- опасность;
- подверженность риску;
- уязвимость (чувствительность к риску);
- взаимодействие с другими рисками.

По содержанию других его параметров, можно выделить следующие:

- имеющаяся информация о риске;
- величина риска;
- расходы (издержки), связанные с риском.

2.1. Критерии классификации по времени возникновения

По времени возникновения риски распределяются на следующие:

- ретроспективные;
- текущие;

- перспективные.

Анализ ретроспективных рисков, их характера и способов снижения дает возможность более точно прогнозировать текущие и перспективные риски.

2.2. Критерии классификации по характеристике опасности

Характеристика степени опасности, связанной с риском, т. е. тип объекта, природа ущерба и специфика негативных последствий, определяет существенные особенности исследуемого риска. Указанные факторы обуславливают то, с чем, собственно, имеет дело менеджер при анализе процедур управления риском. Прежде чем принимать какие-либо решения, нужно ответить на следующие вопросы:

- что или кто подвергается риску – классификация по типу объекта;
- каков характер ущерба, нанесенного объекту – классификация по причине или природе ущерба;
- насколько типичен этот вид ущерба для данного объекта – классификация по типичности отрицательных последствий.

Классификация по типу объекта. Своеобразие объекта, подверженного риску, является важнейшей характеристикой данного риска. По этому критерию можно выделить риски, связанные со следующими факторами:

- с собственностью (имуществом): подобные риски встречаются достаточно часто и легко выражаются в денежной форме. Оценка риска осуществляется на основе реальной стоимости собственности. 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.

– с доходами: это достаточно специфические риски, так как они возникают только в контексте создания доходов (бизнес) или их распределения (например, вопросы наследства). Данные риски оцениваются на основе сравнения взаимоисключающих альтернатив возможного получения доходов в будущем, что несколько затрудняет их анализ.

– с персоналом: данные риски часто имеют внеэкономическую природу, так что их сложно оценить в денежной форме. Нередко такая оценка ограничивается лишь величиной отрицательных финансовых последствий. Очевидно, указанные риски будут различаться для ключевых сотрудников и прочих сотрудников, так как в первом случае они будут значительно выше.

– с ответственностью: соответствующие риски определяются ответственностью, возникающей в связи с непредвиденным событием в отношении лиц, которые на момент оценки риска еще не известны. Это существенно затрудняет оценку таких рисков. Примерами могут служить профессиональная ответственность или риски, связанные с окружающей средой.

Классификация по причине (природе) ущерба. Причина ущерба определяет характер и механизм возникновения ущерба, что очень важно для анализа любого риска. По этому критерию можно выделить следующие риски.

Природные риски, вызванные со стихийными бедствиями и природными катастрофами (наводнениями, землетрясениями, штормами, климатическими катаклизмами и др.).

Технические риски, вызванные последствиями функционирования технико-технологических систем и/или их нарушениями (пожары, изменение технологии, ухудшение качества и производительности производства, специфические риски технологии, ошибки в проектно-сметной документации). Измерение этих

рисков может базироваться как на экономических, так и на неэкономических показателях.

Риски, связанные с человеческим фактором:

- риски, связанные собственно с персоналом (смерть, нетрудоспособность, выход на пенсию, увольнение);
- риски, связанные с действиями персонала (аварии, ошибки персонала).

В данном случае сложность с оценкой риска связана с некоторой степенью их субъективности. Эта оценка риска в основном базируется на экономических последствиях их реализации.

Риски, связанные с экономической активностью, т. е. собственно с ведением бизнеса и результатами экономических процессов. Среди них можно выделить следующие:

- 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.).

Как правило, указанные риски естественным образом выражаются в денежной форме, так что проблема оценки в основном сводится к получению необходимой информации.

Экономические риски – это риски, обусловленные неблагоприятными изменениями в экономике предприятия или в экономике страны. Наиболее распространенным видом экономического риска, в котором сконцентрированы частные риски, является изменение конъюнктуры рынка, несбалансированная ликвидность (невозможность своевременно выполнять платежные обязательства), изменение уровня управления и др.

Политические риски: под ними понимаются риски, 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.).

Политические риски – это риски, обусловленные изменением политической обстановки, влияющей на предпринимательскую деятельность (заккрытие границ, запрет на вывоз товаров в другие страны, военные действия на территории страны и др.). Часть указанных рисков (изменение ставок налогов, стоимость лицензии) легко оценить экономически, однако риски, связанные с возникновением судебных процессов или форс-мажора, сложно выразить в денежной форме.

Социальные риски, под которыми подразумеваются риски возникновения таких отрицательных социальных явлений, как преступность, нарушение безопасности объектов, неблагоприятные социальные внешние эффекты и др. В ряде случаев эти риски трудно выразить в экономической форме.

Классификация по типичности отрицательных последствий. Очень важно учесть, насколько типичен рассматриваемый риск для данного объекта и/или ситуации. По этому критерию можно выделить:

- **фундаментальный риск**, т. е. регулярный риск, внутренне присущий (имманентный) 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.
- **спорадический риск**, т. е. нерегулярный риск, вызываемый исключительно редкими событиями и форс-мажорными обстоятельствами, риск, реализующийся с очень низкой вероятностью.

Примером является разрушение собственности в результате падения метеорита.

В риск-менеджменте в первую очередь следует учитывать фундаментальные риски, а спорадические – лишь в той мере, в какой они представляются важными согласно другим критериям классификации.

2.3. Критерии классификации по характеристике подверженности риску

Подверженность риску является важной характеристикой опасности, которой подвергается исследуемый объект или процесс. Для ее исследования менеджер отвечает на следующие вопросы:

- каковы особенности исходов, в которых проявляется риск?
- классификация по специфике исходов;
- риск вызван внешними или внутренними обстоятельствами? – классификация по месту появления рисков;
- как ущерб связан с исходным событием? – классификация по степени зависимости ущерба от исходного события;
- кто страдает от реализации риска? – классификация по характеру распределения бремени риска;
- на каком уровне возникает риск? – классификация по уровню возникновения риска;
- на каком уровне проявляются негативные последствия реализации риска? – классификация по уровню проявления негативных последствий.

Классификация по специфике исходов. В зависимости от состава исходов возможных реализаций риска различают следующие:

- чистый риск, при котором все исходы, кроме сохранения текущей ситуации, связаны с негативными последствиями. Примером такого риска может служить пожар или ограбление. Чистые риски (в литературе их иногда называют простыми или

статическими) характеризуются тем, что они практически всегда несут в себе потери для предпринимательской деятельности. Причинами чистых рисков могут быть стихийные бедствия, войны, несчастные случаи, преступные действия, недееспособность организации и др.;

– 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. Спекулятивные риски (в литературе их иногда называют динамическими или коммерческими) характеризуются тем, что они могут нести в себе как потери, так и дополнительную прибыль для предпринимателя по отношению к ожидаемому результату. Причинами спекулятивных рисков могут быть изменения конъюнктуры рынка, изменение курсов валют, изменение налогового законодательства и т. п.

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

Классификация по месту появления рисков. По данному критерию можно выделить следующие риски:

– внутренние, т. е. такие, которые связаны с организацией работы исследуемой фирмы или деятельностью изучаемого лица. Иными словами, это такие риски, на которые может повлиять менеджмент фирмы. Примерами может служить поломка оборудования, отсутствие на складе магазина необходимых товаров и т. п. К внутренним относятся риски, обусловленные деятельностью самого предприятия и его контактной аудитории. На их уровень влияет деловая активность руководства предприятия, выбор оптимальной маркетинговой стратегии, политики и тактики

и другие факторы: производственный потенциал, техническое оснащение, уровень специализации, уровень производительности труда, техники безопасности;

– внешние, т. е. определяемые внешними обстоятельствами. В качестве примеров можно назвать появление у конкурентов более эффективной технологии, ухудшение экологической обстановки и т. д. К внешним относятся риски, непосредственно не связанные с деятельностью предприятия или его контактной аудитории. На уровень внешних рисков влияет очень большое количество факторов: политические, экономические, демографические, социальные, географические и др.

Менеджер должен принимать во внимание риски обоих видов, однако если внутренними рисками он может управлять, то внешние – только учитывать.

Классификация по степени зависимости ущерба от исходного события. Согласно этому критерию можно выделить следующее:

- первичные риски, т. е. риски, непосредственно связанные с неблагоприятным исходным событием;
- вторичные риски, обусловленные последствиями неблагоприятного исходного события.

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

Классификация по характеру распределения бремени риска. В зависимости от того, на кого распространяются отрицательные последствия неблагоприятного события, на кого они влияют, кто может пострадать от реализации риска, можно выделить односторонние, двусторонние и многосторонние риски.

Классификация по уровню возникновения риска. Риски могут

возникать на разных уровнях экономики. В соответствии с данным критерием возможна следующая классификация:

- риски, возникающие на уровне народного хозяйства;
- риски, возникающие на уровне административно-хозяйственных и региональных образований;
- риски, возникающие на уровне отдельного хозяйствующего объекта (фирмы);
- риски, возникающие на уровне структурных подразделений;
- риски, возникающие на уровне отдельного рабочего места.

На некоторые из этих рисков менеджеры могут влиять, другие могут только учитывать при принятии решений.

Классификация по уровню проявления негативных последствий. Уровень ответственности за риск не обязательно совпадает с уровнем, на котором он возник. В частности, для экономических рисков, связанных с бизнесом, в соответствии с данной классификацией можно выделить следующие уровни ответственности:

- проектные риски и/или риски подразделения, т. е. связанные с конкретным проектом или конкретным подразделением компании;
- риски фирмы (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 всего народного хозяйства (инфляция, кризис перепроизводства или финансовых рынков и т. д.);
- глобальные риски, т. е. риски мировой экономики в целом.

Для каждого из указанных уровней будут иметь место свои особенности при риск-менеджменте.

2.4. Критерии классификации по характеристике уязвимости

При анализе уязвимости исследуется, насколько интенсивно проявляется опасность. Исследование этой проблемы неотделимо от специфики проявления риска и влияния факторов риска. Исследуя степень уязвимости, менеджер должен ответить на следующие вопросы:

– какие факторы и каким образом влияют на риск? – классификация по степени влияния природной и социальной среды на риск;

– в течение какого периода действует риск? – классификация по степени учета временного фактора;

– как изменяется риск во времени? – классификация по зависимости уязвимости от времени;

– как долго выявляется и ликвидируется ущерб? – классификация по продолжительности выявления и ликвидации отрицательных последствий.

Классификация по степени влияния природной и социальной среды на риск. Вопрос о влиянии природной и социальной среды на риск может иметь принципиальное значение. 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 – например долгосрочное влияние на курс акций «Газпрома». При этом воздействие природной и социальной среды на риск может усиливать или ослаблять его.

Как правило, для конкретных рисков не ограничиваются указанием на принципиальное наличие или отсутствие влияния

природной и социальной среды на риск. Следует сформулировать целый список конкретных факторов, которые влияют на него. Эти факторы будут различны для разных рисков. Анализ подобных факторов и классификация по их влиянию на риск является важным элементом процедуры риск-менеджмента.

Классификация по степени учета временного фактора. Риск может действовать ограниченное время (например, риск возможности возникновения осложнений после хирургической операции имеет место лишь в течение определенного срока после проведения соответствующей операции). По временному фактору можно выделить следующие:

- бессрочные риски, которые не имеют временных ограничений;
- срочные риски, среди которых, в свою очередь, можно выделить долгосрочные и краткосрочные риски.

Очевидно, менеджер по управлению риском будет проводить различную политику в отношении бессрочных, долгосрочных и краткосрочных рисков, поэтому данная классификация очень важна.

Классификация по зависимости уязвимости от времени. Если риск развивается во времени, то менеджер должен обязательно принимать во внимание и этот аспект. С этой точки зрения можно выделить следующие:

– статические риски, т. е. риски, не зависящие от времени. Примером могут служить риски землетрясений, которые, возможно, некоторым образом зависят от времени, но выявить эту зависимость пока 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 (постоянные во времени и изменяющиеся во времени).

Классификация по продолжительности выявления и ликвидации отрицательных последствий. При формировании правильной политики по управлению рисками одним из центральных является вопрос о том, сколько времени необходимо для выявления и ликвидации отрицательных последствий соответствующих рисков. Как правило, можно выделить риски с краткосрочным или долгосрочным выявлением отрицательных последствий. В ряде случаев, когда это вызвано спецификой риска, выделяют и риски со среднесрочным выявлением отрицательных последствий.

Большинство рисков относится к группе с краткосрочным выявлением отрицательных последствий: обычно ущерб выявляется сразу или 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, т. к. не горюч и является хорошим теплоизолятором. Однако впоследствии выяснилось, что асбестовая пыль – канцерогенное вещество, она вызывает асбестоз (фиброзное уплотнение ткани легких из-за асбестовой пыли).

2.5. Критерии классификации по характеристике взаимодействия с другими рисками

На практике риски встречаются не отдельно, а в совокупности. В ряде случаев взаимосвязь рисков является ключевым аспектом, т. к. риски могут усиливать или ослаблять друг друга. Анализ взаимодействия с другими рисками предполагает получение ответов на следующие вопросы:

- является ли риск уникальным? – классификация по степени распространенности данного риска;
- на какое количество объектов влияет данный риск? – классификация по характеру влияния на различные объекты;
- можно ли снизить риск за счет диверсификации? – классификация по степени диверсифицируемости риска.

Классификация по степени распространенности данного риска.
Данный критерий очень важен, т. к. он определяет, для какого числа объектов характерен данный риск. Можно выделить следующие:

- массовые риски, характерные для большого числа однотипных объектов (например риски автомобильных катастроф). Даже если риск будет небольшим, менеджер будет сталкиваться с ним довольно часто. По таким рискам достаточно легко найти информацию;
- уникальные риски, встречающиеся только у отдельных объектов (скажем, ядерные риски). Как правило, это – значительные риски, иначе на них не стоило бы тратить ресурсы и время менеджеров. В силу уникальности подобных рисков иногда бывает довольно сложно найти информацию по ним.

Процедуры и методы управления указанными типами рисков будут принципиально различаться.

Классификация по характеру влияния на различные объекты.
В ряде случаев одно исходное событие может повлиять на различное число объектов, подверженных риску. По этому критерию можно выделить следующие:

- 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 – это риск, затрагивающий отдельный объект или лицо.

Как правило, по общим рискам легче собрать необходимую информацию, чем по частным рискам, т. к. 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 как бы 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.

Классификация по степени диверсифицируемости риска. Диверсификация рисков, т. е. их перераспределение по объемам, времени и пространству, считается наиболее эффективным путем уменьшения риска по портфелю, так что 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.

2.6. Критерии классификации по характеристике имеющейся информации о риске

Вопрос об информационном обеспечении является основным при управлении риском, т. к. его решение обеспечивает процесс управления риском. Отталкиваясь от предыдущего анализа, менеджер должен ответить на следующие вопросы:

- возможно ли оценить риск и доступна ли необходимая информация? – классификация по степени предсказуемости риска;
- какая информация и в каком объеме доступна? – классификация по типу информации;
- насколько достоверна имеющаяся информация? – классификация по степени достоверности информации.

Классификация по степени предсказуемости риска. Степень предсказуемости, или прогнозируемость, является важной характеристикой риска с точки зрения процедур и методов управления этим риском. По данному критерию факторы риска могут быть разделены на следующие две группы:

- предсказуемые (прогнозируемые) риски, которые можно предвидеть исходя из экономической теории или хозяйственной практики, но невозможно предсказать момент их проявления;
- непредсказуемые (непрогнозируемые) риски, о которых пока ничего неизвестно, поэтому невозможно оценить их влияние на степень и размер 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.

Классификация по типу информации. Информация может быть следующей:

- 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 риск-менеджменте, хотя количественная информация предпочтительнее, т. к. позволяет численно измерять исследуемые риски.

Классификация по степени достоверности информации. Лицо, принимающее решения, должно четко осознавать степень достоверности используемой информации, т. к. недостоверная информация может привести к неправильным выводам и ошибкам при управлении риском, т. е. к росту потенциального экономического ущерба. Этот принцип иногда называют *Garbage In – Garbage Out*: на основе мусора можно получить только мусор. В большинстве случаев о степени достоверности информации можно судить только качественно (верю – не верю), так что вопрос о численном измерении степени достоверности даже не стоит. Тем не менее, существуют интересные подходы и к количественной оценке данной характеристики исследуемого риска.

2.7. Классификация по величине риска

Величина риска чрезвычайно важна для понимания того, как следует относиться к соответствующему риску. Понятие величины риска предполагает согласованный анализ двух характеристик: частоты возникновения и размера ущерба.

Классификация по частоте возникновения ущерба.

Частота возникновения ущерба является важной характеристикой величины риска. Она может измеряться количественно (с помощью вероятностей или статистических частот) или качественно, т. е. путем экспертного выделения следующих классов:

- 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.

Политика управления рисками из указанных классов будет существенно различаться.

Классификация по размеру (тяжести) ущерба. Для экономических рисков естественными единицами измерения размера ущерба являются денежные единицы. Если имеется полная информация о рисках, то определение размера ущерба не вызывает никаких проблем. Если же информации недостаточно, то соответствующие классы рисков можно установить на основе экспертного заключения. По данному критерию можно выделить следующие:

- малые риски, т. е. те, по которым 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 широко используется на практике.

Распределение ущерба. На практике важно учесть обе характеристики величины риска: частоту (вероятность) возникновения

и размер (тяжесть) ущерба. Их совместное рассмотрение позволит глубже проанализировать количественные аспекты исследуемых рисков, а также сформировать набор более эффективных мероприятий риск-менеджмента.

В основе такого подхода лежит тот факт, что частота возникновения и размер (тяжесть) ущерба не проявляются независимо. Действительно, для убытков определенной величины характерна определенная частота (вероятность) их возникновения. Такая взаимосвязь носит название распределения ущерба. Его можно выразить в аналитической или графической форме.

Распределения используются в рамках теории вероятностей для описания случайных величин, которые в связи с этим являются удобной моделью рисков. Применение таких моделей позволяет использовать мощный математический аппарат для анализа системы управления риском.

Для оценки конкретного вида распределений ущерба используется статистика убытков по реальным рискам. Как подчеркивалось в предыдущем параграфе, дефицит подобной информации и степень ее достоверности могут существенно повлиять на точность анализа рисков.

Если данных для численной оценки распределения недостаточно, то, используя экспертную информацию, можно хотя бы провести совместную классификацию по размеру ущерба и частоте его возникновения (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Группировка рисков по частоте возникновения и размеру ущерба

По размеру ущерба	По частоте		
	редкие	средней частоты	частые
малые риски			
средние риски			
высокие риски			
катастрофические риски			

Такая классификация позволяет понять специфику различных рисков. Очевидно, что для рисков, выделенных в соответствии с данной классификацией, методы управления будут совершенно различны.

2.8. Критерии классификации по характеристике расходов (издержек), связанных с риском

Экономический риск должен выражаться в денежной форме или напрямую характеризовать финансовые потери, поэтому анализ расходов (издержек), связанных с риском, имеет первостепенное значение.

При классификации рисков следует ответить на следующие вопросы:

- каков характер возможных финансовых последствий? – классификация по возможным финансовым последствиям;
- чем вызваны соответствующие расходы? – классификация по характеру расходов;
- кто должен покрывать соответствующие расходы? – классификация по характеру распределения расходов.

Классификация по возможным финансовым последствиям. Для понимания характера риска очень важно учесть, какой характер имеют возможные финансовые последствия. В связи с этим выделяют следующие:

- прямой ущерб, который означает непосредственную потерю финансовых средств и/или разрушение материальных объектов (в частности, ограбление или пожар);
- косвенные потери, которые связаны с недополучением доходов (скажем, вследствие увольнения), увеличением операционных расходов (в частности, резкий рост расходов на комплектующие вследствие изменения валютного курса) и/или с отдаленными последствиями неблагоприятного события (например, ухудшение условий труда, а следовательно, и снижение производительности труда на предприятии в результате предшествующей экологической катастрофы);

При риск-менеджменте необходимо учитывать оба типа рисков.

Классификация по характеру расходов. В зависимости от того, чем обусловлены расходы, можно выделить следующие типы расходов:

- расходы, связанные с необходимостью принятия решений в условиях неопределенности и риска: эти расходы включают издержки, обусловленные оценкой рисков и организацией процедур управления риском, а также оплату услуг экспертов и менеджеров.
- расходы, связанные со снижением риска: соответствующие расходы предназначены для противодействия возникновению ущерба (затраты на пожарную и охранную сигнализацию, улучшение условий труда и т. д.).
- расходы, связанные с покрытием отрицательных последствий реализовавшихся событий: данный тип расходов включает

покрытие возникшего экономического ущерба (за счет собственных средств, из страховых выплат и т. п.).

Классификация по характеру распределения расходов. Очень важно установить, кто несет соответствующие расходы. В связи с этим выделяют следующие:

– частные расходы, которые несут отдельные физические и юридические лица. Примером могут служить расходы, связанные с ремонтом после пожара, страховые выплаты, расходы на заработную плату и т. п.;

– общественные расходы, которые несет общество в целом (например расходы по ликвидации экологической катастрофы).

Данная классификация не идентична классификации по характеру распределения бремени риска, т. к. в последней речь идет не об ущербе, а о подверженности риску. Тем не менее, информация по обеим классификациям необходима для определения сферы ответственности в области риск-менеджмента.

3. Риски при выборе в условиях неопределенности [1.2]

3.1. Элементы теории игр

Характерной особенностью рассматриваемых ниже задач является то, что вплоть до момента осуществления выбора остается не известным точно, какой именно из возможных исходов реализуется после выбора. Из-за того, что набор возможных исходов один и тот же для всех альтернатив, то последние различаются только в том случае, когда какие-то свойства этого набора в целом для разных альтернатив различны. В теории игр таким свойством считается распределение по исходам потерь и выигрышей, связанное с каждой альтернативой.

Y	y_1	y_2	...	y_j	...	y_m
x_1	q_{11}	q_{12}	...	q_{1j}	...	q_{1m}
...
x_i	q_{i1}	q_{i2}	...	q_{ij}	...	q_{im}
...
x_n	q_{n1}	q_{n2}	...	q_{nj}	...	q_{nm}

В этой матрице все возможные исходы образуют вектор $y = (y_1, \dots, y_m)$ числа Q_{ij} выражают оценку ситуации, когда сделан выбор альтернативы x_i и реализовался исход y_j . В разных случаях числа y могут иметь различный смысл: иногда это «выигрыши», иногда «потери», «платежи». В литературе употребляются также и другие названия.

Если все строки $Q_i = (Q_{i1}, \dots, Q_{im})$ при любых i одинаковы,

то проблемы выбора между альтернативами нет. Если же строки матрицы различны, то возникает вопрос о том, какую альтернативу предпочесть, не зная заранее, какой из исходов реализуется.

Аналогично, в случае непрерывных множеств X и Y ситуация описывается с помощью задаваемой на этих множествах функции $Q(x, y)$, $x \in X, y \in Y$ с соответствующей постановкой вопроса о выборе x .

Сказанного до сих пор недостаточно для формальной постановки задачи выбора. При различной конкретизации этой задачи она приобретает различный смысл и требует различных методов решения. Исторически сложилось так, что первыми были формализованы искусственные, игровые задачи, что придало всей терминологии несколько легкомысленное звучание (взаимодействующие стороны называются «игроками», выбираемые ими альтернативы – «ходами», правила выбора – «стратегиями», величины Q_{ij} – «выигрышами», а вся теория – «теорией игр»).

Один класс задач называется «играми против природы». В таких задачах считается, что исходы y_1, \dots, y_m есть возможные «состояния природы». Желательность каждой альтернативы x_i зависит от того, каково состояние природы, но узнать, каково оно, мы сможем лишь после того, как сделаем выбор.

В другом классе задач предполагается, что исходы Y – это множество альтернатив, на котором выбор осуществляет второй игрок. В отличие от бесстрастной Природы второй игрок преследует свои интересы, отличные от интересов первого игрока. При этом матрица $Q = \|q_{ij}\|$, характеризующая оценки ситуаций с точки зрения игрока, выбирающего x , уже недостаточна для описания всей игры. Необходимо задать вторую матрицу $U = \|u_{ij}\|$, описывающую игру с позиций второго игрока. Задание X, Y, Q и U называется нормальной формой игры. Расхождения между матрицами Q и U определяют степень антагонизма игроков.

Если $Q_{ij} + u_{ij} = \text{const}$ для всех i и j , то соперничество называется строгим. В случае $Q_{ij} + u_{ij} = 0$ имеем игру с нулевой суммой. Можно представить себе игры, где выигрыши и проигрыши сторон не связаны линейно, и это будет отражать усиление или ослабление конфронтации сторон. Можно также рассматривать изменение матриц платежей после очередного хода. Например интерес исследователей привлекли игры с нарастающей конфликтностью. Возможны и другие обобщения, например рассмотрение игр с участием большего числа участников, с образованием коалиций между ними и т. д.

Разнообразие задач выбора в условиях неопределенности существенно возрастает в связи с тем, что и сам характер неопределенности может быть различным. В «игре против природы», например, можно считать, что состояние природы «совершенно неизвестно», а можно ввести на множестве U вероятностную меру, что даст основания для усиления различий между исходами; такие разные постановки задач дают, естественно, и различные их решения.

Центральным моментом является введение критерия для оценки выбираемого варианта. В силу неопределенности исхода нужно дать оценку сразу целой строке платежной матрицы; имея такие оценки для всех строк и сравнивая их, мы и можем делать выбор.

Самым распространенным является критерий выбора «наименьшего из зол», называемый максиминным критерием. В каждой из строк матрицы платежей находится наименьший выигрыш $\min Q_{ij}$, который характеризует гарантированный выигрыш в самом худшем случае и считается оценкой альтернативы x^* . Теперь остается найти альтернативу x^* , обеспечивающую наибольшее значение этой оценки: $x^* = \arg \max_i \min_j Q_{ij}$.

Эта альтернатива x^* называется оптимальной по максиминному критерию.

Поскольку часто платежную матрицу определяют не через выигрыш, а через проигрыш, тот же принцип приводит к минимаксному критерию.

Минимаксный критерий является крайне осторожным, очень пессимистическим, поэтому были предложены другие критерии. Таков, например, критерий минимаксного сожаления, предложенный Л. Дж. Сэвиджем. При этом по платежной матрице Q вычисляется «матрица сожалений» S , элементы которой определяются как $s_{ij} = Q_{ij} - \min_i Q_{ij}$, и минимаксный критерий применяется к матрице S : $x^* = \arg \max_i \min_j s_{ij}$.

Дальнейшее ослабление пессимистичности оценки альтернатив дает критерий пессимизма-оптимизма (критерий Гурвица), который сводится к взвешенной комбинации наилучшего и наихудшего исходов. А именно: за оценку альтернативы x_i в критерии Гурвица принимается величина

$$g(x_i) = \alpha \min_j q_{ij} + (1 - \alpha) \max_j q_{ij}, \quad 0 \leq \alpha \leq 1.$$

Показатель α называется показателем пессимизма - оптимизма (при $\alpha = 1$ имеем снова максиминный критерий); оптимальная альтернатива есть $x^* = \arg \max_i g(x_i)$.

Некоторые особенности игровых ситуаций хорошо видны на простейшем примере. Пусть имеется игра с континуальными множествами X и Y , строгим соперничеством сторон и нулевой суммой. Это делает достаточным рассмотрение лишь одной функции платежей $Q(x, y)$, которую один игрок старается максимизировать по x , а другой - минимизировать по y .

В тех случаях, когда $\max_{x \in X} \min_{y \in Y} q(x, y) = \min_{y \in Y} \max_{x \in X} q(x, y)$, точка (x^*, y^*) , в которой достигается это равенство, одновременно удовлетворяет амбиции обоих игроков. Эта точка равновесия интересов сторон называется седловой.

Отход от этой точки невыгоден обеим сторонам, так что ее выбор решает игру.

Однако существуют игры без седловой точки. В такой ситуации становится выгодным скрывать от противника свой выбор и даже свой способ выбора. Это достигается введением смешанной стратегии. В отличие от чистой стратегии, при которой альтернатива выбирается однозначно по детерминированному правилу, смешанная стратегия состоит в том, что задаются лишь вероятности выбора альтернатив, а сам выбор осуществляется случайным механизмом, подчиняющимся заданному распределению. В результате получаемый выигрыш становится случайной величиной и сравнение стратегий можно вести через средние значения выигрыша. Оказывается (теорема фон Неймана), что любые матричные игры со строгим соперничеством имеют решение в смешанных стратегиях. Кроме того, матричную игру можно свести к задаче линейного программирования, что дает не только практические методы численного решения игр, но и позволяет перенести ряд теоретических результатов из теории программирования в теорию игр.

Таким образом, неопределенность в момент выбора характеризуется распределением потерь и выигрышей по исходам, связанным с каждой альтернативой. Вводя подходящую числовую характеристику этого распределения, мы получаем возможность упорядочения (сравнения) альтернатив. Разнообразие задач теории игр связано с разными числовыми характеристиками распределения потерь, различными степенями конфликтности между сторонами, с другими особенностями конкретных задач.

3.2. Статические решения задачи выбора

Существует класс задач выбора, особенностью которых является наличие неопределенности даже после того, как проведена се-

рия наблюдений, измерений. Дело в том, что данные, полученные в результате эксперимента, связаны с интересующим нас аспектом явления не непосредственно, не однозначно, а в совокупности с другими, неконтролируемыми факторами.

Во всех таких задачах есть общее – необходимость выбора на основании косвенных или прямых, но обязательно «зашумленных» данных. Основным, центральным, самым важным предположением для формализации решения таких задач является предположение о статистичности экспериментальных данных. Оно состоит в том, что связь между истинной, но неизвестной искомой альтернативой θ (будем обозначать этой буквой любую закономерность, отыскиваемую в протоколе наблюдений, считая, что она принадлежит множеству Θ возможных закономерностей, на котором и надо сделать выбор) и наблюдаемыми данными x_1, x_2, \dots, x_N адекватно описывается распределением вероятностей (например функцией распределения $F(x_1, x_2, \dots, x_N | \theta)$ или в случае, если x_i – непрерывные величины, а функция F дифференцируема плотностью вероятностей $f(x_1, x_2, \dots, x_N | \theta)$). Другими словами, считается, что, во-первых, выборка наблюдений принадлежит статистическому ансамблю всевозможных выборок, на котором задано распределение вероятностей, и, во-вторых, это распределение различно для разных θ , что и обеспечивает наличие информации о θ в выборке (x_1, x_2, \dots, x_N) . Вопрос состоит в том, как извлечь эту информацию, т.е. как сделать выбор на множестве Θ или как принять статистическое решение.

Естественно, напрашивается идея – свести задачу к уже решенной ранее. Такую возможность предоставляет теория «игр против природы»: выбор $\hat{\theta}$ на Θ и действительное состояние θ природы можно в совокупности охарактеризовать функцией потерь $l(\hat{\theta}, \theta)$, которую и рассматривать как платежную функцию игры. Использование такого представления в самом деле позволяет перенести

ряд результатов теории игр в теорию статистических решений. Однако одни статистические задачи не принадлежат к числу решенных задач теории игр, для других задач существуют более прямые и короткие способы решения, третьи имеют настолько сильно выраженную специфику обработки экспериментальных данных, что игровая терминология лишь «затемняет» суть дела; наконец, теория синтеза и анализа процедур для решения статистических задач – математическая статистика – начала развиваться задолго до возникновения теории игр, достигла значительных результатов и продолжает успешно развиваться самостоятельно. По этим причинам теоретико-игровой подход к статистике, сохраняя свое методологическое, междисциплинарное значение, не оказал существенного влияния на прикладную статистику.

Вернемся к рассмотрению черт, общих для задач выбора в условиях статистической неопределенности. Обстоятельства принятия статистических решений иллюстрирует схема, приведенная на рис. 3.1. На этой схеме точкой $\theta \in \Theta$ изображено то, что нам неизвестно, но необходимо определить; Θ – множество всех предполагаемых возможностей относительно θ . Точкой $x \in X$ изображена выборка (протокол наблюдений) $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$; X – множество всех возможных выборок. Тот факт, что на реализовавшееся значение выборки оказывает влияние не только искомая закономерность θ , но и совокупность случайных факторов, изображен на схеме как результат совместного отображения θ и некоторого случайного воздействия δ в пространство X с помощью некоторого оператора μ : $x = \mu(\theta, \delta)$. Зная x , мы должны сделать выбор относительно θ , принять решение, какую из множества альтернатив Θ мы примем за истинную. Чтобы не путать принимаемое решение и «истинное» состояние θ , обозначим пространство, на котором производится выбор, через Z . Очевидно, что в Z входят все

элементы множества Θ , но могут войти и дополнительные решения (типа отказа от выбора, требования увеличить число наблюдений или провести рандомизацию и т.п.).

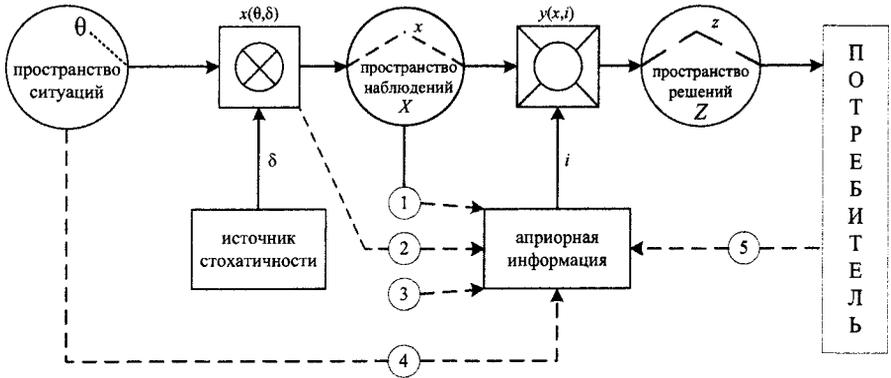


Рис. 3.1. Общая схема принятия статистических решений

Процедура выбора изображена как действие некоторого оператора y над выборкой x : каждой выборке x этот оператор, называемый решающей функцией, ставит в соответствие решение $z = y(x, i)$. Здесь аргумент i введен, во-первых, для того, чтобы подчеркнуть, что одну и ту же выборку можно обрабатывать по-разному, получая решения различного качества, и, во-вторых, чтобы сделать акцент на том, что качество решения зависит не только от того, какой протокол обрабатывается, но и от того, какие априорные предположения вошли в структуру алгоритма.

Итак, и проблема синтеза статистических процедур (построения решающих функций), и проблема анализа их качества (оценивания степени близости между z и θ) тесно связаны с ролью априорной информации.

Определим конкретнее, что именно в статистике понимается под априорной информацией. В нее включают любые сведения,

имеющиеся до того, как мы приступили к синтезу новой процедуры u , в том числе и любую информацию о природе наблюдений (но не саму выборку x , считающуюся информацией апостериорной). Конкретнее априорные сведения характеризуют следующее:

- пространство ситуаций Θ ;
- природу случайных факторов δ ;
- оператор $x(\theta, \delta)$, определяющий характер взаимодействия θ и δ ;
- пространство наблюдений X ;
- требования потребителя к качеству решений (нумерация та же, что и на рис. 3.1).

Априорная информация может быть более или менее полной и точной; в зависимости от этого по-разному ставятся и решаются статистические задачи выбора. Можно даже утверждать, что разным уровням априорной информации соответствуют различные специфические ветви математической статистики.

Самое полное описание случайного объекта состоит в задании распределения вероятностей на множестве возможных состояний этого объекта, поэтому наиболее подробное и полное задание априорной информации состоит в том, что считаются известными: распределение $P(\theta)$, $\theta \in \Theta$; условное распределение выборочных значений $F(x|\theta)$, $x \in X$, $\theta \in \Theta$; функция потерь $l(\gamma, \theta)$, выражающая отношение потребителя решений к расхождению между γ , т.е. тем, что он должен использовать вместо истинного θ , и действительным состоянием θ . Такой уровень априорной информации соответствует байесову направлению статистики (Т. Байес – известный английский статистик). Среднее значение потерь l , связанное с конкретным алгоритмом γ обработки наблюдений x , называемое байесовым риском R , принимается за меру качества этого алгоритма. Оптимальная в этом смысле процедура z^* (также называемая байесовой) и считается наилучшим решением задачи:

$$\begin{aligned}
 z^*(x) &= \arg \min_{z(x)} R(z(x)) = \arg \min_{z(x)} M_{X\Theta} l(z(x), \theta) = \\
 &= \arg \min_{z(x)} \iint_{X\Theta} l(z(x), \theta) dF(x|\theta) dP(\theta).
 \end{aligned}$$

Наибольшее количество споров относительно байесовых задач вызывала необходимость задавать априорное распределение $P(\theta)$. Постулат Лапласа – Байеса, предлагающий при неизвестности $P(\theta)$ считать его равномерным в Θ , приводит к противоречиям в случае деформаций пространства Θ . Не помогает и предположение о том, что неизвестное $P(\theta)$ принадлежит некоторому классу распределений, – с тем чтобы взять в этом классе «наихудшее» распределение и для него найти байесову процедуру. Такая минимаксная процедура гарантирует, что «хуже не будет», если только $P(\theta)$ действительно входит в заданный класс.

Спор между сторонниками байесова подхода и его противниками можно считать историческим недоразумением. В конце концов, было признано, что могут существовать и другие уровни априорной информации, для которых требуется создание своих методов синтеза процедур. Следующим уровнем стал отказ от необходимости знать $P(\theta)$; на этом уровне в синтезе алгоритмов участвует только информация о семействе функций $F(x|\theta)$.

Оказалось, что если подставить в функцию плотности $f(x|\theta)$ выборочные значения x_1, x_2, \dots, x_N и рассматривать ее зависимость от θ , то такая зависимость $L(\theta|x_1, x_2, \dots, x_N) = f(x_1, x_2, \dots, x_N|\theta)$ обладает замечательными свойствами, из-за которых ее и назвали функцией правдоподобия. Например, если θ – неизвестный числовой параметр распределения, то $\hat{\theta}_{ML} = \arg \max_{\theta} L(\theta|x_1, \dots, x_N)$ является очень хорошей оценкой рассматриваемого параметра (этот метод оценивания называется методом максимального правдоподобия).

В том случае, когда по выборке x_1, x_2, \dots, x_N следует принять решение в пользу одной из конкурирующих гипотез H_0 и H_1 , т.е. решить – это выборка из распределения с плотностью $f(x|H_0)$ или $f(x|H_1)$, лучшей процедурой является вычисление отношения правдоподобия $f(x_1, x_2, \dots, x_N|H_1)/f(x_1, x_2, \dots, x_N|H_0)$ и выбор гипотезы H_1 , если это отношение превышает заданный порог, и гипотезы H_0 , если ниже его. В рамках этого уровня возможны и другие методы принятия статистических решений; обычно их использование вызвано соображениями простоты реализации, но по качеству получаемых с их помощью решений они не превосходят процедур, основанных на функции правдоподобия.

Априорное знание функции $F(x|\theta)$ не всегда достижимо, и возникает вопрос, как осуществить выбор, если $F(x|\theta)$ неизвестно. Если оставаться в рамках параметрических моделей, то можно снова рассмотреть класс распределений и воспользоваться минимаксной методикой. Подобные алгоритмы также используются в статистике и дают хорошие результаты в рамках принятых предположений. Как и в аналогичном расширении класса байесовых задач, о свойствах процедур минимаксного правдоподобия можно говорить, только если имеется уверенность, что реальные распределения действительно находятся в заданном классе.

В практике отказаться от необходимости знать распределение $F(x)$, в этом случае предположение о статистичности наблюдений остается в силе. Такая позиция соответствует новому уровню априорной информации и новому направлению в статистической теории и практике – непараметрической статистике (название связано с тем, что в этом разделе статистики рассматриваются классы распределений, несводимые к параметрическим семействам функций).

Незнание функционального вида распределения не означает, что вообще ничего не известно о распределении и о свойствах вы-

борки. То, что все-таки мы знаем, и служит основой для построения непараметрических процедур, решающих задачу выбора в этих условиях. Информация, не делающая известной функцию распределения, но полезная для принятия решения, может быть весьма разнообразной. Например, мы можем знать, что распределение непрерывно или симметрично (в частности, при измерении физических полей); из природы явления можно узнать некоторые числовые характеристики – моменты, квантили (так, для сигналов в ряде технических систем известна их мощность); обычно известно, чем отличаются альтернативы, из которых следует выбирать (скажем, если новый метод диагностики эффективен, то процент верных диагнозов должен существенно превышать процент случайных угадываний); иногда даже неизвестно, чем именно будут различаться альтернативы, просто известен факт, что они чем-нибудь отличаются (как в задачах проверки правильности теоретических моделей). Все подобные сведения могут быть использованы при синтезе решающей процедуры.

Имеется несколько подходов к синтезу непараметрических процедур. Кроме эвристического, изобретательского подхода (часто достаточно удачного, но всегда оставляющего место для сомнений) развиваются и теоретически обоснованные подходы. Например, теория инвариантности предлагает методы, использующие свойства симметрии некоторых задач. Большой универсальностью обладает метод интерпретации статистик как функционалов от оценок распределений. Этот метод основан на двух следующих идеях. Во-первых, всякая или почти всякая статистическая задача может быть сведена к выбору значения некоторого функционала $J(F)$ от неизвестного распределения $F(x)$. Главной трудностью этого метода является построение функционала, содержащего всю априорную информацию, имеющуюся в постановке задачи. Например,

в задачах сравнения двух распределений необходимо построить удачную меру их различия $J(F, G)$. Во-вторых, оценку интересующего нас функционала, т.е. выбор альтернативы, предполагается получать, подставляя в него вместо неизвестных распределений их непараметрические (т.е. не использующие знание их функционального вида) оценки этих распределений. Хотя при этом можно использовать разные оценки одного и того же распределения, что позволяет иметь несколько процедур решения одной задачи, сами процедуры часто возможно сравнивать теоретически и решать, в каких условиях одна лучше другой.

Переходя с одного уровня априорной информации на другой, отказываясь от учета недоступной информации, мы в результате получаем в общем случае решения все более «низкого» качества: байесовы процедуры лучше процедур правдоподобия, которые, в свою очередь, обычно лучше непараметрических. Однако, во-первых, это отношение нестрогое порядка (в некоторых задачах непараметрические процедуры не хуже байесовых), а во-вторых, и это главное, такое упорядочение верно только при верной априорной информации. В случае неверной априорной информации ситуация резко меняется: чем меньше априорной информации заложено в процедуре, тем слабее ухудшает решение ее ложность, именно поэтому непараметрические процедуры часто оказываются предпочтительнее остальных.

Все же полный отказ от знания распределений выглядит как чрезмерная реакция на слишком жесткие требования параметрической статистики. Существует множество практических ситуаций, в которых мы не знаем распределения точно, но знаем его приблизительно.

В таких случаях применение непараметрических процедур равносильно отказу от этой хотя и неточной, но правильной и по-

этому полезной информации. В последние годы развивается новая ветвь математической статистики, соответствующая такому уровню априорной информации, – робастная статистика (от англ. *robust* – закругленность, малочувствительность, устойчивость). Ее основная идея состоит в том, чтобы несколько поступиться оптимальностью на точно задаваемом опорном распределении, но зато обеспечить некоторый гарантированный уровень качества решения на всех других распределениях, лежащих в окрестности опорного решения. Математическая сторона этого вопроса связана с теорией непрерывности и дифференцируемости функционалов от распределений и требует соответствующих знаний, но в ряде случаев получаемые алгоритмы легко воспринимаются и на уровне здравого смысла. Например, для получения робастных оценок среднего рекомендуется вычислять среднее арифметическое, отбросив из выборки самое большое и самое малое наблюдение. Именно так и поступают при определении средней урожайности за несколько лет; аналогично начисляют баллы в фигурном катании. Конечно, это простейший случай, когда требуется обеспечить устойчивость к случайным и не относящимся к делу отклонениям, таким, как субъективное оценивание или нетипичные погодные условия. Теория робастных процедур дает рекомендации и в более сложных условиях. Существует еще один вариант, при котором распределения изначально считаются задаваемыми интервалами, а не точными значениями, который только начал развиваться.

В связи с тем, что вся информация о случайном объекте содержится в его распределении вероятностей, то любая статистическая задача, по существу, может быть сведена к выбору определенного распределения из некоторого множества распределений. Априорная информация для такого выбора выражается некоторым функционалом от распределения.

Таким образом, неопределенность в статистических задачах имеет «двухэтажную» природу. Наблюдаемые данные подчинены конкретному вероятностному распределению, и связанная с этим распределением неопределенность образует «первый этаж». Имеется и другая неопределенность – относительно того, какое же именно распределение из некоторого множества породило экспериментальные данные. Эту-то, «вторую», неопределенность и требуется снять, осуществив выбор на данном множестве альтернативных распределений. Алгоритм такого выбора самого распределения или значения некоторого его признака называется статистической процедурой. Использование статистических выводов сопряжено с определенными сложностями, «ловушками», опасностями, риском; требуется знание и соблюдение правил «статистической безопасности».

4. Риски в управлении проектами [1.3, 1.5]

4.1. Основные понятия управления проектами

В отечественной практике понятие «проект» до недавнего времени использовалось преимущественно в технической сфере. Под ним обычно подразумевалась разработка документации для создания каких-либо изделий, зданий или сооружений. А сам процесс разработки назывался проектированием.

В зарубежных странах для обозначения данного процесса проектирования используется другой термин – *design* (дизайн, проектирование здания, разработка изделия), а понятие *project* (проект) трактуется более широко.

Существует ряд определений понятия «проект», каждое из которых имеет право на существование. Специалисты по управлению проектами пользуются тем из них, который наиболее подходит к решаемой ими задаче. Можно привести некоторые из них.

США, Институт управления проектами (PMI): «Проект – некоторое предприятие, имеющее целью создание уникального продукта или услуги, ограниченное во времени».

Великобритания, Английская ассоциация проект-менеджеров: «Проект – это отдельное предприятие с определенными целями, часто включающими требования к времени, стоимости и качеству достигаемых результатов».

Германия, DIN 69901:2009 «Управление проектами»: «Проект – это предприятие (намерение), которое в значительной степени характеризуется неповторимостью условий в их совокупности.

К таким условиям можно отнести следующее:

- задание цели;
- временные, финансовые, людские и другие ограничения;
- разграничения от других намерений;
- специфическая для проекта организация его осуществления».

Мировой Банк, «Оперативное руководство» № 2.20: «Понятие «проект» обозначает комплекс взаимосвязанных мероприятий, предназначенных для достижения (в течение заданного периода времени и при установленном бюджете) поставленных задач с четко определенными целями».

ГОСТ Р ИСО 9000-2001: «Проект – это уникальный процесс, состоящий из совокупности скоординированной и управляемой деятельности с начальной и конечной датами, принятой для достижения цели, соответствующей конкретным требованиям, включающий ограничения по срокам, стоимости и ресурсам».

Остановимся несколько подробнее на определении, данном PMI.

Уникальность продукта или услуги означает, что результат каждого проекта является своеобразным, даже если и подпадает под какую-либо широкую категорию. Например, в мире ежегодно проектируются и строятся тысячи офисных зданий, но при этом каждое сооружение является уникальным, имея разных владельцев, подрядчиков, местоположение и пр.

Ограниченность проекта во времени означает, что каждый проект имеет четко определенное начало и завершение (или момент достижения всех целей проекта, или момент его прекращения, если становится понятно, что сформулированные цели не могут быть достигнуты). Ограниченность во времени не относится к результату проекта. Многие проекты предпринимаются для достижения протяженного во времени результата.

Например, проект строительства национального монумента имеет результат, который может просуществовать века.

При этом следует отличать проекты от повторяющейся «регулярной» деятельности. Например, сборка автомобилей на конвейере автозавода, в отличие от разработки новой модели автомобиля, проектом не является. Разница состоит в том, что по достижении цели (сборка конкретного автомобиля) формулируется новая цель (сборка следующего), и весь комплекс действий повторяется.

Проекты, реализуемые в различных областях разными специалистами, имеют значительные различия между собой, поэтому для выбора того или иного подхода к управлению конкретным проектом предварительно необходимо установить особенности именно данного типа или вида проекта.

Классификация проектов может быть проведена по различным основаниям. Рассмотрим лишь наиболее распространенные ее варианты.

По *сферам деятельности* проекты разделяются на следующие:

- *технические* (строительство здания или сооружения, внедрение новой производственной линии, разработка программного обеспечения и т.д.);

- *организационные* (реформирование существующего или создание нового предприятия, внедрение новой системы управления, проведение международной конференции и т. д.);

- *экономические* (приватизация предприятия, внедрение системы финансового планирования и бюджетирования, введение новой системы налогообложения и т. д.);

- *социальные* (реформирование системы социального обеспечения, социальная защита необеспеченных слоев населения, преодоление последствий природных и социальных потрясений);

- *смешанные* (проекты, реализуемые сразу в нескольких

областях деятельности, к примеру, проект реформирования предприятия, включающий внедрение системы финансового планирования и бюджетирования, разработку и внедрение специального программного обеспечения и т. д.).

По *размерности* можно выделить следующие проекты:

– *монопроекты* – отдельные проекты различного типа и назначения, имеющие определенную цель, четко очерченные рамки по финансам, ресурсам, времени, качеству и предполагающие создание единой проектной группы (инвестиционные, инновационные и другие проекты);

– *мультипроект* – комплексный проект, состоящий из ряда моно-проектов и требующий применения многопроектного управления: реформирование существующих и создание новых предприятий, разработка и внедрение внутрифирменных систем многопроектного управления;

– *мегапроекты* – целевые программы развития регионов, отраслей и других образований, включающие в свой состав ряд моно- и мультипроектов: «План Маршалла», создание Общеввропейского рынка, развитие Южной Кореи и т.д.

В американской практике существует следующее деление проектов по *размеру бюджета* на:

– *малые проекты* (капиталовложения до 10–15 млн долларов, трудозатраты 40–50 тыс. человеко-часов. Примеры: опытно-промышленные установки, небольшие промышленные предприятия, модернизация действующих производств);

– *мегапроекты* (целевые программы, содержащие множество взаимосвязанных проектов, объединенных общей целью, выделенными ресурсами и отпущенным на их выполнение временем. Отличительные черты: капиталовложения – от 1 млрд долларов, и более, нетрадиционные формы финансирования (акционерные,

смешанные) – обычно консорциум фирм, трудоемкость – 2 млн человеко-часов – на проектирование, 15–20 млн человеко-часов – на строительство, 5–7 и более лет – срок реализации).

При этом следует особо подчеркнуть, что данный вариант классификации применим главным образом в западных странах. Поскольку в настоящий момент Россия находится в другом ценовом измерении относительно этих стран, часто проекты с бюджетом в несколько сотен тысяч долларов уже считаются крупными.

По предметной области различают следующие проекты:

- *инвестиционные* (главная цель – создание или реновация основных фондов организаций, требующих вложения инвестиций);
- *инновационные* (главная цель – разработка и применение новых технологий, ноу-хау и других нововведений, обеспечивающих развитие организаций);
- *научно-исследовательские*;
- *учебно-образовательные*;
- *смешанные*.

По длительности можно выделить следующие проекты:

- *краткосрочные* – до трех лет;
- *среднесрочные* – от трех до пяти лет;
- *долгосрочные* – свыше пяти лет.

По степени новизны проекты делятся на следующие:

- *регулярно выполняемые*;
- *выполняемые время от времени*;
- *принципиально новые*.

Впервые подход, названный «управление проектами», был практически применен в 50-е годы в военной и аэрокосмической отрасли США. Появление такой альтернативы традиционным методам управления было вызвано ростом масштабов и сложности работ, вовлечением в них большого числа участников, повышением

требований к срокам выполнения работ и эффективности использования различного рода ресурсов, качеству и результатам. Успешно справиться с такого рода задачами в рамках традиционной системы управления было не под силу даже самым талантливым менеджерам. Таким образом и были введены в практику новые формализованные методы управления, которые получили в совокупности название «управление проектами».

PMI так определяет управление проектами как дисциплину: управление проектом (УП), или *Project Management* (PM), – это искусство руководства и координации людских и материальных ресурсов на протяжении жизненного цикла проекта путем применения современных методов и техники управления для достижения определенных в проекте результатов по составу и объему работ, стоимости, времени, качеству и удовлетворению участников проекта.

Сущность методологии УП состоит в сосредоточении прав и ответственности за достижение целей проекта у одного человека или небольшой группы. Этот человек, менеджер проекта, обеспечивает реализацию проекта, выполняя ключевые функции по управлению проектом. Причем он не обязательно сам выполняет эти функции.

Такой подход к определению функций УП достаточно удобно структурирует поле управленческой деятельности руководителя проекта и позволяет ему определить наиболее эффективный инструментарий для выполнения каждой из функций. В России к областям, наиболее перспективным для применения методов УП, относятся следующие:

- нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность;
- электроэнергетика;
- продовольственная сфера;
- телекоммуникации и связь;

- информационные технологии;
- жилищное строительство;
- химическая промышленность.

У руководителя любой организации есть основания для применения профессиональных методов УП во всех случаях, когда он имеет дело со сложными и нетривиальными задачами, которые должны быть решены в строго определенные сроки, в рамках установленного бюджета и с требуемым уровнем качества.

Для УП проектом необходимо постоянно находить баланс между следующими часто взаимно противоречивыми характеристиками:

- содержание проекта, время, затраты и качество;
- требования к проекту и ожидания от него у разных групп ключевых участников;
- несоответствие результатов и ожиданий проекта.

Всю дисциплину УП можно разделить на более или менее самостоятельные блоки (рис. 4.1).

Управление интеграцией проекта описывает мероприятия, необходимые для того, чтобы различные составляющие проекта координировались должным образом.

Управление содержанием проекта описывает действия, необходимые для четкого определения, что именно должно быть сделано в ходе выполнения проекта, а что выходит за его рамки.

Управление сроками проекта описывает действия, необходимые для завершения проекта в срок.

Управление затратами проекта описывает действия, гарантирующие, что проект будет выполнен в рамках утвержденного бюджета.

Управление качеством выполнения проекта описывает действия, необходимые для гарантии того, что результат проекта будет удовлетворять требованиям, ради которых он был предпринят.

Управление людскими и прочими ресурсами описывает действия, обеспечивающие оптимальное использование людских и прочих ресурсов, вовлеченных в проект.

Управление взаимодействием в проекте описывает действия, обеспечивающие своевременную и полную генерацию, сбор, распространение и хранение информации о проекте, а также ее использование для принятия управленческих решений.

Управление рисками проекта описывает действия по идентификации и анализу проектных рисков, а также методы реагирования на них.

Управление закупками описывает действия по управлению процессом получения необходимых для проекта товаров и услуг со стороны внешних по отношению к проекту организаций и лиц.

Общий менеджмент охватывает все аспекты ежедневного управления действующим предприятием. Сюда входит: производство, финансы и бухгалтерский учет, сбыт и маркетинг, стратегическое планирование, управление персоналом и многое другое. Навыки общего менеджмента создают тот фундамент, на котором в дальнейшем развиваются навыки управления проектами.

Знания предметной области нужны для успешного управления проектом в любой предметной области. Менеджер проекта должен обладать некоторым набором прикладных знаний, специфических для этой области. Например, для управления проектом создания нового лекарства менеджер проекта должен иметь представление о фармацевтических технологиях; менеджеры крупных строительных проектов, как правило, имеют строительное образование и соответствующий практический опыт; для выполнения крупных правительственных проектов необходимо разбираться в структуре и функциях органов государственного управления и т.д.

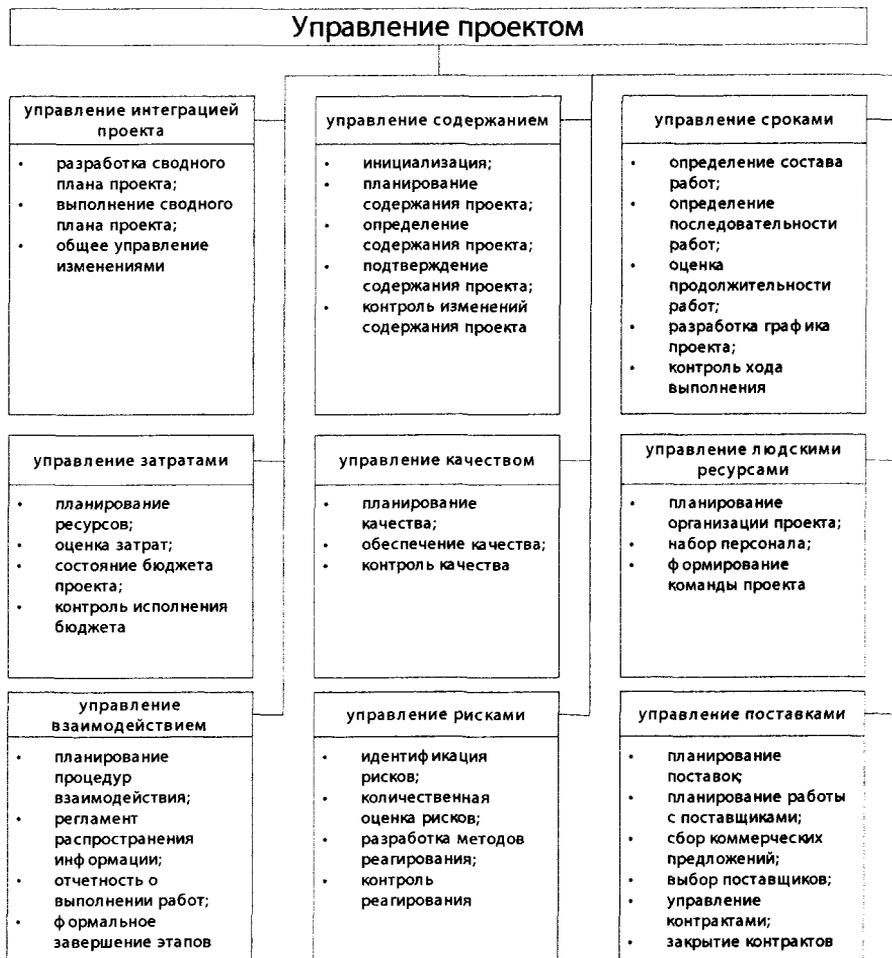


Рис. 4.1. Обзор проблемных областей управления проектами

4.2 Принципы менеджмента риска в управлении проектами

Наиболее полно основные принципы менеджмента риска в управлении проектами регламентированы в стандарте ГОСТ Р 51901.4–2005 (МЭК 62198:2001) «Руководство по применению при проектировании».

Здесь *проектный риск* определен как сочетание вероятности появления опасного события и его последствия для проекта.

Менеджмент риска определен как системное применение политики, процедур и методов управления к задачам определения ситуации, идентификации, анализа, оценки, обработки, мониторинга риска и обмена информацией, относящейся к риску, для обеспечения снижения потерь и увеличения рентабельности.

Риск присущ каждому проекту, каждому процессу и каждому решению на всех стадиях жизни проекта.

Основными процессами менеджмента риска являются:

- определение ситуации;
- идентификация риска;
- оценка риска, включая анализ и количественную оценку риска;
- обработка риска, как процесс выбора и выполнения мероприятий для применения риск-ориентированного подхода;
- исследование и мониторинг риска;
- обмен информацией по вопросам риска;
- обучение по проекту.

На рис. 4.2 представлена схема процессов менеджмента риска при проектировании.

Ситуация риска может включать технически общие, коммерческие, политические, финансовые, юридические, договорные и рыночные цели проекта.

Цель *идентификации риска* состоит в том, чтобы найти, перечислить и охарактеризовать все виды риска, которые могут влиять

на выполнение проекта в целом или на достижение целей отдельных стадий проекта.

Эффективность менеджмента риска полностью зависит от идентификации риска. Следовательно, идентификация каждого риска должна быть систематической. В большинстве случаев идентификация риска основана на прогнозировании и интерпретации ожидаемых проблемных ситуаций.

Имеется следующий ряд методов идентификации риска:

- мозговой штурм;
- экспертные оценки;
- структурированные интервью;
- анкетные опросы;
- контрольные списки;
- исторические данные;
- предыдущий опыт;
- данные испытаний и моделирования;
- оценки из других проектов.

В табл. 4.1 приведен пример некоторых источников риска на некоторых стадиях жизненного цикла проекта или продукции.

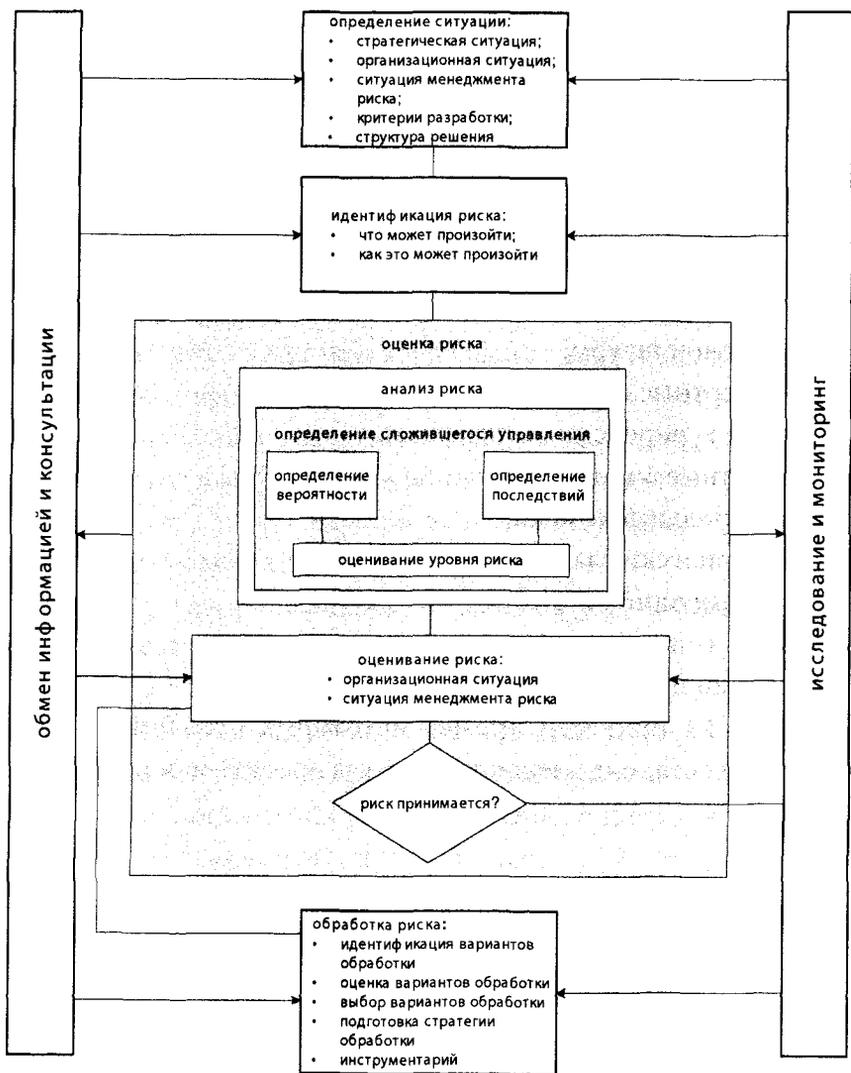


Рис. 4.2. Схема процесса менеджмента риска при проектировании

Таблица 4.1

Пример источников риска на стадиях жизненного цикла продукции

Концепция и определение	Проектирование и разработка	Производство	Инсталляция и ввод в действие	Эксплуатация и техническое обслуживание	Прекращение эксплуатации и утилизация
спрос/отсутствие спроса	замены	субподрядчики	чертежи, схемы	надежность	безопасность
бюджеты	изготовление/приобретение	материалы	интеграция	безопасность	замена
безопасность	эффективность	ресурсы	эффективность	способность к взаимодействию	утилизация
гарантии	производительность	компоновка	надежность	модификации	отходы
технологии	технологии	изменения конфигурации	безопасность	штрафы	штрафы
контакты	надежность	надежность	испытания	законодательство	унаследованные виды риска
регулирующие требования	информационные источники	штрафы	процедуры	гарантии	
менеджмент проекта	контракты	безопасность	штрафы	унаследованные виды риска	
	штрафы	унаследованные виды риска	гарантии		
	безопасность		унаследованные виды риска		
	унаследованные виды риска				

Целью *оценки риска* проекта является анализ и оценивание идентифицированных видов риска и определение необходимости их обработки.

В процессе *анализа риска* устанавливают пределы и границы риска, выявляют любые зависимости и определяют вероятность появления и воздействия на цели неблагоприятных событий.

Анализ риска может быть выполнен качественными (при малом количестве необходимых данных) или количественными (при достаточном количестве данных) методами. Для отображения риска могут быть использованы диаграммы (рис. 4.3) или матрицы (рис. 4.4).

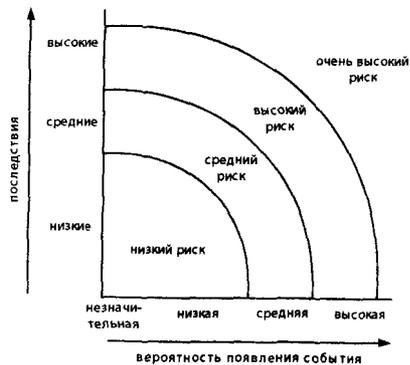


Рис. 4.3. Диаграмма риска

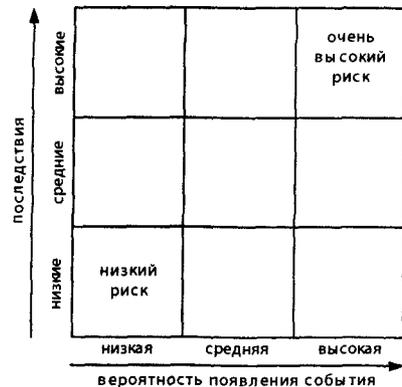


Рис. 4.4. Матрица риска

При анализе риска могут быть использованы различные методы, в том числе анализ дерева неисправностей, видов и последствий отказов, дерева событий, статистические методы и пр.

Оценивание риска заключается в сравнении уровня риска с приемлемыми критериями и установке начальных приоритетов для обработки риска.

Целью *обработки риска* является осуществление рентабельных действий, позволяющих привести риск к допустимым значениям.

Это процесс альтернативного выбора, включающего в себя следующее:

- полное устранение риска;
- уменьшение вероятности появления опасного события;
- уменьшение последствий опасного события;
- перемещение или распределение риска;
- разработка планов устранения последствий.

Рис. 4.5 иллюстрирует процесс обработки риска.

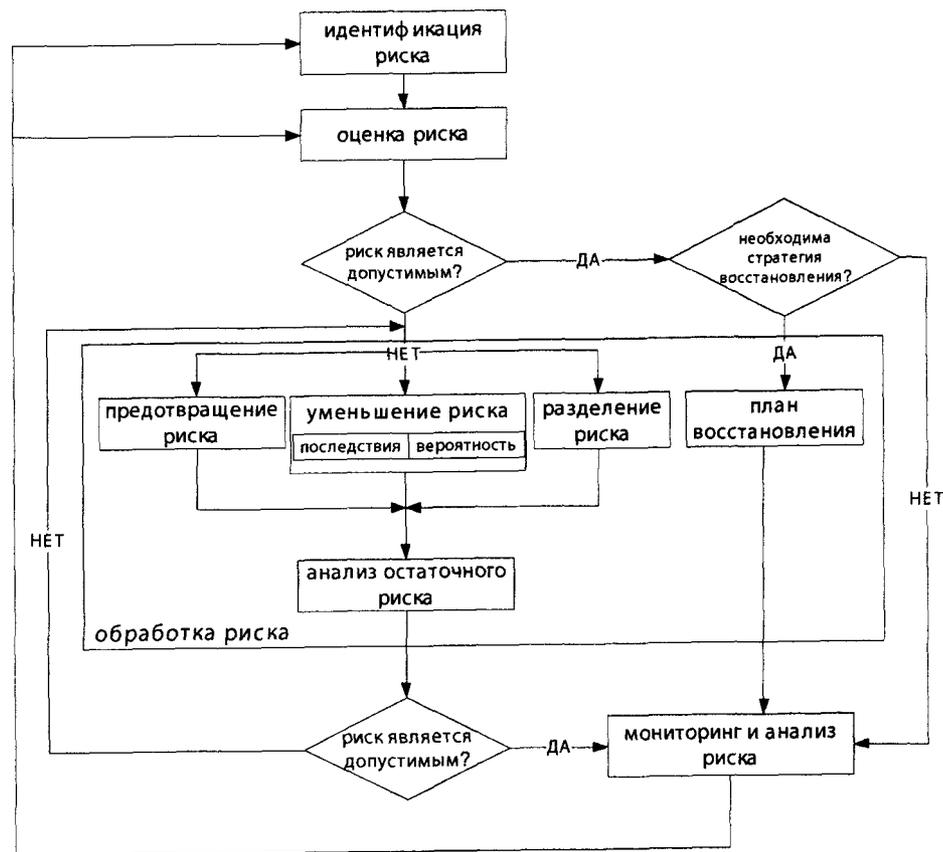


Рис. 4.5. Процесс обработки риска

Исследование и мониторинг риска должны обеспечивать идентификацию любых новых видов риска и гарантировать эффективность обработки риска. Исследование риска должно гарантировать, что все необходимые документы, стандарты, процедуры и перечни постоянно модифицируются и поддерживаются.

Непрерывный на всех этапах проекта мониторинг риска включает в себя экспертизу бюджета проекта и других данных проекта.

Изложенные принципы риск-менеджмента имеют общий характер и применяются, кроме управления проектами, в других практических приложениях.

4.3. Риски при реализации проектов создания ракетно-космической техники (РКТ) [I.10]

Процесс разработки и создания ракетно-космической техники (РКТ) состоит из следующих восьми этапов:

- 1) этап концептуального проектирования;
- 2) разработка технического проекта (аванпроекта и эскизного проекта);
- 3) разработка рабочей (конструкторской и технологической) документации;
- 4) изготовление макета и опытных изделий (опытного образца);
- 5) наземная отработка (испытания);
- 6) корректировка документации;
- 7) летные испытания и доработка документации для производства;
- 8) запуск.

На каждом этапе имеются те или иные риски. Риски на разных этапах порождены независимыми случайными причинами, поскольку они возникают в непересекающихся интервалах времени.

Выделим частные риски на каждом из приведенных этапов.

Этап выработки концепции:

- риск неверного технического решения (глобального для изделия в целом);
- риск персонала (риск срыва работ из-за организационных проблем внутри организации, реализующей проект);
- внешний риск (срыв работ по причинам, лежащим вне организации, реализующей проект).

Этап разработки технического проекта:

- риск неверных технических решений (локальных, т. е. для отдельных блоков);
- риск недостаточно высокого качества подготовки проекта;
- риск недостатка ресурсов (временных, кадровых, материальных, финансовых);
- организационный риск (из-за организационных проблем внутри предприятия).

Этап разработка рабочей документации:

- риск ошибок при реализации технических решений;
- риск недостаточно высокого качества подготовки документации;
- риск недостатка ресурсов (кадровых, компьютерных, временных и др.);
- риски, связанные с невыполнением обязательств смежниками и субподрядчиками;
- организационный риск (риск срыва работ из-за плохой их организации);
- внешний риск (кроме причин, указанных при описании рисков, связанных с невыполнением обязательств субподрядчиков).

Этап изготовления опытного образца:

- риск ошибок при изготовлении деталей и блоков;
- риск ошибок при сборке;

- риск недостатка ресурсов (станочного парка, кадровых, компьютерных, временных и др. ресурсов);

- риски, связанные с невыполнением обязательств смежниками и субподрядчиками;

- организационный риск (риск срыва работ из-за плохой их организации);

- риск, вызванный действиями поставщиков сырья, комплектующих, материалов (низкое качество, нарушение сроков);

- внешний риск (по другим причинам).

Этап наземной отработка (испытания):

- риск ошибок из-за нарушения работы испытательного оборудования;

- риск ошибок испытателей;

- риск недостатка ресурсов;

- организационный риск (риск срыва работ из-за плохой их организации);

- внешний риск.

Этап корректировки документации:

- риск ошибок при корректировке документации;

- риск недостаточно высокого качества подготовки документации;

- риск недостатка ресурсов (кадровых, компьютерных, временных и др.);

- организационный риск (риск срыва работ из-за плохой их организации);

- внешний риск.

Этап летных испытаний и доработки документации:

- риск ошибок из-за нарушения работы испытательного оборудования;

- риск ошибок испытателей (человеческий фактор);

- риск недостатка ресурсов;
- организационный риск (риск срыва работ из-за плохой их организации);
- риски неисправности техники;
- риск негативного воздействия неучтенных факторов внешней среды;
- внешний риск (по другим причинам).

Этап запуска:

- риск дефектности изделия;
- риск дефектности оборудования (на стартовом столе или Центре управления полетами);
- группа факторов риска «человек»;
- группа факторов риска «машина»;
- группа факторов риска «среда»;
- внешние риски (по другим причинам).

5. Использование теории риска для обоснования форм подтверждения соответствия [1.7]

Вступление в силу с 1 июля 2003 года Федерального закона «О техническом регулировании» обусловило необходимость разработки научно обоснованного подхода к выбору форм подтверждения соответствия (декларирование соответствия или сертификация соответствия) при разработке технических регламентов. В основу такого подхода может быть положена концепция риска.

При разработке технических регламентов можно рассматривать 3 следующие зоны технического регулирования в зависимости от возрастания риска:

– зона а1 – подтверждение соответствия путем принятия изготовителем (продавцом) декларации о соответствии на основе собственных доказательств;

– зона а2 – подтверждение соответствия путем принятия декларации о соответствии для относительно опасной продукции и при возможном участии третьей стороны;

– зона а3 – подтверждение соответствия для опасной продукции путем принятия декларации о соответствии при обязательном участии третьей стороны или по соответствующим схемам обязательной сертификации.

Продукция рассматривается как источник потенциальной, не всегда точно установленной, опасности для людей и окружающей среды. Анализ и оценка рисков продукции ориентированы в значительной степени на концепцию относительной безопасности на основе вероятностных подходов, общих для различных видов

продукции. Сложность отнесения продукции к зонам технического регулирования заключается в многообразии видов продукции и видов опасностей.

При формализации процесса установления зон технического регулирования следует оценить и сопоставить диапазон допустимых опасностей для людей и окружающей среды, с одной стороны, и соответствующие этим опасностям технические характеристики вида продукции – с другой стороны.

Допустимый уровень опасностей для людей и окружающей среды регламентируется научно обоснованными нормами безопасности и уровнем приемлемого риска, допускаемого обществом.

Допустимые технические характеристики продукции, соответствующие этим опасностям, устанавливаются для каждого конкретного вида продукции техническими нормами, вырабатывались на основе экспериментальных данных или расчетных зависимостей.

Нормирование продукции и соответствующих опасностей способствует установлению критериальных отметок зон технического регулирования на научной основе. Решением проблемы могло бы быть наличие и использование универсальной шкалы с критериальными отметками, соответствующими зонам а1 – а3.

В действительности такое решение достижимо лишь в определенных, поддающихся детерминистической оценке случаях, и проблема связывается с неопределенностью ситуации, оцениваемой на основе методологии приемлемого риска.

Для значительной части продукции различной степени сложности при выборе зон технического регулирования представляет практический интерес оценка рисков применительно не только к предельным ситуациям (авариям, отказам), но и к ситуациям, выходящим за некоторые уровни безопасности, т. е. к несоответствиям и нарушениям (*далее – несоответствиям*).

Такие несоответствия не всегда просто идентифицировать и оценить, и они не всегда могут быть учтены статистически, что вносит дополнительную неопределенность в оценку безопасности продукции.

Степень несоответствий потенциально опасной продукции оценивается на основе качественного (экспертного) и количественного определения рисков.

Экспертное определение риска сопровождается суждениями либо оценками относительного свойства, при количественном определении используются оценки в числовом измерении.

Количественное определение рисков проводится в аспекте отнесения продукции к зонам технического регулирования с определенными критериальными значениями.

Количество зон технического регулирования принципиально не ограничено и выбирается на основе процедур оценки соответствия с учетом руководящих указаний по техническому регулированию продукции.

Критериальные значения рисков, установленные на основе норм безопасности, статистических данных, анализа объектов-аналогов способствуют научно обоснованному выбору зон технического регулирования, но и сами по себе регулируются уровнем приемлемого риска, допускаемого обществом.

Для оценки риска причинения вреда используются сведения о результатах эксплуатации и испытаний продукции, публикации, базы данных, исследования рынка, мнения специалистов и экспертов.

Информация для оценки рисков должна включать с себя следующее:

- область использования продукции;
- сведения об источниках потенциальной опасности;
- сведения о конструкции, применяемых материалах и веществах;

- сведения о несчастных случаях и происшествиях;
- сведения о подобных ситуациях для различных видов продукции;

- любую информацию о вреде для здоровья.

Отсутствие или недостаточность информации об опасностях не дает оснований для суждений о небольшой величине риска.

Область использования продукции включает в себя следующее:

- все стадии жизненного цикла продукции;
- весь диапазон применения продукции, включая возможное неправильное применение и функционирование;
- весь диапазон предполагаемого использования продукции (например, промышленное, непромышленное, в домашних условиях);
- характеристики предполагаемых потребителей: уровень образования, опыт или способности с учетом пола, возраста, различных физических возможностей;
- подверженность других лиц опасности, если это можно предвидеть.

Идентификация опасностей обеспечивает основу для оценки рисков. Следует установить все возможные опасности, опасные ситуации и события, связанные с использованием продукции. Для всех видов продукции следует определить виды опасностей и для каждой группы однородной продукции состав опасностей на всех стадиях ее жизненного цикла.

В общем случае рассматриваются следующие виды опасностей:

- механическая;
- электроопасность;
- промышленная, в том числе шума и вибрации;
- термическая;
- пожароопасность;
- взрывоопасность;

- химическая;
- биологическая;
- излучение;
- магнитные поля;
- ядерная и радиационная;
- нарушение электромагнитной совместимости.

Оценка риска связывается с уровнем потенциальной опасности продукции, определяемой тяжестью ущерба и вероятностью его возникновения.

Риски, связанные с определенной ситуацией или определенным техническим процессом, описываются комбинацией следующих элементов:

- 1) тяжести ущерба;
- 2) вероятности нанесения ущерба, которая зависит от следующих факторов:
 - частоты и продолжительности воздействия опасности на людей;
 - вероятности возникновения опасной ситуации;
 - технических и человеческих возможностей избежать или ограничить возможный ущерб.

Для конкретного вида однородной продукции определяются номинальные (допустимые) значения опасных воздействий продукции в связи с тяжестью ущерба и все возможные несоответствия. Далее устанавливаются *факторы риска*, в том числе и человеческий фактор и сопряженные с ним риски. Определяются вероятностные характеристики и «весомость» этих факторов. Общее значение потенциальной опасности будет зависеть от суммы составляющих опасности.

На основе полученных результатов качественной или количественной оценки рисков проводится рассмотрение видов

продукции как объектов подтверждения соответствия или декларирования.

Рекомендуется учитывать при анализе риска следующие факторы.

1). *Тяжесть возможного ущерба:*

а) по последствиям для следующих категорий:

- персонала;
- имущества;
- животных и растений;
- окружающей среды.

б) по степени воздействия:

- легкая;
- серьезная;
- непоправимая.

в) по объему (число пострадавших или количество изделий).

2). *Вероятность нанесения ущерба:*

а) частот и продолжительность воздействия опасности:

- необходимость доступа в опасную зону;
- вид доступа в опасную зону;
- время, проведенное в опасной зоне;
- число людей, подверженных опасности;
- частота попадания в опасную зону.

б) вероятность возникновения опасной ситуации:

- вероятность безотказной работы или другие статистические данные;
- прецеденты процессов развития опасной ситуации;
- сравнение рисков.

в) возможность исключения или ограничения ущерба:

- при использовании изделия следующим образом:
 - квалифицированным персоналом;
 - неквалифицированным персоналом;

- роботом (автоматом);
- при развитии опасной ситуации:
 - мгновенно;
 - быстро;
 - медленно;
- на основе представлений о возникновении риска с учетом следующих:
 - информации общего характера;
 - прямого наблюдения;
- с учетом ловкости, рефлекса:
 - возможно;
 - возможно при определенных условиях;
 - невозможно;
- с учетом практического опыта и следующих знаний:
 - о данной конкретной продукции;
 - о подобной продукции;
 - при отсутствии опыта.

3). *Аспекты, принимаемые во внимание при оценке следующих элементов риска:*

а) категории лиц, подверженные опасности: следует принимать во внимание всех людей, подвергаемых опасности, включая и тех, кого можно предвидеть;

б) тип, частота и продолжительность подверженности опасности: оценка подверженности опасности, включая долговременное воздействие, требует анализа и должна учитывать все виды использования продукции кроме того, должны учитываться ситуации, при которых необходимо отключать защитные устройства;

в) взаимосвязь между подверженностью опасности и ее последствиями: должны учитываться последствия накопления опасности и содействующие факторы;

г) человеческий фактор включает в себя следующее:

- взаимодействие человека с изделием;
- взаимодействие между людьми;
- психологические аспекты;
- эргономические факторы;
- способность сознавать риск в данной ситуации, которая зависит от обучения, опыта или способностей;

д) надежность защитных мероприятий: если защитные меры включают организацию работ, правильное поведение, внимательность, применение персональных средств защиты, мастерство или навык, то при оценке риска должна учитываться относительно низкая надежность этих средств по сравнению с техническими мерами;

е) возможность отмены мер безопасности: желание обойти меры безопасности возникает в следующих случаях:

- мера безопасности снижает производительность или мешает другим видам деятельности;
- меру безопасности трудно применить;
- мера безопасности не признана пользователем;

ж) возможность установки защитных устройств.

4). *Оценка рисков экспертным путем.*

Такие решения проводятся при согласованном мнении экспертов на основе инженерного анализа. Для возникающего события и его вероятностных последствий используются словесные формы или шкалы описательного свойства. Множеству возникающих ситуаций соответствует множество возможных решений.

При экспертной оценке риска следует исходить из следующего:

– опасности, оцениваемые по отдельности как незначительные, могут при совместном проявлении вызвать значительную опасность;

– величина ущерба может зависеть от многих факторов, которые нельзя предусмотреть полностью, поэтому следует учитывать самый незначительный ущерб, который может возникнуть в рассматриваемой опасной ситуации;

– возможно проводить сравнения между похожими опасными ситуациями у различных видов продукции;

– недостаточно использовать только данные о несчастных случаях, которые охватывают незначительное число опасных ситуаций, так как не все несчастные случаи фиксируются и проявляются за ограниченное время наблюдений. Кроме того, статистические данные не в полной мере отражают причины, вызвавшие несчастный случай.

Частью процесса определения риска может являться сравнение риска, связанного с данным изделием, с риском применения аналогичного изделия с учетом следующих критериев:

- аналогичное изделие безопасно;
- технологии изготовления изделий сравнимы;
- опасность и элементы риска сравнимы;
- технические условия сравнимы;
- условия использования сравнимы.

При принятии решения о величине риска принимаются во внимание источники опасностей (виды опасностей) в категориях «много-мало» и эффективность защитных мер в категориях «слабо-хорошо».

1). «Много» источников опасностей, и они «слабо» предотвращаются защитными мерами – больше оснований для включения объекта в зону а3 путем обязательной сертификации или принятия декларации о соответствии при обязательном участии 3-ей стороны.

2). «Много» источников опасностей, но они «хорошо» предотвращаются защитными мерами – больше оснований для включения объекта в зону a2 путем принятия декларации о соответствии для относительно опасной продукции и при возможном участии 3-ей стороны.

3). «Мало» источников опасностей, они предотвращаются защитными мерами – больше оснований для включения объекта в зону a1 путем принятия декларации о соответствии на основе собственных доказательств.

Пример 5.1. Определение зон технического регулирования на основе правил классификации.

При классификации применяют следующие критерии:

- наличие источников опасности;
- степень непосредственного контакта с источником опасности;
- длительность и интенсивность воздействия опасных факторов;
- наличие физических барьеров безопасности;
- возможная степень тяжести последствий.

По отдельному виду опасности проводится классификация зоны технического регулирования, и затем осуществляют переход к другому виду опасности. По всем видам опасностей выбирается зона технического регулирования, соответствующая самой высокой степени опасности.

В качестве примера рассмотрим ГОСТ Р 51609–2000, где дана методика классификации применительно к медицинским изделиям. Устанавливаются критерии и правила классификации медицинских изделий, позволяющие отнести всю группу изделий к трем соответствующим зонам технического регулирования в зависимости от величины риска вреда.

Для примера приводится фрагмент таблицы с зонами технического регулирования (ТР), построенной в соответствии с правилами классификации медицинских изделий.

Таблица 5.1

Ориентировочная классификация медицинских изделий по величине риска

Зона ТР	Класс	Характер изделий	Примеры изделий
A1	1	изделия с низкой степенью риска	изделия измерения артериального давления неавтоматизированные, звукореактотесторы, микроскопы, приборы для исследования стереоскопического зрения
A2	2a	изделия со средней степенью риска	аудиметры, лабораторная техника, перевязочные специальные средства, спидометры, тепловизоры, электромиографы, жесткие и гибкие эндоскопы
A2	2б	изделия с повышенной степенью риска	измерители пульса и сердечных сокращений, пульсоксиметры, кардианализаторы, мониторы, в том числе, прикроватные
A3	3	изделия с высокой степенью риска	аппараты для гемодиализа, гемосорбции, лимфосорбции, аппараты искусственного кровообращения и другие изделия, замещающие жизненно важные органы.

При недостаточной точности решений при отнесении продукции к зонам технического регулирования на основе качественной оценки следует воспользоваться количественным определением рисков.

В зависимости от удобства представлений вероятностных понятий и понятий тяжести ущерба используется одномерная или двухмерная шкала.

Идентифицируется вид опасности, и на основе представлений критериальных значений риска $R_{\text{крит } 1}$, $R_{\text{крит } 2}$, $R_{\text{доп}}$ на шкале рисков намечаются зоны технического регулирования (рис. 5.1).

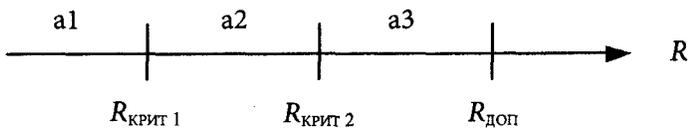


Рис. 5.1. Зоны технического регулирования на одномерной шкале

На рис. 5.2 приводится двухмерная шкала. В соответствии с рекомендациями ИСО 14971:2000 риск оценивается в системе координат P и H , где P – вероятность наступления опасной ситуации, H – тяжесть ущерба. По аналогии с этими рекомендациями можно схематически наметить зоны технического регулирования.

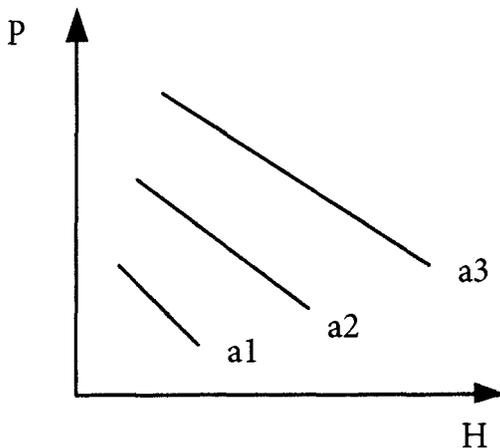


Рис. 5.2. Зоны технического регулирования на двухмерной шкале

Критериальные значения рисков могут быть установлены следующим образом:

- по одному доминирующему виду опасности с использованием представлений нормирования продукции;
- по нескольким видам опасности, с использованием представле-

ний нормирования продукции и приведением всех видов опасности к эквивалентному виду опасности;

– в общем случае с использованием статистических данных для аналогичных или эталонных объектов, включая данные испытаний.

Нормирование продукции способствует установлению критериальных значений риска на научной основе. В этом случае критериальные отметки устанавливаются на основе сопоставления норм безопасности и технических характеристик продукции в соответствии с ее основным назначением и регулируются уровнем приемлемого риска, допускаемого обществом с учетом технических, экономических и социальных возможностей.

Нормы безопасности устанавливают шкалу опасностей физиологического свойства. На этой шкале в тех же самых единицах измерения должен быть установлен диапазон (или предельный уровень) технических характеристик продукции, соответствующий виду этой опасности, т. е. критериальные отметки. Для каждого вида продукции общество допускает различный уровень опасностей (тяжести ущерба) и различные вероятностные характеристики, связанные с риском использования продукции.

Между тем в связи с многообразием и неопределенностью ситуаций, непредсказуемостью использования продукции не всегда могут быть адекватно учтены, соблюдены или воспроизведены условия, на основе которых проводилось нормирование продукции. В этом случае установление критериальных отметок связывается с данными статистических наблюдений.

6. Надежность, эффективность и безопасность сложных технических систем [I.7, I.8]

Наиболее универсальной характеристикой сложной технической системы (СТС) принято считать эффективность, понимая под этим степень приспособленности системы к выполнению заданных ей функций. Эффективность СТС зависит от ряда показателей или параметров. Можно назвать основные из них: стоимость разработки, изготовления и эксплуатации изделия, качество функционирования, мощность потребляемой энергии, масса, габариты, условия нормального функционирования и пр.

Кроме того, эффективность изделия зависит от его структуры, характера связей между элементами, вида управляющих алгоритмов и ряда других закономерностей функционирования, не поддающихся описанию при помощи указанных параметров.

Выражения для показателей эффективности, учитывающие широкий круг действующих на изделие внутренних и внешних факторов, как правило, весьма сложны.

Расчет таких показателей требует переработки большого количества информации и поэтому проводится при выборе облика будущего изделия, а также при окончательной оценке технического уровня созданного изделия. В процессе разработки, изготовления и эксплуатации изделия используют обычно частные показатели эффективности. Так, например, главным показателем эффективности функционирования систем управления является точность.

В процессе эксплуатации СТС возможны различного вида отказы, приводящие к снижению эффективности.

Обусловленное этими отказами снижение эффективности характеризуется надежностью. Таким образом, надежность является более частной характеристикой, чем эффективность.

Наиболее универсальным показателем надежности является вероятность безотказной работы изделия при определенных условиях. Для получения численных значений показателя надежности необходимо определить понятие отказа. Понятие отказа допускает большое разнообразие интерпретаций. Для конкретизации этого понятия вводят понятие условной эффективности, т. е. эффективности, полученной при отказе того или иного компонента изделия.

По мере накопления отказов компонентов эффективность изделия снижается. Снижение эффективности может происходить постепенно, либо скачком. Примером постепенного снижения эффективности может служить увеличение погрешности позиционирования промышленного робота или системы ЧПУ станка при некритических отказах в системе управления.

В качестве примера скачкообразного снижения эффективности можно привести изменение характеристики резервированной системы при отказе резервных компонентов.

Изделия, эффективность которых при отказе равна нулю, носят название простых. Постепенное снижение эффективности является характерным для сложных изделий. Для определения отказа сложного изделия необходимо задать допустимую границу снижения эффективности. Тогда состояние выхода ее значений за эту границу можно считать отказом. Так, например, может быть задано предельное значение погрешности позиционирования. Подобные изделия, в которых может быть задана допустимая граница эффективности, называют квазипростыми. Их надежность определяется вероятностью безотказной работы. Однако существует большое число изделий, для которых указать

границу допустимой области строго нельзя. Так, например, при поломке робота в производственном модуле подача заготовок может производиться вручную, т. е. отказа модуля не происходит.

В подобных случаях, когда понятие отказа не определено, используется другая интерпретация показателя надежности. Понятие надежности при этом связывается со свойством изделия сохранять при изменении технического состояния эффективность в течение определенного отрезка времени в определенных условиях. В этом случае в качестве показателя надежности принимается отношение эффективности реального изделия к эффективности идеального изделия. Данный показатель носит также название коэффициента снижения эффективности, а также относительной эффективности сложного изделия.

Таким образом, понятие надежности и эффективности тесно связаны между собой. Что касается математических методов, то отделить теорию надежности от теории эффективности не представляется ни возможным, ни целесообразным.

Рассмотрим основные количественные показатели надежности и эффективности необслуживаемых изделий.

Пусть изделие состоит из n компонентов, каждый из которых может находиться в одном из двух взаимоисключающих состояний – работоспособном и неработоспособном. Тогда состояние изделия описывается числом $N = 2^n$ несовместных состояний $H = \{H_m\}$, составляющих полную группу событий и занесенных в матрицу состояний H :

$$H = \begin{pmatrix} H_0 \\ H_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ H_n \\ H_{12} \\ \cdot \\ \cdot \\ H_{12\dots n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 & X_2 & \dots & X_n \\ \bar{X}_1 & X_2 & \dots & X_n \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ X_1 & X_2 & \dots & \bar{X}_n \\ \bar{X}_1 & \bar{X}_2 & \dots & X_n \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \bar{X}_1 & \bar{X}_2 & \dots & \bar{X}_n \end{pmatrix}$$

где X_m – обозначает событие работоспособного состояния m -го компонента, а \bar{X}_m – событие отказа m -го компонента.

С матрицей состояний H можно сопоставить матрицу вероятностей этих состояний $P = \{P_m\}$:

$$P^T = \left\| P(H_0)P(H_1), \dots, P(H_n)P(H_{12}), \dots, P(H_{12\dots n}) \right\|.$$

В связи с тем, что состояния $\{H_m\}$ образуют полную группу несовместных событий, сумма элементов матрицы P равна 1:

$$\sum_m P_m = P(H_0) + P(H_1) + \dots + P(H_n) + P(H_{12}) + \dots + P(H_{12\dots n}) = 1.$$

Для получения показателей надежности и эффективности изделия необходимо также задать изменение условной эффективности $\Phi = \{\Phi_m\}$ в зависимости от возможных состояний системы $\{H_m\}$. Пусть эта зависимость описывается некоторой матрицей:

$$\Phi^T = \left\| \Phi(H_0)\Phi(H_1)\dots\Phi(H_n)\Phi(H_{12})\dots\Phi(H_{12\dots n}) \right\|.$$

Используя матрицы H , P , Φ можно построить дискретный закон распределения вероятностей условной эффективности $P_m = P(\Phi_m)$.

В качестве показателя безусловной эффективности изделия могут быть приняты различные характеристики этого закона, например, математическое ожидание, мода, медиана. Наиболее распространенным показателем является математическое ожидание:

$$W = \sum_m \Phi_m P_m = \Phi_0 P_0 + \Phi_1 P_1 + \dots + \Phi_n P_n + \Phi_{12} P_{12} + \dots$$

Если задаться некоторой допустимой границей снижения условной эффективности Φ_r , то показатель надежности определится как сумма работоспособных состояний:

$$R = \sum_{m=1}^{m_r} P_m,$$

где индекс m_r находится из условия $\Phi_m > \Phi_r$.

В случае, если такую границу задать нельзя, надежность сложного изделия определится как отношение показателя безусловной эффективности к эффективности идеальной системы следующим образом:

$$R = \frac{W}{\Phi_0} = \sum_m \frac{\Phi_m}{\Phi_0} \cdot P_m.$$

В частном случае для простых систем, когда условная эффективность может принимать только два дискретных значения Φ_0 и 0, обе формулы расчета показателя надежности совпадают.

Рассмотренный простейший математический аппарат допускает множество обобщений, делающих его универсальным.

Так, сложное изделие с относительной эффективностью W/Φ_0 статистически эквивалентно простой системе с этой же надежностью $R = W/\Phi_0$. Это положение имеет большое практическое значение при расчете эффективности иерархических систем.

Свойство статистической эквивалентности надежности простой и относительной эффективности сложной системы широко используется также при формировании обобщенных показателей эффективности в задачах оценки технического уровня различного рода изделий и систем.

Так, например, в качестве обобщенного показателя эффективности может быть использован частный случай приведенного показателя эффективности – мультипликативная свертка:

$$R = \prod_{i=1}^n R_i ,$$

где

$$R_i = \frac{W_i}{W_{oi}} ;$$

W_i – показатель конкретного типа;

W_{oi} – аналогичный показатель наиболее перспективного образца, принятого за эталон.

Рассмотренная модель эффективности легко распространяется на обслуживаемые изделия. Статистическим аналогом вероятности безотказной работы необслуживаемых систем является стационарный коэффициент готовности обслуживаемых систем:

$$K_1 = \frac{T_{cp0}}{T_{cp0} + T_B} ,$$

где $T_{\text{ср0}}$ – среднее время безотказной работы;

T_B – среднее время восстановления.

В отличие от теории надежности в теории безопасности фундаментальными понятиями является значимость или критичность отказа и риск.

Покажем, как эти понятия следуют из модели эффективности сложной технической системы.

Продемонстрируем идею вывода оценки значимости или критичности отказа на простейшем примере системы, состоящей из двух компонентов. Обозначив событие исправной работы компонента – 1, а событие отказа – 0, получим следующие возможные состояния системы: 1,1; 1,0; 0,1; 0,0. Вероятности этих состояний при условии независимости компонентов будут: $R_1, R_2; (1 - R_1) R_2; R_1 (1 - R_2); (1 - R_1)(1 - R_2)$. Состояния составляют полную группу событий, поэтому сумма их вероятностей равна:

$$\sum_4 p_i = 1.$$

Составляющие показателя эффективности с учетом значимости отказов будут в общем случае иметь следующий вид: $R_1, R_2;$

$(1 - v_1)(1 - R_1) R_2; (1 - v_2)(1 - R_2) R_1; (1 - v_{1,2}) (1 - R_1) (1 - R_2),$

где v_1, v_2 – значимость отказов компонентов, а $\Phi_1 = 1 - v_1,$

$\Phi_2 = 1 - v_2$ – условные эффективности системы при отказах этих компонентов.

При экспоненциальном законе распределения времени и достаточно высокой вероятности безопасной работы компонентов $R = \exp\{-\lambda_i t_i\} \approx 1 - \lambda_i t_i.$

Заметим, что сомножитель $(1 - v_i)(1 - R_i) = \alpha_i Q_i = \alpha_i \lambda_i t_i.$

Полученное выражение совпадает с оценкой критичности отказа в стандарте МЭК 812-85.

Заметим также, что сомножитель $\alpha_i Q_i$ представляет собой вероятность сложного события: снижение эффективности системы при условии появления i -ого отказа и появление этого отказа. Эта вероятность носит также название риска.

Таким образом, понятие эффективности, надежности и безопасности сложной технической системы тесно связаны между собой и используют единый математический аппарат.

7. Риски в теории безопасности [1.7, 1.8]

7.1. Краткий обзор формирования методов анализа безопасности

Теория безопасности как самостоятельная дисциплина сформировалась относительно недавно, в начале 60-х – 70-х годов XX в, по мере развития научно-производственной революции в области наукоемких технологий.

Следует отметить, что в сфере обеспечения безопасности долгое время господствовала концепция «абсолютной безопасности», в рамках которой предполагалось, что детерминистские расчеты при анализе максимальной проектной аварии и консервативный подход при выборе запасов, обеспечивают безопасность объекта при эксплуатации. Этим самым игнорировалась вероятностная природа инцидентов, обусловленных наложением ряда маловероятных факторов, которые не учитывались в расчете безопасности. Тому было несколько причин.

Во-первых, как правило, сценарии развития аварий не принимали во внимание вероятные пути перерастания нарушений нормальной эксплуатации в аварию. Для того, чтобы оценить необходимые запасы в соответствии с консервативным подходом, рассматривался единственный, но самый тяжелый сценарий, описываемый максимальной проектной аварией (МПА).

Считалось, что при таком подходе, даже если наступит МПА, ее последствия не превысят некоторый предельный ущерб, который уже закладывался в проект в расчете на МПА. Следовательно, такой объект, хотя и нельзя признать полностью безопасным, но последствия его аварии достаточно четко ограничены.

Следует отметить, что аварии на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС в СССР и при запуске челнока «Челленджер» в США продемонстрировали неэффективность концепции «абсолютной безопасности». Таким образом, данная концепция стала неадекватна процессам, определяющим безопасность.

Во-вторых, для большинства технических систем не были определены специфические показатели безопасности, что препятствовало формированию целей управления и созданию необходимых потоков информации о безопасности. Более того, долгое время считалось безнравственным регламентировать риск в качестве показателя безопасности. В результате игнорировался принцип принятия решений на основе фактов.

Осознание обществом факта вероятностной природы аварий привело к смене концепций обеспечения безопасности. В результате в настоящее время в мире складывается концепция «приемлемого риска», основу которой составляют методы вероятностного анализа безопасности. При этом предполагается, что нормативное (критериальное) значение риска является производным от уровня экономики страны. Чем выше уровень экономики, уровень производственных отношений, культура безопасности, принятые в стране, тем выше уровень предъявляемых обществом требований к безопасности потенциально опасных объектов, т. е. тем ниже значение приемлемого (допустимого) риска. По мере развития экономики требования к безопасности должны повышаться, а значение приемлемого риска – снижаться. Введение риска аварии в качестве универсальной характеристики безопасности означало в некотором смысле революцию во взглядах на управление безопасностью.

По-видимому, первый успешный опыт применения вероятностного анализа безопасности (ВАБ) был продемонстрирован в отчете WASH-1400 группы американских ученых под руководством

Н. Расмуссена в 1975 г., в котором были рассмотрены вероятностные сценарии аварии атомной станции (АС). Впоследствии оказалось, что в этом отчете был предсказан один из сценариев развития аварии на АС «Three Mile Island II». Для определения важнейших последовательностей развития аварий в WASH-1400 применялись анализы вида «дерево событий» и «дерево отказов», методология которых рассмотрена ниже.

В то же время у определенной части инженерно-технической общественности бытовало скептическое отношение к его методам и результатам. Однако по мере совершенствования ВАБ выяснилась его эффективность, особенно в ситуациях, когда вероятностный анализ не подменял традиционные расчеты, а дополнял их. В настоящее время известны многочисленные положительные результаты применения ВАБ. Например, ВАБ, выполненный для АЭС «Zion» (США), выявил один тип аварии, вносящий наибольший вклад в риск тяжелой аварии, связанной с плавлением активной зоны, в результате чего расчетная частота ее разрушения превышала 10^{-4} событий в год. По этой причине была выполнена модернизация энергоблока АЭС, что привело к снижению значения риска аварии до $6 \cdot 10^{-5}$ событий в год.

В этот же период окончательно оформилось место теории безопасности – анализ опасностей и анализ рисков, включая риски для населения и оператора, с целью выявления исходных событий серьезных аварий, исследования просчетов при проектировании, изготовлении и эксплуатации, устранения коренных причин аварий.

Следует подчеркнуть, что при анализе безопасности роль традиционных методов надежности второстепенная, «подсобная», поскольку они предназначены для расчета вероятностей наступления отказов, рассматриваемых как исходные события аварий, или для анализа вероятностей реализации возможных аварийных путей. В отдельных случаях методы теории надежности могут

применяться для анализа безопасности, но в этом случае требуется, кроме расчета вероятности отказа, оценить и его последствия.

7.2. Концепции абсолютной безопасности и допустимого риска

Современная методология анализа риска опирается на теорию допустимого риска. Допустимый риск – это риск, который в данном контексте считается допустимым при *существующих общественных ценностях*. Как следует из приведенного определения, допустимый риск является производным от принятых в обществе морально-этических норм: чем они выше, тем ниже допустимый риск; чем ниже общественная мораль, тем выше допустимый риск и соответственно ниже безопасность. Сравнение данных о техногенных катастрофах в экономически развитых странах, с одной стороны, и, например в Китае или Индии, подтверждает этот тезис.

Таким образом, современная теория безопасности вынужденно оперирует категориями общественных ценностей, которые, в свою очередь, зависят от морально-этических норм, явно или неявно исповедуемых обществом. В связи с этим интересно проследить, какие моральные доктрины могут лежать в основе теории безопасности.

Чтобы выяснить ответ на этот вопрос, целесообразно проанализировать современную методологию менеджмента риска, отраженную в ряде документов. Согласно им менеджмент риска осуществляется с помощью алгоритма общей оценки риска, представленного на рис. 7.1. Как следует из этого алгоритма, центральный блок управления и оценки связан со сравнением расчетного значения риска с допустимым. В свою очередь, допустимый риск основывается на совместном экономическом учете преимуществ, которые обеспечивает применение продукции, характеризуемой некоторым риском r , и ущерба (потерь), который может быть причинен в процессе использования продукции с этим риском.

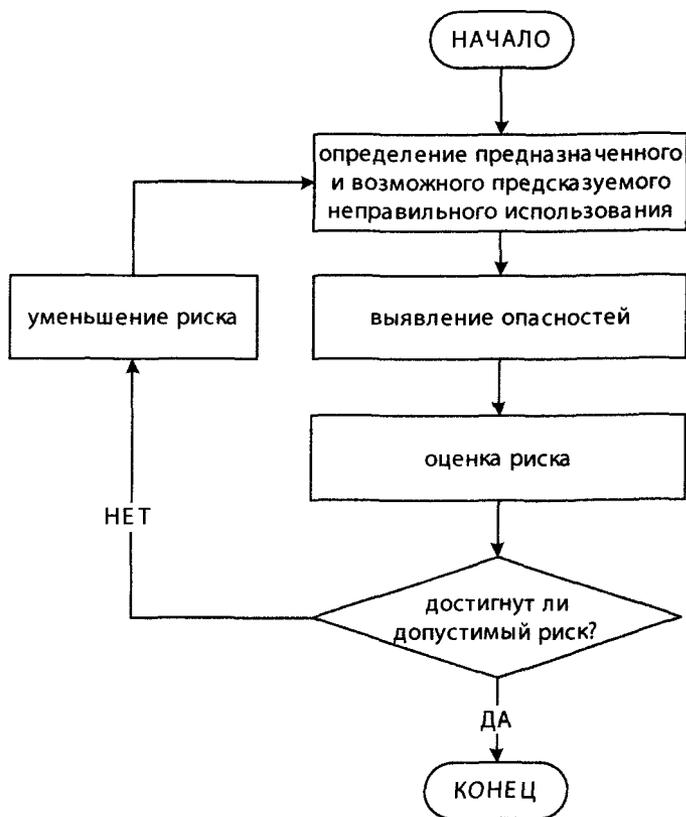


Рис. 7.1. Итеративный алгоритм управления риском на основе концепции допустимого риска

Тогда допустимый риск r_{opt} – это аргумент, обеспечивающий минимум величины Z , являющейся суммой двух составляющих: $X(r)$ – приведенных доходов, которые формируются в процессе применения продукции с риском r , и $Y(r)$ – расходов, связанных с обеспечением безопасности, характеризуемой риском r , а также ущербов, обусловленных риском r . Другими словами:

$$r_{opt} = \arg \min_r Z(r) = \arg \min_r [X(r) + Y(r)]$$

Значение r_{opt} может быть принято в качестве допустимого (критериального) риска. На рис. 7.2 представлена графическая иллюстрация этого выражения.

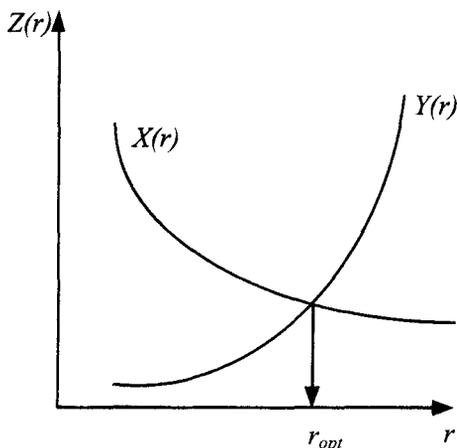


Рис. 7.2. Графическая иллюстрация поиска допустимого риска r_{opt}

Безусловно, расчеты значений слагаемых $X(r)$ и $Y(r)$ представляют собой очень сложную задачу, которая в большинстве случаев не поддается формализации. Однако важно осознать, что при анализе допустимого риска и управлении риском общество или лица, выступающие от его имени, пытаются учесть пользу, которую может принести применение продукции, характеризуемой риском r , с одной стороны, а с другой — учитывают её возможный вред.

Такой подход полностью идентичен морально-этическим концепциям консеквентализма (от лат. *consequens* — следствие, вывод, результат). Консеквентализм как моральная теория, сформировался в западноевропейских странах, исповедующих протестантскую религию, в XVIII в. Основными его носителями были такие философы, как Х. Вольф, Дж. Локк, Г. В. Лейбниц.

Вот, что, например, писал Вольтер по этому поводу: «...добро-

детель и порок, моральное добро и зло во всех странах определяется тем, полезно или вредно данное явление для общества». Логика консеквентиализма заключается в том, что действие является морально оправданным тогда, когда благоприятные последствия этого действия перевешивают отрицательные. Таким образом, вопрос о том, является ли поведение моральным, решается исключительно на основе сопоставления затрат (потерь) и выгод от последствий поведения. Разве это не полная аналогия управления риском, базирующегося на концепции допустимого риска?

Консеквентиализм требует, чтобы были выявлены все «хорошие» и «плохие» последствия поведения, чтобы потом проанализировать, чего же больше.

Концепция допустимого риска также требует, чтобы были проанализированы все возможные сценарии развития событий, и если преимущества от применения продукции перевешивают возможные потери, то такая продукция может быть допущена на рынок (поведение оператора рынка морально с точки зрения классического консеквентиализма).

Консеквентиализм условно можно разделить на 3 категории: *этический эгоизм* – действие является морально оправданным, если его благоприятные последствия перевешивают неблагоприятные с точки зрения лица, совершающего эти действия; *этический альтруизм* – действие является морально оправданным, если его благоприятные последствия перевешивают неблагоприятные для всех, кроме того, кто совершает эти действия; *утилитаризм* – действие является морально оправданным, если его благоприятные последствия перевешивают неблагоприятные для всех.

В аспекте безопасности продукции на практике наблюдаются в основном 2 рода поведения: действия, отвечающие этическому эгоизму, когда на рынок поставляется опасная продукция,

обеспечивающая при этом определенную прибыль оператору рынка, или утилитаризму, когда на рынок поставляется продукция, уровень риска которой не превышает допустимый.

Исследователи теории консеквентализма полагают, что этический эгоизм связан с психологическим эгоизмом, который заключается в том, что *все* действия индивида *всегда* обусловлены эгоистическими интересами и что это незыблемый факт человеческой природы. Важно подчеркнуть, что эмпирическим путем это утверждение нельзя ни установить, ни опровергнуть. Но отсюда вытекает очень важное следствие, касающееся поведения общества: если общество полагает, что этический эгоизм является объективно связанным с психологическим, т. е. присущ человеческой природе, значит, этот аспект следует учитывать в системе регулирования, в том числе технического. Игнорирование этого факта и идеализация человеческого поведения в технической сфере может нанести непоправимый вред как человеку, обществу, так и природе из-за некорректно сформированной системы технического регулирования. Следовательно, если в обществе присутствует мораль этического эгоизма, которая является *объективным* отражением черт, присущих индивидам, формирующим общество, то государство, устанавливая «правила игры» в определенной сфере должно учитывать это явление. Например, в современном российском обществе, к сожалению, наблюдаются черты этического эгоизма, и значит, в области технического регулирования нельзя отказываться от обязательного подтверждения соответствия продукции требованиям регламента перед размещением продукции на рынке. В противном случае психологические эгоисты в погоне за прибылью могут поставлять на рынок очень опасную продукцию. Элементы такого эгоизма можно также наблюдать и в современном Китае.

По сравнению с эгоизмом утилитаризм в моральном плане выглядит более привлекательным. Однако он всё равно не решает всех этических проблем, связанных с заданием требований безопасности. Самая главная проблема применения потенциально опасных объектов заключается в *распределении риска*: источник опасности обеспечивает существенные выгоды обществу в целом, а риск или точнее вред приходится на население, живущее вблизи опасных объектов. Таким образом, утилитаризм в полной мере не решает задачу оправдания допустимого риска, во всяком случае, для того круга лиц, которые могут стать потенциальными пострадавшими.

Фактически консеквентиализм – это способ успокоить совесть общества путем подмены нравственных понятий вполне осязаемыми (конкретными – в современной терминологии) понятиями пользы для общества. Однако, как это объяснить, например, семьям лиц, заболевших раком лёгких, живущих вблизи ТЭЦ? Очень сложно сводить нравственность к арифметике: например, 20 потенциальных фатальных исходов на всё население страны – это допустимо, а 200 фатальных исходов – это много. Кто установил эти бездушные формальные критерии?

Выход из этого морального тупика заключается в том, что общество, понимая эту ситуацию, часть средств, полученных за счет применения таких объектов, должно тратить на компенсацию *безопасности населения* и окружающей среды, создавая, например, специальные фонды, системы страхования, реализуя специальные медицинские и социальные программы помощи населению и т. п.

Кроме того, общество, а точнее – государство, через систему регулирования, в том числе, технического, должно понуждать операторов рынка, исповедующих моральный эгоизм, «играть» по корректным правилам, например выполнять требования технических регламентов.

Еще одна этическая проблема утилитаризма применительно к безопасности заключается в том, что, допустимый риск принимается на уровне вероятности несчастного случая в естественных условиях проживания (обитания) или вероятности природных катастроф.

В табл. 7.1 приведены критериальные значения рисков фатального исхода для некоторых видов деятельности (данные Института медико-биологических проблем), а в табл. 7.2 – критериальные значения риска для промышленных объектов.

Таблица 7.1

Критериальные значения риска фатального исхода в результате природных явлений и для некоторых видов деятельности

Вид опасности	Значение риска, 1/ч
естественная среда обитания	10^{-12}
ураганы, гроза, радиоактивные вещества в товарах	10^{-11}
тайфуны, укусы ядовитых насекомых, землетрясения	10^{-10}
огнестрельное оружие в быту, взрыв газа в многоквартирных домах	10^{-9}
болезни в возрасте 10–14 лет	10^{-8}
болезни в возрасте 30–35 лет, езда на велосипеде, охота, полеты на самолете	10^{-7}
курение, болезни в возрасте 60–69 лет	10^{-6}
испытания самолетов	10^{-5}
скачки, регулярные полеты на военных самолетах	10^{-4}
участие в спортивных автогонках	10^{-3}

Таблица 7.2

Критериальные значения риска аварии для некоторых объектов

Тип объекта	Значение риска, 1/год
реакторы, активная зона	10^{-7}
реакторы, первый контур	10^{-6}
ракетно-космические системы	10^{-4}
турбогенераторы	10^{-4}
летательные аппараты	10^{-4}
трубопроводы	$2 \cdot 10^{-3}$

Этим самым общество «защищается» перед лицами, которые пострадали в результате техногенных происшествий, как бы уверяя пострадавших, что ситуация в целом с безопасностью находится на уровне природных катаклизмов, а с последними ничего сделать нельзя. На самом деле имеет место определенное смещение понятий: природную катастрофу в большинстве случаев действительно остановить невозможно. Пострадавшие от природных катастроф, обладают, как правило, «свободой выбора», например, могут сменить место жительства, т. е. в некотором смысле они могут «управлять» своим риском. Однако техногенная авария в большинстве случаев обусловлена или техническими причинами, или ошибками человека (персонала), или комбинацией причин, когда у пострадавшего (если он сам не относится к персоналу) такой «свободы выбора» нет.

Альтернативой утилитаризму может выступать моральная теория самоограничения общества, предложенная в XIX в. американским философом и писателем Г. Торо. С точки зрения этого подхода не надо выпускать на рынок такую продукцию, которая может нанести вред человеку, а есть смысл подождать (самоограничиться), пока не будет создана безопасная продукция. Критика этой теории

заключается в том, что принципиально не может быть создана продукция, обладающая *абсолютной безопасностью*, и, следовательно, самоограничение может приводить к застою, регрессу.

Другую парадигму, с точки зрения нормирования риска, порождает *телеология* (греч. *telos* – цель, *logos* – учение), которая представляет собой философскую доктрину о целесообразности отдельных объектов, процессов и бытия в целом. Телеологизм предполагает, что имеется определенная целесообразность преобразования объекта (предмета) для задания ему конкретной цели, например, безопасности. Согласно телеологической доктрине наличие целевой причины характеризует не только человеческую деятельность, но и результаты этой деятельности, а также объекты природы. Например, Аристотель утверждал, «природа ничего не делает напрасно», и поэтому каждая вещь, каждый объект стремиться к самоосуществлению (самореализации).

Некоторые аспекты телеологии лежат в основе принципов механики (например, принцип Ле Шателье), вариационного исчисления (задача о прогибе тяжелой цепи), системного подхода фон Берталанфи. Все указанные принципы и подходы неявно предполагают наличие цели объекта. Например, согласно принципу Ле Шателье изменение внешних условий равновесной системы *вызывает у неё реакции*, противодействующие производимому изменению.

С точки зрения морального телеологизма объект создается для того, чтобы быть безопасным в аспекте современных возможностей субъекта, в противном случае нет смысла его создавать. Таким образом, морально оправданным выглядит принцип нормирования безопасности, который в англоязычной литературе обозначается аббревиатурой ALAP (от англ. *as low as possible* – так низко, как только возможно). Другими словами, риск должен быть настолько низким, насколько это возможно при существующем уровне развития

материально-технической базы. Нормирование безопасности на основе принципа ALAP выглядит более оправданным (моральным), чем нормирование на основе допустимого риска, хотя бесспорным не является. Дело в том, что размытым выглядит условие «насколько это возможно при существующем уровне развития материально-технической базы». Реализация этого тезиса на практике означает формирование специальных общественных и государственных институтов, которые бы следили за развитием научно-технических достижений и пересмотром норм безопасности. Такой подход, представляется очень затратным.

Следует иметь в виду, что принципы утилитаризма и телеологии в неявном виде присутствуют в смежных отраслях, касающихся аспектов безопасности. Например, при исследовании допустимости клинических испытаний на людях с этической точки зрения применяют 2 подхода: 1) анализ соотношения риск – польза (основа – утилитаризм); 2) оценка и минимизация риска (основа – телеология).

И телеологическая доктрина и утилитаризм являются альтернативой механистическому детерминизму лапласовского типа. Детерминизм предполагает наличие однозначных причинно-следственных связей между аргументом и функцией. Такой подход, например, рассматривает человека только как некоторый элемент машины, полностью игнорируя свободу воли оператора. Между тем по разным оценкам свыше 40 % аварий в мире происходит именно из-за ошибок человека. Детерминизм в философском аспекте адекватен детерминизму в обеспечении безопасности, когда рассматривается единственный сценарий развития наиболее тяжелой нештатной ситуации или максимальной проектной аварии. При этом все меры безопасности анализируются именно с точки зрения развития такой аварии. Исследование сценариев

реальных аварий показывает, что, как правило, они развиваются не по схемам максимально проектных аварий, что лишний раз свидетельствует о неадекватности детерминизма, как основы нормирования и обеспечения безопасности.

Подведем итог: этическая точка зрения, принятая в современном обществе применительно к безопасности, основывается на двух теориях, которые не исключают друг друга: консеквентализме, предполагающем одновременный анализ выгоды и ущерба, и телеолизме, предполагающем возможную минимизацию риска. Устанавливая требования безопасности в технических регламентах с учетом риска причинения вреда, государство фактически даёт «добро» на несколько фатальных исходов, на несколько несчастных случаев, на несколько вариантов причинения вреда. Но тогда государство должно озаботиться судьбами тех, кому был или может быть причинен вред.

Обе теории в полной мере не могут «оправдать» наличие остаточного риска причинения вреда, и поэтому государство обязано формировать компенсационные механизмы, направленные на снижение последствий проявления остаточного риска на практике (системы социальной помощи пострадавшим, специальные страховые фонды и т. п.). Отсутствие таких (или других) компенсационных механизмов может свидетельствовать о моральной незрелости государственных институтов.

8. Система менеджмента риска как составная часть менеджмента организации

8.1. Перспективы перехода к менеджменту риска

Бизнес-организация состоит из ряда менеджментов: производства, финансов, экономики, безопасности, экологии, качества. Несмотря на существенные различия между системами этих менеджментов, между ними имеется и много общего. Это обстоятельство создает предпосылки для интеграции этих менеджментов в единую интегрированную систему.

Требования стандарта ГОСТ Р ИСО 9001–2001 создают условия для управления риском. Они включают в себя, следующие пункты:

- идентификация факторов риска;
- требования к экологии (ГОСТ Р ИСО 14001);
- требования к безопасности и охране труда;
- требования к гигиене (условия труда);
- требования к качеству продукции и системы менеджмента качества;
- наличие критериев для оценки риска по экономическим и техническим характеристикам бизнеса;
- уменьшение риска за счет внедрения менеджмента риска.

Любая деятельность в сфере бизнеса сопряжена с применением конкретных решений по всем видам многогранной производственной деятельности.

Риск может быть связан с принятием решений на производстве о сроках изготовления той или иной продукции, в экономической

деятельности – при определении себестоимости продукции, в технической деятельности – при определении технических характеристик изделий и т. д.

Каждый раз, когда принимается решения, решается одна и та же задача: насколько затраты на принятое решение соответствуют оптимальному уровню затрат, при которых принятые решения эффективны, а бизнес приносит максимально возможную прибыль. Понятие «качество» имеет смысл только в том случае, когда известна сумма общих затрат, которые необходимо произвести, чтобы обеспечить это качество и удовлетворить конкретную потребность.

Разработка критериев менеджмента риска минимизирует уровень затрат за счет определения степени риска от неправильного принятого решения.

Стоимость правильно и неправильно принятого решения составляет величину, определяющую какой ценой обеспечивается степень риска, и оправдана ли она экономически.

Все вышеперечисленные рассуждения верны только в тех случаях, когда разговор не идет о жизни человека и вреде окружающей среде. В этих случаях степень риска заранее определена государственными директивными документами, которые должны гарантировать, что при выполнении всех требований этих документов степень риска причинения вреда жизни человека и окружающей среде равна нулю или минимальна. Во всех других случаях определение степени риска сводится к минимизации затрат для достижения заданных или установленных требований.

Система менеджмента качества по ГОСТ Р ИСО 9001–2001 может служить основой для перехода к менеджменту риска, т. к. в системе имеются:

– документированные процедуры, процессы, рабочие инструкции, которые однозначно регламентируют их выполнение;

- нормативные документы, регламентирующие требования к продукции;
- ресурсы и персонал, закрепленные за процессами и бизнес-процессами;
- доверие кредиторов (банков, акционеров, инвесторов) к руководству организации за счет прозрачности бизнеса;
- процедура оценки риска за счет всех вышеперечисленных преимуществ.

В общем случае переход организации к менеджменту риска может происходить по следующим направлениям:

1) стратегическое:

- коммуникации менеджмента;
- технологический риск;
- управление персоналом;

2) рыночное:

- риск заказа;
- конъюнктура рынка;
- новая продукция;
- конъюнктура риска труда;

3) правовое:

- обязательства по санкциям;
- национальное право;

4) кредитное:

- контроль затрат;
- обеспечение экономической стабильности;

5) производственное:

- охрана персонала, оборудование, экология;
- планирование мероприятий на случай форс-мажорных обстоятельств.

Таким образом, система менеджмента качества может служить фундаментом, на котором может быть разработан и внедрен менеджмент риска.

8.2. Свойства системы менеджмента риска

Независимо от причин возникновения риска, естественным является желание каждого субъекта уменьшить возможные потери, связанные с реализацией данного риска. Это осуществляется путем принятия управленческих решений, в ходе реализации которых и происходит управление риском, называемое также риск-менеджментом.

1. *Системный характер менеджмента риска*: это свойство очень важно, т. к. подразумевает комплексное рассмотрение совокупности всех рисков как единого целого, с учетом всех взаимосвязей и возможных последствий. Кроме получения общей картины, это позволяет учесть не только воздействие инструментов управления риском на тот риск, для борьбы с которым они предназначены, но и их влияние (положительное или отрицательное) на другие риски в зависимости от их места и связей внутри системы, а также появления новых рисков. Такое исследование предполагает рассмотрение таких аспектов менеджмента риска, как:

– *целостность*, т. е. ориентация на общую оценку совокупности рисков и борьбу с негативными последствиями их реализации с учетом характера взаимосвязи между этими рисками;

– *комплексность*, т. е. необходимость учета сложности объекта управления (совокупности рисков), включая взаимосвязь между рисками, всевозможные последствия проявления риска и особенности влияния предлагаемых процедур на риск (в том числе ситуаций, когда борьба с одними рисками порождает другие);

– *способность системы к интеграции новых элементов*, т. е. возможность гибкого реагирования всей системы на появление

новых рисков, в том числе и порожденных самой системой управления риском.

2. *Сложная структура системы менеджмента риска*: данное свойство подразумевает не только необходимость одновременного анализа большого числа рисков разной природы, т. е. значительную неоднородность совокупности рисков, но и особенности взаимозависимости между рисками, а также возможность ее использования для решения проблем разного уровня. Кроме того, это свойство предполагает изучение характера и степени влияния большого числа факторов на развитие рискованной ситуации и возникновения неблагоприятных последствий. При таком исследовании необходимо учитывать следующие аспекты системы управления риском:

- *многофункциональность и универсальность*, т. е. способность бороться с рисками разной природы и различными последствиями их реализации;

- *модульность*, т. е. возможность использования различных сочетаний процедур управления риском в разных ситуациях, что позволяет учесть специфику конкретной ситуации и при необходимости настроить указанную систему на решение индивидуальных потребностей пользователей;

- *многоуровневость*, т. е. обеспечение подходящей иерархической структуры принятия решений, которая обеспечивает адекватное распределение полномочий и ответственности.

3. *Высокая результативность системы менеджмента риска*: это свойство отражает способность исследуемой совокупности мероприятий к снижению возможности возникновения неблагоприятных событий и/или к преодолению их последствий. Указанная система, очевидно, должна оперативно реагировать на изменение условий, т. е. должна обладать развитыми контурами обратной связи, а кроме того, генерировать и воплощать в жизнь

действенные решения, ориентированные на достаточно быстрое достижение искомого результата (уменьшение экономических потерь). Для обеспечения подобных требований система управления риском должна обладать следующими свойствами:

– *гибкостью и адаптивностью*, т. е. способностью к приспособлению к стремительно изменяющимся условиям, высокой скоростью реагирования, способностью быстро справляться с неблагоприятными ситуациями;

– *адекватностью*, т. е. соответствием реализуемых процедур управления риском конкретной ситуации, выражающейся в способности оперативно выделять все ресурсы, необходимые для достижения поставленных целей;

– *эффективностью*, т. е. способностью преодолевать негативные последствия возникновения неблагоприятных ситуаций при минимальном объеме соответствующих ресурсов. В частности, система управления риском должна обеспечивать чистый эффект: затраты на риск-менеджмент и размер возможного ущерба после выполнения процедур и методов управления риском должны быть меньше потенциального ущерба до проведения мер по защите фирмы от риска.

Таким образом, менеджмент риска обладает всеми характеристиками относительно обособленной системы, что свидетельствует о возможности и необходимости его использования.

8.3. Основные принципы построения системы менеджмента риска

К основным принципам управления рисками на уровне фирмы могут быть отнесены следующие:

- *система менеджмента риска (СМР) является частью процедур общего менеджмента фирмы, что означает ее соответствие стратегии развития фирмы и институциональным особенностям ее функционирования;*

- *особенности СМР отражаются на 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 фирмы;*

- *в отношении всей совокупности рисков должна проводиться единая политика по менеджментом риска, что требует комплексного и одновременного управления всеми рисками;*

- *процесс менеджмента риска носит динамический характер, что связано с непрерывным характером принятия решений, касающихся управления риском.*

Эти основные принципы характеризуют особенности системы менеджмента риска и в целом проявляются на практике во всех случаях. При этом их конкретная реализация может быть различной.

8.4. Менеджмент риска и организационная структура менеджмента

Единство СМР и общего менеджмента компании проявляется на уровне не только согласования целей, но и увязки соответствующих процедур принятия решений. Это предполагает учет специфики организационной структуры фирмы и особенностей принятия решений менеджерами при управлении рисками.

Управление риском не может быть обособлено от основной сферы деятельности фирмы: в конце концов, риск-менеджмент как раз и нужен для обслуживания последней. Это, в частности, означает, что решения в области менеджмента риска должны быть согласованы с решениями о ведении бизнеса фирмы.

Такое согласование происходит на практике по-разному, но в целом можно выделить 2 основных подхода:

– *проведение специальных мер по согласованию*, в частности, регулярных совещаний и планерок с обсуждением проблем управления риском;

– *сочетание решений по общему менеджменту с решениями по управлению рисками*, т. е. создание такой системы, когда часть решений по управлению рисками принимают линейные менеджеры (например относительно снижения производственных рисков за счет профилактики оборудования и других подобных мер).

Как правило, на практике имеет место определенное сочетание этих подходов.

Процедура подобного согласования чрезвычайно важна еще и потому, что принятие решений по управлению рисками зачастую предполагает наличие определенных специализированных профессиональных знаний. Так, выявление и анализ рисков, связанных с производством продукции, предполагает, что риск-менеджер должен быть хорошо знаком с самой технологией производства продукции. Если же она является сложной, менеджер должен принимать решение лишь после его согласования со специалистами фирмы, а в ряде случаев – и с руководством фирмы. Последнее особенно необходимо в отношении рисков, связанных с возможными большими финансовыми потерями.

Кроме того, руководство и специалисты фирмы могут владеть дополнительной текущей информацией, так что ее оперативное

уточнение позволит принять более адекватное решение. Так, уточнение с руководством вопроса об учете обязательств, имеющих у других субъектов перед данной фирмой, может оказаться целесообразным, т. к. не все обязательства других субъектов перед данной фирмой могут быть выполнены безоговорочно.

8.5. Цели и задачи системы управления риском

Цели СМР: главной целью системы менеджмента риска является обеспечение успешного функционирования фирмы в условиях риска и неопределенности. Это означает, что даже в случае возникновения экономического ущерба реализация мер по управлению риском должна обеспечить фирме возможность продолжения операций, стабильность и устойчивость соответствующих денежных потоков, поддержания прибыльности и роста фирмы, а также достижения прочих целей.

Таким образом, программа управления рисками, будучи встроенной в общую систему принятия управленческих решений, носит служебный, подчиненный характер по отношению к основной деятельности фирмы. Как уже подчеркивалось, цели и задачи СМР должны быть согласованы с целями и миссией фирмы, а предлагаемые методы борьбы с рисками должны быть адекватны бизнесу данной хозяйственной единицы.

Кроме главной цели, СМР имеет ряд вспомогательных целей. Прежде всего, к ним можно отнести следующие:

– *обеспечение эффективности операций:* достижение этой цели означает получение экономии на издержках с учетом возможного случайного ущерба, т. е. предполагает увеличение затрат на проведение мероприятий по управлению риском с целью определенной защиты от слишком больших потерь, хотя и возникающих с небольшой вероятностью;

– *установление подходящего уровня неопределенности в отношении возникновения возможного ущерба*: данная цель предполагает снижение риска до приемлемого уровня, если от него нельзя избавиться полностью;

– *законность действий*: это очень важная цель, т. к. незаконные действия, возможно, защищая от одних рисков, будут провоцировать возникновение других, и такой подход будет противоречить главной цели системы управления риском, СМР;

– *прочие цели*: состав и содержание подобных целей зависит от специфики защищаемого бизнеса и мероприятий по управлению рисками. Примером могут служить гуманитарные цели, т. е. соответствие предлагаемых мер общественно приемлемым этическим нормам.

Таким образом, в зависимости от специфики рисков и мер по управлению ими возникает определенная иерархия целей системы менеджмента риска. Тем не менее, взаимоотношения между данными целями более сложные, чем достаточно простое иерархическое упорядочение. В связи с этим при разработке системы целей управления риском должны выполняться следующие *дополнительные требования*:

– *следует определить степень необходимости их реализации*, т. е. упорядочить цели в соответствии с их приоритетностью, и установить, как могут повлиять на деятельность фирмы разные группы целей, выделенные по такому критерию;

– *необходимо оценить потребность в ресурсах для достижения целей*. Обеспечение одних целей требует больших усилий и ресурсов, чем других, так что учет этого обстоятельства чрезвычайно важен для понимания возможностей СМР и ее целей;

– *следует учитывать взаимосвязь и противоречивость целей*, т. е. принимать во внимание тот факт, что достижение одних целей

может способствовать или, наоборот, препятствовать достижению других. Иными словами, учет внутренних связей между исследуемыми целями позволяет повысить эффективность всей системы управления риском фирмы.

Задачи СМР: задачи СМР конкретизируют поставленные цели. Они более тесно связаны со спецификой риска и методами управления им.

Задача выявления возможных рисков является исходным пунктом всей системы управления рисками, т. к. именно здесь определяется, с чем столкнется менеджер по рискам, какие действия он может предпринять, и насколько они будут эффективны.

На основе этого ставится задача выявления влияния рисков на деятельность фирмы. Это обеспечивает информационную базу для дальнейшего процесса принятия решений.

Определение принципов и процедур управления риском и оценка финансовых потерь, связанных с экономическими рисками, определяют соответственно методологические и финансовые границы возможных мероприятий.

Центральной группой задач является формирование и реализация программы управления риском, включающей перечень мер по снижению и ликвидации неблагоприятных последствий, и критерии результативности их реализации.

Наконец, решение задач оценки эффективности этих мероприятий обеспечивает обратную связь с перечисленными задачами.

8.6. Организация СМР в организации

Система менеджмента риска должна обеспечивать выполнение целого ряда управленческих целей организации. Она может выступать в качестве основы всей управленческой деятельности, на ее базе может строиться управленческая стратегия и система контроля.

Ниже следует иерархия целей и этапы разработки системы управления совокупным риском организации, требующая следующего:

- сформулировать на концептуальном уровне видение, стратегии и задачи управления организацией и уточнить их на предмет взаимосвязи и внутренней логики;
- установить принципы определения, оценки и диагностики риска в качестве основы при постановке приоритетных стратегий и задач;
- использовать данные принципы в качестве базы для создания важнейших процедур управленческого контроля, в том числе при создании схемы организационной структуры, подготовке документов о делегировании полномочий, а также технических заданий основных и вспомогательных подразделений;
- определить процедуры обеспечения ответственности, самооценки и оценки результатов деятельности в соответствии с принципами управления риском и системы контроля; использовать данные процедуры в качестве факторов совершенствования процесса управления;
- ориентируясь на вышеупомянутые принципы и процедуры, следует разработать механизм мониторинга и обратной связи в целях обеспечения высокого качества процедур, оценки и проверки их соблюдения.

СМР предполагает всесторонний анализ совокупности имеющихся рисков, их идентификацию, оценку и выработку механизмов контроля. Требование системного подхода предполагает максимальный охват всех видов риска. Это обуславливает необходимость их четкой классификации.

Проблема управления рисками не может быть эффективно решена набором отдельных мероприятий и услуг. Данная задача решается исключительно внедрением комплексной технологии

управления рисками, затрагивающей все аспекты деятельности компании. В основе технологии должен лежать принцип, согласно которому ни одно бизнес-решение не может быть принято без понимания степени риска, адекватного принимаемому решению.

Результатами развития управленческих технологий принятия решений и минимизации возможных потерь явилась концепция комплексного (глобального) управления рисками.

Комплексное управление рисками должно являться неотъемлемой частью стратегического и оперативного управления любой компанией, стремящейся стать лидером на рынке.

Эффективное функционирование системы менеджмента риска требует соблюдения ряда следующих принципов, которые должны быть заложены в нее на этапе ее проектирования и построения:

- максимальный охват совокупности рисков предусматривает стремление к наиболее полному охвату возможных сфер возникновения рисков, что позволяет свести степень неопределенности к минимуму;

- минимизация влияния рисков требует усилий в направлениях минимизации спектра возможных рисков и степени их влияния на деятельность компании;

- адекватность реакции на риски предполагает возможность адекватной и быстрой реакции на все изменения в совокупности рисков;

- принятие обоснованного риска, т. е. принятие риска возможно лишь в том случае, если он идентифицирован и оценен, выработан и внедрен механизм его мониторинга.

Функции, возлагаемые на систему управления риском, определяют содержание самого процесса управления, которое сводится к следующей последовательности работ:

- разработка политики в области управления риском;

- анализ ситуации риска, т. е. выявление факторов риска и оценка его возможного уровня, прогнозирование поведения хозяйственных субъектов в этой ситуации;
- разработка альтернативных вариантов решения и выбор наиболее приемлемого и правомерного из них;
- определение доступных путей и средств минимизации риска;
- подготовка и планирование мер по нейтрализации, компенсации ожидаемых негативных последствий риска.

8.7. Алгоритм менеджмента риска организации

Алгоритм управления рисками организации представляет собой непрерывный замкнутый цикл, состоящий из восьми этапов и включающий комплекс организационно-экономических и управленческих мероприятий на трех стадиях: подготовки, принятия решения и реализации.

Стадия подготовки включает в себя процедуры выявления и классификации рисков в различных сферах повышенного риска предприятия.

Стадия принятия решения представляет собой идентификацию проблемы и заключается в определении основных параметров рисков: силы, вероятности возникновения, синергичности, степени опасности.

Стадия реализации включает использование методов управления рисками, мониторинг уровня рисков, контроль и оценку результатов проведенных мероприятий, переход к анализу ситуации.

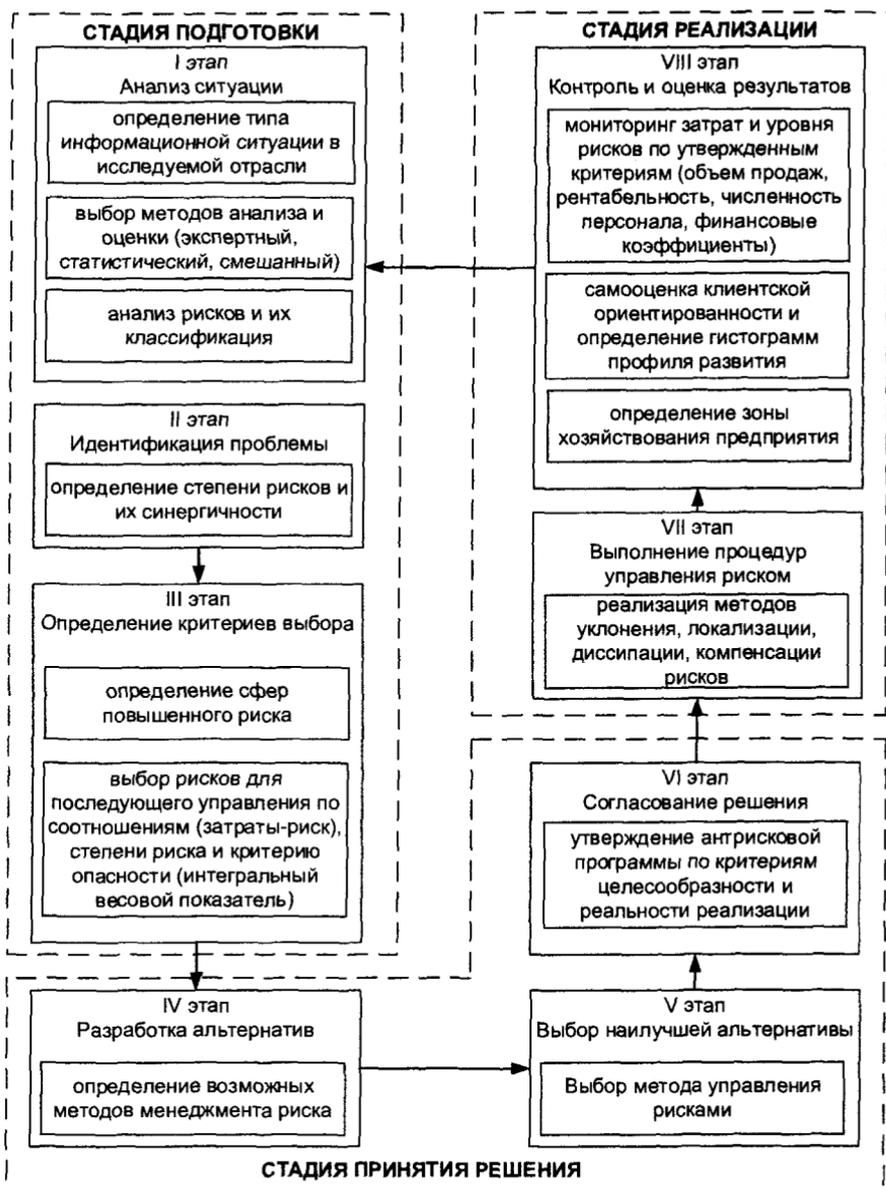


Рис. 8.1. Схема алгоритма управления рисками организации

8.8. Менеджмент риска как составляющая системы менеджмента качества в стандартах серии AS 9100

Руководством крупнейших российских корпораций авиационной отрасли (ОАО «ОАК», ОАО «Вертолеты России», УК «ОДК»), а также руководством ряда предприятий, выпускающих продукцию авиационной промышленности, принято политическое решение о внедрении в СМК управляющих компаний этих корпораций и в СМК входящих в эти корпорации предприятий международных стандартов серии AS 9100.

Система стандартов разработана Международной группой по вопросам качества аэрокосмической промышленности (IAQG), которая включает в себя представителей компании Северной и Южной Америки, Азиатско-Тихоокеанского региона и Европы и пользуется поддержкой со стороны всех предприятий и корпораций – мировых лидеров в авиастроении.

Это признанная во всем мире система международных стандартов, регламентирующих требования к СМК различных организаций, работающих, в первую очередь, в авиационной и космической промышленности.

Документы системы стандартов серии AS 9100 устанавливают следующее:

- требования к СМК авиационных, космических и оборонных организаций;
- рекомендации СМК авиационных, космических и оборонных организаций;
- рекомендации по сертификации СМК авиационных, космических и оборонных организаций.

Риск в AS 9100 определен как «сочетание вероятности возникновения нежелательной ситуации или обстоятельств и потенциально негативных последствий».

При выработке и анализе требований, касающихся продукции, определяются *особые требования* – требования, определенные потребителем или установленные организацией, при выполнении которых возникает высокий риск, что требует включения их в процесс управления риском.

В качестве особых требований могут выступать следующие:

- эксплуатационные требования;
- требования, установленные потребителем и находящиеся в пределах отраслевых возможностей;
- требования, определенные организацией с целью соответствия диапазону своих технических или технологических возможностей и т. д.

В стандарте определены понятия критических элементов и ключевых характеристик: критические элементы согласно AS 9100C – элементы, которые оказывают существенное влияние на создание и применение продукции, включая безопасность, эффективность, пригодность, возможность производства, срок эксплуатации.

Ключевые характеристики согласно AS 9100C – характеристики или свойства, вариации которых оказывают существенное влияние на пригодность, функции, эксплуатацию, срок службы продукции или возможность ее изготовления.

Критическими элементами согласно AS 9100C могут быть следующие:

- комплектующие;
- программное обеспечение;
- характеристики продукции (в том числе ключевые характеристики);
- процессы;
- несоответствия (критические) и т. п.

Критические элементы и ключевые характеристики требуют

конкретных действий для обеспечения адекватного управления ими. Если использовать одинаковые методы управления для всех элементов и характеристик, то наиболее важные элементы и характеристики, наиболее чувствительные к изменениям и оказывающие значительное влияние на создание продукции и на её эксплуатацию, включая безопасность, функционирование, срок службы и т. д. не получают достаточного внимания.

Целесообразнее уделить наибольшее внимание пусть и небольшому числу, но наиболее критичных элементов и ключевых характеристик (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Основные требования стандарта AS 9100 в отношении объектов «критические элементы» и «ключевые характеристики»

результаты проектирования и разработки	результаты проектирования и разработки должны следующее: определять характеристики продукции, которые являются существенными для ее безопасного и надлежащего использования; определять, где применимо, все критические элементы, включая любые ключевые характеристики и конкретные действия в отношении таких элементов
информация для закупок	информация для закупок должна содержать описание заказываемой продукции и включать, где применимо, критические элементы», включая «ключевые характеристики
управление производством и обслуживанием	планирование должно учитывать, где целесообразно установление, внедрение и поддержание в рабочем состоянии соответствующих процессов по управлению критическими элементами, включая средства управления процессами, где определены ключевые характеристики
мониторинг и измерение продукции	при определении критических элементов, включая ключевые характеристики, организация должна обеспечить управление ими в соответствии с установленными процессами

Ниже перечислены основные направления работ в области менеджмента риска, в соответствии с требованиями стандарта.

1. *Управление проектом*: организация должна планировать создание продукции и управлять им, используя структурированный и управляемый метод, с целью соответствия требованиям при допустимом риске, в рамках доступных ресурсов и графика.

2. *Процессы, связанные с потребителем*:

а) анализ требований, связанных с продукцией, должен проводиться *до принятия организацией обязательств по поставке продукции потребителю* и должен обеспечивать следующие моменты:

- особые требования к продукции определены;
- определены риски (например, использованы новые технологии, сокращены сроки поставки);

б) организация должна определить следующее:

- требования, определенные потребителем, включая требования к доставке и послепродажному обслуживанию;
- требования, не определенные потребителем, но необходимые для использования в заданных или предполагаемых целях, если о таковых известно;
- законодательные и нормативные требования, относящиеся к продукции;
- любые дополнительные требования, рассматриваемые организацией как необходимые.

Примечание: требования, относящиеся к продукции, могут включать особые требования.

3. *Закупки*: организация должна *определить риск и управлять им при выборе и использовании поставщиков*.

Таким образом, основным содержанием нововведений с СМК согласно новой версии международного стандарта AS/EN 9100:2009 являются:

- комплекс требований, направленных на более содержательную и стройную систему планирования создания продукции;
- менеджмент риска;
- управление конфигурацией;
- учет и менеджмент в СМК критических элементов и ключевых характеристик.

Основные проблемы, возникающие в процессе сертификации СМК предприятий авиастроительного профиля на соответствие AS 9100, связаны, в первую очередь, с необходимостью выполнения следующих моментов СМК:

- демонстрации работы системы менеджмента риска, прежде всего, при анализе требований потребителей (заказчика) и анализе контракта, а также в процессе закупок;

- более глубокого и четкого управления конфигурацией, относительно принятой в СМК предприятий ОПК России практики (с учетом выполняемых в СМК предприятий ОПК процессов и процедур, соответствующих по содержанию требованиям ГОСТ РВ 15.002–2003);

- более полного, системного и четкого выделения в СМК критических элементов и ключевых характеристик, а также методов управления этими объектами в СМК.

9. Анализ и оценка рисков [1.6]

9.1. Концепция анализа рисков

Наиболее полно концепция, процесс и методы анализа и оценки рисков применительно к технологическим системам регламентированы в стандарте ГОСТ Р 51901.1–2002 (поправка ИУС 8–2005) «Анализ риска технологических систем».

Система управления риском как любая система управления может быть укрупненно разделена на 2 части: информационная система, целью которой является получение информации о риске, и система принятия решений на основе полученной информации.

Рис. 9.1 иллюстрирует место и роль анализа и оценки в менеджменте риска.

Анализ риска представляет собой структурированный процесс, целью которого является определение как вероятности, так и размеров неблагоприятных последствий исследуемого действия, объекта или системы. В качестве неблагоприятных последствий здесь рассматривается вред, наносимый людям, имуществу или окружающей среде.

Посредством проведения анализа риска предпринимаются попытки ответить на 3 основных вопроса:

- что может выйти из строя (идентификация опасности);
- с какой вероятностью это может произойти (анализ частоты);
- каковы последствия этого события (анализ последствий).

Стандарт отражает современный практический опыт, накопленный в области выбора и применения методов анализа риска,

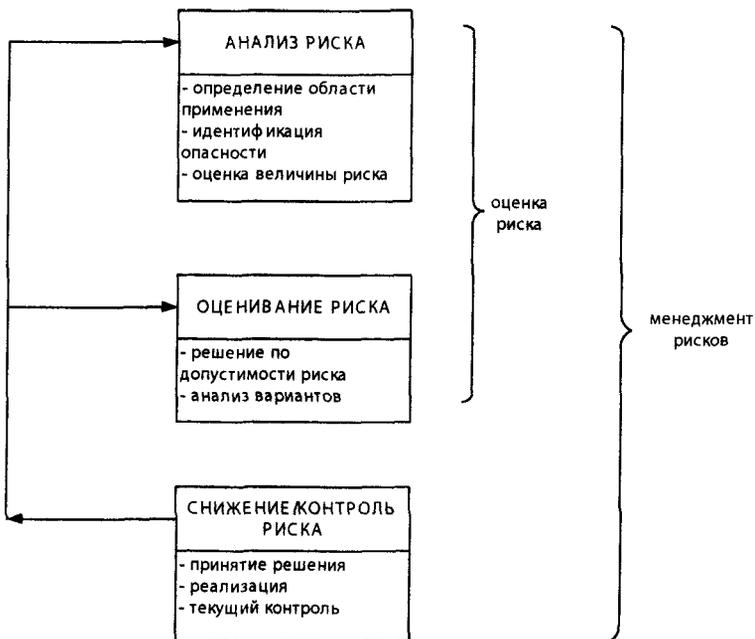


Рис. 9.1. Соотношения между анализом риска и другими действиями по управлению риском

и носит общий характер, он применим для многих отраслей и типов технических систем.

Анализ риска включает следующие моменты:

- идентификацию риска и определение подходов к решению связанных с ним проблем;
- использование объективной информации при принятии решений;
- удовлетворение регламентированных требований к риску.

Результаты анализа риска могут использоваться специалистом, принимающим решение при оценке допустимости риска, а также при выборе между потенциальными мерами по снижению или устранению риска. С точки зрения специалиста, принимающего решение,

к основным достоинствам анализа риска относятся следующие:

- систематическая идентификация потенциальных опасностей;
- систематическая идентификация возможных видов отказов;
- количественные оценки или ранжирование рисков;
- оценка надежности возможных модификаций системы для снижения риска и достижения предпочтительных уровней ее надежности;
- выявление факторов, обуславливающих риск, и слабых звеньев в системе;
- более глубокое понимание устройства и функционирования системы;
- сопоставление риска исследуемой системы с рисками альтернативных систем или технологий;
- идентификация и сопоставление рисков и неопределенностей;
- помощь в установлении приоритетов при совершенствовании санитарных требований и норм;
- формирование базы для рациональной организации профилактического обслуживания, ремонта и контроля;
- обеспечение возможности поставарийного расследования и мер по предупреждению аварий;
- возможность выбора мер и приемов по обеспечению снижения риска.

Все эти факторы играют важную роль в эффективном управлении рисками независимо от того, какие задачи рассматриваются (охрана здоровья, безопасность, предотвращение экономических потерь, обеспечение выполнения требований постановлений правительства и т. п.).

Анализ может охватывать следующие области специальных знаний:

- системный анализ;

- вероятность и статистика;
- химическая технология, машиностроение, электротехника, строительная техника или ядерная техника;
- физические, химические или биологические науки;
- медицинские науки, в том числе токсикология и эпидемиология;
- общественные науки, в том числе экономика, психология и социология;
- влияние человеческого фактора, эргономика и наука управления.

9.2. Управление рисками и распределение рисков по категориям

Анализ риска является частью оценки риска и процесса управления риском и состоит из определения области применения, идентификации опасности и оценки величины риска.

Опасности могут быть отнесены к следующим четырем основным категориям:

- природные опасности (наводнения, землетрясения, ураганы, молния и т. д.);
- технические опасности, источниками которых являются промышленное оборудование, сооружения, транспортные системы, потребительская продукция, пестициды, гербициды, фармацевтические препараты и т. п.;
- социальные опасности, источниками которых является вооруженное нападение, война, диверсия, инфекционное заболевание и т. д.;
- опасности, связанные с укладом жизни (злоупотребление наркотиками, алкоголь, курение и т. д.).

Очевидно, что данные категории не являются взаимоисключающими. Так, при анализе технических опасностей часто бывает необходимо учитывать влияние факторов из других категорий (в особенности природных опасностей) и других систем в качестве части анализа риска.

Риск также может быть классифицирован, исходя из характера возможных последствий. Характер последствий, например, может быть следующим:

- индивидуальным (воздействие на отдельных людей);
- профессиональным (воздействие на работающих);
- социальным (общее воздействие на сообщество людей);
- приводящим к имущественному урону и экономическим потерям (нарушения деловой деятельности, штрафы и т. д.);
- касающимся окружающей среды (воздействие на землю, воздух, воду, растительный, животный мир и объектов культурного наследия).

Общей задачей анализа риска является обоснование решений, касающихся риска. Эти решения могут приниматься как часть более крупного процесса управления рисками посредством сопоставления результатов анализа риска с критериями допустимого риска. Во многих ситуациях возникает необходимость оценки преимуществ того или иного решения. В целом назначение критериев допустимого риска является достаточно сложной задачей, особенно в социальной, экономической и политической областях, и находится вне сферы рассмотрения данной работы.

Конкретные цели анализа риска зависят от рассматриваемых стадий жизненного цикла опасных систем, оборудования или изделий:

- 1) стадия проектирования:
 - а) выявление главных источников риска и предполагаемых факторов, существенно влияющих на риск;
 - б) предоставление исходных данных для оценки конструкции в целом;
 - в) определение и оценка возможных мер безопасности, закладываемых в конструкцию;

г) предоставление исходных данных для оценки потенциально опасных действий, оборудования или систем;

д) обеспечение соответствующей информацией при проведении опытно-конструкторских работ, ориентированных на нормальные и чрезвычайные условия;

е) оценка риска с учетом регламентов и других требований;

ж) оценка альтернативных конструктивных решений.

2) стадии изготовления, монтажа, эксплуатации и технического обслуживания:

а) контроль и оценка данных эксплуатации с целью сопоставления фактических показателей работы с соответствующими требованиями;

б) обеспечение исходными данными процесса разработки методик эксплуатации, технического обслуживания/контроля и действий в чрезвычайных ситуациях;

в) корректировка информации об основных источниках риска и влияющих факторах;

г) предоставление информации по значимости риска для принятия оперативных решений;

д) определение влияния изменений в организационной структуре, производстве, процедурах эксплуатации и компонентах системы;

е) подготовка персонала.

3) стадия демонтажа, прекращения эксплуатации:

а) оценка риска, связанного с прекращением функционирования системы, и обеспечение возможности выполнения соответствующих требований;

б) обеспечение исходными данными процесса прекращения функционирования системы и ее демонтажа.

9.3. Процесс анализа риска

Процесс анализа риска должен осуществляться в соответствии со следующими этапами:

- определение области применения;
- идентификация опасности и предварительная оценка последствий;
- оценка величины риска;
- проверка результатов анализа;
- документальное обоснование;
- корректировка результатов анализа с учетом последних данных.

Данный процесс показан на рис. 9.2. В зависимости от области применения рассматриваются лишь определенные элементы представленного процесса.

Необходимым требованием является скрупулезное знание системы и используемых методов анализа. В том случае, если имеются результаты анализа риска для похожей системы, они могут быть использованы в качестве справочного материала. При этом необходимо доказать, что процессы являются похожими и что внесение изменений не вносит существенных различий в результаты. Выводы должны основываться на систематической оценке изменений и на том, каким образом они могут влиять на существующие опасности.

Персонал для проведения анализа риска: аналитики, участвующие в анализе риска, должны быть достаточно компетентными. Многие системы слишком сложны для работы одного человека, поэтому для выполнения анализа требуется группа аналитиков.

Отдельное лицо или рабочая группа должны быть ознакомлены с методами, используемыми для анализа риска, и должны располагать достаточными знаниями о рассматриваемом предмете.

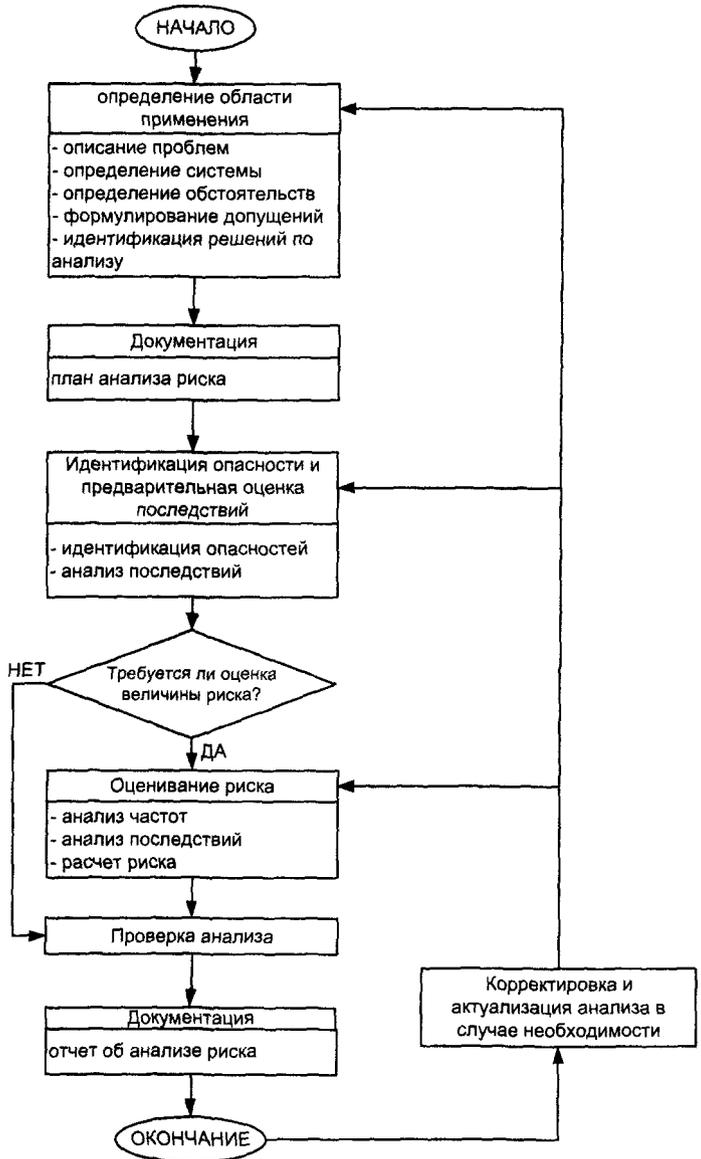


Рис. 9.2. Процесс анализа риска

При необходимости для проведения анализа должны быть представлены и использованы другие необходимые сведения. Заключение специалистов рабочей группы должно быть документально зафиксировано.

Идентификация опасности и предварительная оценка последствий: для решения поставленной задачи должны быть идентифицированы опасности, являющиеся причиной риска, а также пути, по которым эти опасности могут реализовываться.

Известные опасности (возможно, имевшие место при предыдущих авариях) должны быть четко и точно определены. Для идентификации опасностей, не учитываемых ранее при проведении анализа, должны применяться формальные методы.

Предварительную оценку значения идентифицированных опасностей необходимо выполнять, основываясь на анализе последствий и изучении их основных причин.

Предварительная оценка значения идентифицированных опасностей определяет выбор последующих действий:

- принятие немедленных мер с целью исключения или уменьшения опасностей;
- прекращение анализа, поскольку опасности или их последствия являются несущественными;
- переход к оцениванию риска.

Оценка величины риска: в процессе оценки величины риска для выбора критического уровня анализируемых рисков должны исследоваться начальные события или обстоятельства, последовательность потенциально опасных событий, любые смягчающие факторы и характеристики, а также природа и частота возможных пагубных последствий идентифицированных опасностей. Эти критерии и меры должны распространяться на риски для людей, имущества и окружающей среды и должны включать значения неопределенностей оценок.

Методы, используемые для оценки величины риска, обычно являются количественными, несмотря на то, что степень детализации при подготовке исходной информации зависит от конкретного применения. Однако полный количественный анализ не всегда возможен из-за недостатка информации о системе или деятельности, подвергающейся анализу, отсутствия или недостатка данных об отказе (аварии), влияния человеческого фактора и т. п. При таких обстоятельствах может оказаться эффективным сравнительное количественное или качественное ранжирование риска специалистами, хорошо информированными в данной области. В тех случаях, когда проводится качественное ранжирование, необходимо иметь четкое разъяснение всех используемых терминов и должно быть зафиксировано обоснование всех классификаций частот и последствий. В том случае, когда проводится полная количественная оценка величины риска, необходимо учитывать, что расчетные значения риска представляют собой оценки, и следует позаботиться о том, чтобы их точность соответствовала точности используемых данных и аналитических методов.

Элементы процесса оценки величины риска являются общими для всех видов опасности. Прежде всего, анализируются возможные причины опасности с целью определения частоты ее возникновения, продолжительности, а также характера (количественные характеристики, характеристики химического состава, характеристики выделения/использования и т. д.). В том случае, если анализу подвергается промышленное оборудование, в первую очередь проводится анализ частот, во вторую очередь анализу подвергаются последствия реализации опасности. В процессе анализа может возникнуть необходимость определения оценки вероятности опасности, вызывающей последствия, и проведения анализов последовательности обуславливающих событий.

Анализ частот: анализ частот используется для оценки вероятности каждого нежелательного события, идентифицированного на стадии идентификации опасности. Для оценки частот происходящих событий обычно применяются следующие 3 подхода:

- использование имеющихся статистических данных (предыстория);
- получение частот происходящих событий на основе аналитических или имитационных методов;
- использование мнений экспертов.

Анализ последствий: анализ последствий используется для оценки вероятного воздействия, которое вызывается нежелательным событием.

Анализ последствий должен включать в себя следующие моменты:

- основываться на выбранных нежелательных событиях;
- описывать любые последствия, являющиеся результатом нежелательных событий;
- учитывать существующие меры, направленные на смягчение последствий, наряду со всеми соответствующими условиями, оказывающими влияние на последствия;
- устанавливать критерии, используемые для полной идентификации последствий;
- рассматривать и учитывать как немедленные последствия, так и те, которые могут проявиться по прошествии определенного периода времени, если это не противоречит сфере распространения исследований;
- рассматривать и учитывать вторичные последствия, распространяющиеся на смежное оборудование и системы.

Показатели риска: риск должен выражаться в наиболее подходящих показателях. Некоторыми часто используемыми показателями являются следующие:

- прогнозируемая частота смертности или заболеваемости

применительно к отдельному человеку (индивидуальный риск);

- диаграммы частоты в зависимости от последствия (известные как кривые $P-N$, где P – частота; N – совокупное число людей, которым причинен вред определенного вида либо совокупная стоимость ущерба) в случае социального риска;

- статистически ожидаемый размер потерь от возникновения аварий, экономических затрат или урона для окружающей среды;

- распределение риска с соответствующим уровнем ущерба, представленное в виде графика и указывающее уровни равного ущерба.

Отчет по результатам анализа и оценки риска: в отчете должна быть отражена следующая информация:

- краткое изложение анализа;
- выводы;
- цели и область применения анализа;
- ограничения, допущения и обоснование предложений;
- описание соответствующих частей системы;
- методология анализа;
- результаты идентификации опасностей;
- используемые модели, в том числе допущения и их обоснования;
- использованные данные и их источники;
- результаты оценки величины риска;
- анализ чувствительности и неопределенности;
- рассмотрение и обсуждение результатов (включая рассмотрение и обсуждение трудностей исследования);
- ссылки и рекомендации.

Анализ должен обновляться по мере поступления новой информации и в соответствии с потребностями процесса управления.

9.4. Методы анализа риска

Перечень наиболее распространенных методов представлен в табл. 9.1 и табл. 9.2.

Выбор методов: метод анализа риска должен быть следующим:

- Научно обоснованным и соответствовать сложности и природе исследуемой системы;
- Давать результаты в форме, обеспечивающей понимание природы риска и способов его контроля;
- Типовым и обладать свойствами, обеспечивающими возможность прослеживаемости, повторяемости и контролируемости.

Должно быть представлено обоснование по выбору метода с точки зрения его уместности и пригодности. В случае сомнений в уместности и пригодности метода необходимо провести сравнение его результатов с результатами альтернативных методов. При этом результаты вычислений должны быть сопоставимыми (рис. 9.3).

В работе используется следующая укрупненная классификация методов:

- экспертные методы оценки, используемые для выявления опасностей и оценки их последствий;
- методы теории надежности, используемые для аналитического расчета вероятности возникновения негативного события;
- статистические методы, используемые для расчета вероятности негативного события по данным испытаний или результатам математического статистического моделирования.

Таблица 9.1

Перечень наиболее распространенных методов, используемых при анализе риска

Метод	Описание и применение
анализ дерева событий	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, а также анализ видов, последствий и критичности отказов	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 неисправностей	совокупность приемов идентификации опасности и анализа частот нежелательного события, с помощью которых определяются все пути его реализации. Используется графическое изображение
исследование опасности и связанных с ней проблем	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	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 частот, используемых на ранней стадии проектирования с целью идентификации опасностей и оценки их критичности
структурная схема надежности	совокупность приемов построения структурной модели надежности технических и технологических систем для ее последующего анализа и оценки показателей надежности и работоспособности систем

Таблица 9.2

Перечень дополнительных методов, используемых при анализе риска

Метод	Описание и применение
классификация групп риска по категориям	классификация видов риска по категориям в порядке приоритетности групп риска
ведомости проверок	составление перечней типовых опасных веществ и/или источников потенциальных аварий, которые нуждаются в рассмотрении. С их помощью можно оценивать соответствие законам и стандартам
общий анализ отказов	метод, предназначенный для определения того, возможен ли случайный отказ (авария) ряда различных частей или компонентов в рамках системы, и оценки его вероятного суммарного эффекта
модели описания последствий	оценка воздействия события на людей, имущество или окружающую среду. Используются как упрощенные аналитические подходы, так и сложные компьютерные модели
метод Дельфи	способ комбинирования экспертных оценок, которые могут обеспечить проведение анализа частоты, моделирования последствий и/или оценивания риска
индексы опасности	совокупность приемов по идентификации/оценке опасности, которые могут быть использованы для ранжирования различных вариантов системы и определения менее опасных вариантов
метод Монте-Карло и другие методы моделирования	совокупность приемов анализа частоты, в которых используется модель системы для оценки вариаций в исходных условиях и допущениях
парные сопоставления	способ оценки и ранжирования совокупности рисков путем попарного сравнения
обзор данных по эксплуатации	совокупность приемов, которые могут быть использованы для выявления потенциально проблемных областей, а также для анализа частоты, основанного на данных об авариях, данных о надежности и прочее
анализ скрытых процессов	метод выявления скрытых процессов и путей, которые могли бы привести к наступлению непредвиденных событий



Рис. 9.3. Типовые рассуждения при выборе типа анализа и глубины исследования

Список литературы к части I

- I.1. Управление рисками, риск-менеджмент на предприятии
URL: <http://www.risk24.ru/index.htm> (дата обращения 10.03.2014 г.).
- I.2. *Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П.* Введение в системный анализ: Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1989. 367 с.
- I.3. *Абутидзе З. С., Александровская Л. Н., Бас В. Н.* Управление качеством и реинжиниринг организаций. Учеб. пособие. М.: Логос, 2003. 328 с.
- I.4. ГОСТ Р 51897–2002. Менеджмент риска. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2012. 12 с.
- I.5. ГОСТ Р 51901.4–2005 (МЭК 62198:2001) Менеджмент риска. Руководство по применению при проектировании. М.: Стандартинформ, 2005. 12 с.
- I.6. ГОСТ Р 51901.1–2002 (поправка ИУС 8–2005 г.). Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем. М.: Стандартинформ. 2002. 23 с.
- I.7. *Крюков С. П., Бодрунов С. Д., Александровская Л. Н.* и др. Методы анализа и оценивания рисков в задачах менеджмента безопасности сложных технических систем СПб.: Корпорация «Аэрокосмическое оборудование», 2007. 460 с.
- I.8. *Александровская Л. Н., Аронов И. З., Круглов В. И.* Безопасность и надежность технических систем. Учеб. пособие. М.: Университетская книга, Логос, 2008. 376 с.
- I.9 *Нусенкис Н. Г., Федотушкин С. В.* Антология качества: Учеб. пособие. Ч. 2, Уфа, БАГСУ, 2007. 254 с.
- I.10. *Орлов А. И., Цесарский А. Д.* Особенности оценки рисков при создании ракетно-космической деятельности. // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 43. С. 37–46.

ЧАСТЬ II. ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ В РИСК-МЕНЕДЖМЕНТЕ

10. Предпосылки использования экспертных методов [II.1]

В современной теории решений принято различать ситуации определенности, риска и неопределенности:

- ситуация определенности: каждое действие неизменно приводит к некоторому конкретному исходу;
- ситуация риска: действие может привести к одному из множества известных исходов, вероятности исходов известны;
- ситуация неопределенности: действие имеет множество возможных исходов, но вероятности этих исходов неизвестны.

Трудности рационального выбора в ситуации определенности могут заключаться в невозможности перечисления всех возможных решений или в подборе надлежащего показателя эффективности для каждого отдельного решения. Несмотря на то, что существуют вполне определенные характеристики факторов, влияющих на выбор решения, однако в момент принятия решения они по тем или иным причинам остаются неизвестными. В этих случаях приходится прибегать к вероятностным оценкам, которые вытекают из возможностей сбора и особенностей имеющейся информации.

В ситуации же неопределенности всегда имеются факторы или явления, вероятностные по своей природе, но не контролируемые со стороны лица, принимающего решение.

Риск относится к ситуациям, когда исходы неопределенны, но вероятности этих исходов известны или могут быть определены. Неопределенность относится к таким ситуациям, когда неизвестные исходы нельзя предсказать с помощью вероятностей.

Необходимость разрешения этих противоречий привела к переоценке значения формального опыта и к пониманию того, что уровень неопределенности можно снизить за счет использования суждений специалистов и способности человека принимать рациональные решения в условия невозможности их полной формализации, т. е. в условиях неопределенности.

Инструментами при принятии экспертных решений являются интеллект, опыт, понимание существа проблемы, чувство перспективы и интуиция.

Использование в обработке информации, полученной от экспертов, математико-статических методов значительно повышает эффективность экспертных оценок. Практика показала, что даже простые статистические методы в сочетании с этой информацией при выборе перспективных решений часто приводят к более успешным результатам, чем «точные» расчеты с применением математических моделей, ориентацией на средние показатели и экстраполяцией существующих тенденций.

Использование информации, полученной от специалистов, особенно плодотворно, если для ее сбора, обобщения и анализа применяются специальные логические приемы и математические методы, получившие название методов экспертных оценок.

Экспертные оценки не являются открытием нашего времени. Практика использования специалистов в качестве экспертов восходит своими истоками к глубокой древности. Слово «эксперт» в переводе с латинского означает «опытный».

В общем случае ограничения, возникающие при использовании экспертов в качестве источников информации, и ведущие к возникновению погрешностей, можно свести в 5 групп:

- уровень доступной информации;
- несовершенство информации;
- двусмысленность вопросов;
- несовершенство модели;
- прочие погрешности.

Рассмотрим эти группы.

Уровень доступной информации: за исключением детерминистских событий уровень неопределенности всегда будет больше нуля. Когда вся доступная информация о вероятностном событии использована и нет других ограничений в ее получении, остающаяся неопределенность может быть описана с помощью распределения вероятностей возможных исходов. Никакие дальнейшие опросы специалистов или другой анализ имеющейся информации не снизят неопределенность ниже этого уровня. Снижение уровня неопределенности может произойти лишь при получении новой информации.

Несовершенство информации: несовершенство информации возникает вследствие того, что разные эксперты всегда будут иметь разные знания о событии и уровне его определенности. В результате этого может быть получено разное уменьшение (или увеличение) уровня неопределенности.

Двусмысленность: некоторые вопросы могут быть поняты экспертом неправильно из-за их двусмысленности, и тогда он будет отвечать на другой вопрос, а не на тот, который был ему задан.

Погрешность модели: эти погрешности могут возникать из-за недостаточной компетентности приглашенных в эксперты людей, либо из-за того, что ответы, полученные от компетентных экспертов, используются неправильно.

Прочие погрешности: на ответы экспертов могут воздействовать как внутренние, так и внешние факторы, вызывающие умышленные или несознательные отклонения или ошибки. Хотя эти погрешности обычно невелики, однако, возможность их возникновения необходимо учитывать.

На человека в процессе принятия решения могут влиять различные факторы. Факторы, на которых основана способность индивидуальной личности принимать решения в условиях неопределенности, разделяются на внутренние (индивидуальные) и внешние (социальные).

Внутренние (индивидуальные) факторы могут оказать влияние на информацию, получаемую от эксперта, и привести к отклонениям как к ненамеренным, связанным с излишне оптимистическим или пессимистическим отношением к проблеме, так и намеренным, зависящим от индивидуальной установки специалиста.

Внешние факторы включают факторы окружающего человека социума. Это могут быть мнения других экспертов, ответственность за принятое решение, цели организации, в которой работает эксперт.

Очень важную роль играют факторы психологического характера. Прежде всего эксперты должны быть освобождены от ответственности за использование результата экспертизы. Дело не только в том, что лицо, принимающее решения, не хочет или не должно возлагать ответственность на других, но и в том, что сама ответственность накладывает психологические ограничения на характер выбора, а этого на стадии оценки альтернатив желательно избежать. Приходится также учитывать, что оценка, даваемая экспертом, может зависеть от межличностных отношений с другими экспертами и иногда даже от того, известна ли его оценка другим лицам. На ход экспертизы могут повлиять и личная заинтересованность эксперта, т. е. его необъективность, и другие

личностные качества (самолюбие, конформизм, сила характера и пр.). С другой стороны, обычно сложность проблемы выходит за рамки возможностей одного человека. Было бы неразумно не использовать тот очевидный факт, что коллективная деятельность открывает дополнительные возможности для взаимного стимулирования экспертов.

Поскольку взаимодействие между экспертами может как стимулировать, так и подавлять их деятельность, в разных случаях используют методики экспертиз, имеющие различную степень и характер взаимного влияния экспертов друг на друга: анонимные и скрытые опросы и анкетирование, совещания (комитеты, коллегии, комиссии, штабы), дискуссии (консилиумы, суды, ученые советы), деловые игры, мозговой штурм и т. д.

11. Методы организации экспертизы

11.1. Метод «Дельфи»

Основная идея этого метода состоит в том, что критика благотворно влияет на эксперта, если она психологически не связана с персональной конфронтацией, поэтому если проводить оценку альтернатив в несколько туров, сообщая после каждого его полные итоги и сохраняя анонимность участников, то эксперты склонны не только критиковать, но и прислушиваться к критике, относящейся к ним лично. Устранение психологических трудностей, связанных с персональной критикой, придает самой критике большую деловитость, объективность, она легче воспринимается. Все это приводит к тому, что обычно оказывается достаточно следующих четырех этапов:

- раздача анкет, сбор оценок, их обобщенное представление с указанием разброса мнений;
- сообщение итогов и запрос объяснений причин индивидуального отклонения от средней или медианной оценки первой итерации;
- сообщение всех объяснений и запрос контраргументов на них;
- сообщение возражений и запрос новых оценок альтернатив, если эксперт пожелает их изменить; поиск окончательного итога.

Вся работа проводится под руководством отдельной управляющей группы, в которую входит системный аналитик и лицо, принимающее решения; анонимность экспертов сохраняется до конца работы (а по желанию экспертов – и после ее окончания). Методика «Дельфи» показала на практике хорошую эффективность.

11.2. Мозговой штурм

Метод мозгового штурма специально разработан для получения максимального количества предложений. Техника мозгового штурма такова. Собирается группа лиц, отобранных для генерации альтернатив, главный принцип отбора – разнообразие профессий, квалификаций, опыта. Сообщается, что приветствуются любые идеи, возникшие как индивидуально, так и по ассоциации при выслушивании предложений других участников, в том числе и лишь частично улучшающие чужие идеи. Каждую идею рекомендуется записать на отдельной карточке. Категорически запрещается любая критика – это важнейшее условие мозгового штурма. Каждый по очереди зачитывает свою идею, остальные слушают и записывают на карточки новые идеи, новые мысли, возникшие под влиянием услышанного. Затем все карточки собираются. Сортируются и анализируются обычно другой группой экспертов.

Число альтернатив можно в последствии значительно увеличить, комбинируя генерированные идеи.

11.3. Синектика

Синектика предназначена для генерирования альтернатив путем ассоциативного мышления и поиска аналогий с поставленной задачей. Целью синектики является генерирование небольшого числа альтернатив, разрешающих данную проблему.

Суть синектики можно кратко изложить следующим образом. Формируется группа 5–7 человек, отобранных по признакам гибкости мышления, практического опыта, психологической совместимости, общительности.

Группа ведет систематическое направленное обсуждение любых аналогий с подлежащей решению проблемой, спонтанно возникающих в ходе бесед.

Успеху работы синектических групп способствуют следующие правила: запрещено обсуждать достоинства и недостатки членов группы, каждый имеет право прекратить работу при малейших признаках утомления, роль ведущего периодически переходят к другим членам группы.

11.4. Деловые игры

Деловыми играми называется имитационное моделирование реальных ситуаций, в процессе которого участники игры ведут себя так, будто они в реальности выполняют полученную ими роль, при этом сама реальность заменяется некоторой моделью. Примерами являются штабные игры и маневры военных. Деловые игры можно использовать для экспериментального генерирования альтернатив, особенно в слабо формализованных ситуациях. Важную роль в деловых играх, кроме участников, играют контрольно-арбитражные группы, управляющий моделью, регистрирующий ход игры и обобщающий ее результаты.

11.5. Повторный выбор

До сих пор речь шла о процедурах одноразового выбора. Даже тогда, когда приходилось проводить выбор в несколько этапов (метод «Дельфи» и т. д.), это были этапы промежуточные, подготовительные перед последним, окончательным, выбором.

Однако возможны ситуации, в которых выбор повторяется многократно, причем каждый последующий выбор происходит в условиях, отличающихся от тех, в которых происходил предыдущий. Это придает динамику самому процессу выбора и его последствиям. Конкретный характер происходящих при этом изменений зависит от многих факторов: самой природы множества альтернатив, степени влияния предыдущего выбора на последующий,

от того, насколько и как именно учитываются происшедшие изменения на очередном шаге выбора, и т. д. При этом возможны ситуации, когда возникает задача повторного выбора элементов из оставшейся основной совокупности в состав элитной группы. Ответ на вопрос о том, как будут изменяться свойства элитной группы при многократном повторении этого действия, зависит от ряда обстоятельств и может быть различным. Главные факторы, влияющие на свойства элитной группы таковы:

- доля элитной группы в совокупности элементов, хотя и отвечающих требованиям элитности, но оставшихся вне элиты (если в первичную элитную группу вошли все элементы, для которых $x > a$, то ее придется пополнять за счет элементов, для которых $x \leq a$);

- характер изменения качества x каждого элемента со временем не только в элитной группе, но и в остальной совокупности (оно может как оставаться постоянным, так и изменяться);

- правило отсева из элитной группы (происходит ли это случайно, без учета величины x , либо выбывают лучшие или худшие элементы);

- правило включения новых элементов в элитную группу (в соответствии с прежним эталоном a либо с измененным эталоном, либо при невозможности дальнейшего использования эталона после первого отбора);

- временные отношения между моментами очередных пополнений элитной группы (эти отношения становятся важными при изменении качества у элементов со временем).

Различные сочетания этих условий приводят к возникновению большого количества задач, приводящих к разным типам эволюции качества элитной группы. Рассмотрим некоторые из них. Во всех случаях будем считать, что выделение элитной группы практически не сказывается на свойствах оставшейся

совокупности (математически это соответствует, например, конечной численности элитной группы и несчетности исходной совокупности, что позволяет считать распределение $F(x)$ неизменным при выделении элитных элементов).

Процедура «претендент – рекомендатель»: в качестве первой задачи рассмотрим правило «претендент – рекомендатель». Это правило состоит в том, что при наличии вакансий в элите взятый наугад из общей совокупности элемент («претендент») сравнивается с наугад взятым из элиты элементом («рекомендателем»); если значение x у претендента не меньше, чем у рекомендателя, то претендент становится членом элиты; если меньше, то образуется новая пара «претендент – рекомендатель». В этом случае направление изменения качества элитной группы определяется тем, какие элементы (худшие или лучшие) дольше существуют в группе. Если дольше «живут» худшие, то элитная группа неминуемо деградирует, поскольку худшие чаще выступают как рекомендатели. Наоборот, при увеличении времени $T(x)$ жизни элемента с ростом величины x худшие элементы выбывают в первую очередь, в рекомендатели чаще попадают элементы повышенного качества, что приводит к непрерывному росту среднего качества элитной группы. При некоторых ограничениях на временные интервалы между заменами существуют невырожденные предельные распределения качества x в элитной группе.

Процедуры «прополка» и «снятие урожая»: рассмотрим теперь вторую задачу – правило «прополка». Оно состоит в удалении из элитной группы m наихудших элементов и замене их взятыми наугад m элементами из основной группы. При этом в элиту могут попасть как элементы лучшие, чем удаленные при «прополке», так и худшие. Однако на следующем шаге «прополки» снова удаляются m худших элементов элитной группы, так что при $m < n$

худшие в элите не задерживаются, а лучшие из новых остаются. В результате элитная группа прогрессирует, ее распределение $F_k^3(x | t, n)$ с ростом числа прополк k сходится к некоторому предельному распределению $F_\infty^3(x | t, n)$, зависящему от величины t , $0 < t < n$. Интересно, что наилучшая стратегия «прополки», дающая наивысшее предельное среднее качество элитной группы, состоит в удалении из элитной группы только одного наихудшего элемента на каждом шаге.

Процедуру, обратную «прополке», когда из группы удаляются t наилучших элементов, называется «правило снятия урожая». При этом эффекты противоположны тем, которые мы наблюдали при «прополке»: наибольший вред группе приносит удаление на каждом шаге только одного наилучшего элемента.

Процедура «претендент – рекомендатель» реализует в некотором смысле одинаковое обращение с исходной совокупностью и с элитной группой. Процедуры «прополка» и «снятие урожая» предполагают основную активность внутри элитной группы.

Процедура «делегирование»: рассмотрим теперь возможность внешней активности в формировании элиты. Вариант такой процедуры, называемой «правило делегирования», состоит в следующем:

- из исходной совокупности случайным образом выбирают N элементов – делегирующую выборку;
- делегирующую выборку упорядочивают по величине;
- элемент с наибольшим рангом зачисляют в формируемую элитную группу.

На этапе формирования элитной группы процедуру повторяют n раз, столько, сколько вакансий должно быть заполнено.

Чем выше требования к качеству элитной группы, тем больше должен быть объем делегирующей выборки. Принципиальное отличие процедуры «делегирование» от «претендент – рекоменда-

тель» состоит в отказе от сравнения делегатов с членами элиты. Далее оказывается, что «делегирование» не только позволяет сформировать элиту любого нужного качества, но и предохранить элитную группу от деградации даже при большей жизнеспособности плохих элементов.

Результаты решения приведенных задач имеют некоторые аналогии в общественных процессах.

Итак, итеративный вариант выбора – селекция, отбор – имеет несколько постановок задачи. Интересно, что даже в том случае, когда отбор направлен на получение групп повышенного качества (элитных), действительные изменения группы могут происходить как в сторону улучшения ее среднего качества, так и в сторону ухудшения. Уже простейшие модели указывают на причины этого: изменение качества каждого элемента со временем, правила выбытия из элитной группы и вхождения в нее, засорение элитной группы и пр. Эти особенности следует учитывать в реальных ситуациях отбора.

12. Методы обработки экспертной информации [II.1, II.2]

12.1. Формализация информации и шкалы

Рациональное использование информации, получаемой от экспертов, возможно при условии преобразования ее в форму, удобную для дальнейшего анализа, направленного на подготовку и принятие решений. В связи с этим, прежде чем перейти к описанию математико-статистических методов, используемых для обработки этой информации, необходимо рассмотреть основные возможности и ограничения ее формализации.

Возможности формализации информации зависят от специфических особенностей исследуемого объекта, надежности и полноты имеющихся данных, уровня принятия решения. Форма представления данных, полученных от экспертов, зависит и от принятого критерия, на выбор которого в свою очередь существенное влияние оказывает специфика исследуемой проблемы.

Формализация информации, полученной от экспертов, должна быть направлена на подготовку решения таких технико-экономических и хозяйственных задач, которые не могут быть в полной мере описаны математически, поскольку являются «слабоструктуризованными», т. е. содержат неопределенности относительно не только измерения, но и самого характера исследуемых целей, средств их достижения и внешних условий. Необходимость изучения составных элементов и процессов формализации таких задач не вызывает сомнения.

Эта сторона дела особенно важна, поскольку при оценке перспектив необходимо не только представить в виде косвенных оценок ту часть информации, которая не поддается количественному измерению, и не только выразить с помощью таких оценок количественно измеримую информацию, о которой в момент подготовки

решения нет достаточно надежных данных, но и, что самое важное, формализовать эту информацию так, чтобы помочь принимающему решение выбрать из множества действий одно (или несколько), наиболее предпочтительное в отношении некоторого критерия.

Если эксперт в состоянии сравнить и оценить возможные варианты действий, приписав каждому из них определенное число, будем считать, что он обладает определенной системой предпочтений.

В зависимости от того, по какой шкале могут быть заданы эти предпочтения, экспертные оценки содержат больший или меньший объем информации и обладают различной способностью к математической формализации.

Исследуемые объекты или явления можно опознавать или различать на основе признаков или факторов. Не претендуя на строгость, определим фактор как множество, состоящее по крайней мере из двух элементов, отражающих различные уровни некоторых подлежащих рассмотрению величин. Другие термины, которые далее используются для обозначения факторов, – это признаки, переменные, характеристики, параметры, цели и критерии.

Уровень одних из факторов может быть выражен количественно (в рублях, в процентах, в тоннах и т. д.), и такие факторы называют количественными; уровень же других нельзя точно выразить с помощью числа, и их обычно называют качественными.

Факторы можно условно подразделить на дискретные и непрерывные. Под дискретными будем понимать факторы с определенным (чаще всего небольшим) числом уровней. Факторы, уровни которых рассматриваются как образующие непрерывное множество, будем называть непрерывными. В зависимости от целей и возможностей анализа одни и те же факторы могут трактоваться как дискретные или как непрерывные.

Рассмотрим основные логические аксиомы, используемые в экспертных методах при формализации информации с помощью различных шкал.

При использовании номинальных шкал используемые объекты можно опознавать и различать на основе трех аксиом идентификации:

- i либо есть j , либо есть не j ;
- если i есть j , то j есть i ;
- если i есть j и j есть k , то i есть k .

Факторы в данном случае выступают как ассоциативные показатели, обладающие информацией, которая может быть формализована в виде бинарных оценок двух уровней: 1 (идентичен) или 0 (различен).

В случаях, когда исследуемые объекты можно в результате сравнения расположить в определенной последовательности с учетом какого-либо существенного фактора (факторов), используются порядковые шкалы, позволяющие устанавливать равноценность или доминирование.

Предположим, что нам необходимо расположить в определенной последовательности n объектов по какому-либо фактору (критерию). Представим это упорядочение A в виде матрицы $A(a_{ij})$, где $i, j = 1, 2, \dots, n$.

Величины a_{ij} устанавливают соотношения между объектами и могут быть определены, например, следующим образом:

$$a_{ij} \begin{cases} +1, & \text{если } i \text{ предпочтительнее } j, \\ -1, & \text{если } j \text{ предпочтительнее } i, \\ 0, & \text{если } i \text{ и } j \text{ равноценны.} \end{cases}$$

Установим основные аксиомы, необходимые для соблюдения условий упорядочения. Соотношение $a_{ij} = 1$, означающее что i предпочтительнее j , должно быть симметричным, т. е. если $a_{ij} = +1$,

то $a_{ji} = -1$ и транзитивным, т. е. если $a_{ij} = +1$ и $a_{ik} = +1$, то $a_{kj} = +1$.

Соотношение $a_{ij} = 0$, означающее, что i и j равноценны, называется соотношением эквивалентности. Такое соотношение должно быть рефлексивным, т. е. $a_{ij} = 0$, симметричным, т. е. если $a_{ij} = 0$, то $a_{ji} = 0$, и транзитивным, т. е. если $a_{ij} = 0$ и $a_{jk} = 0$, то $a_{ki} = 0$.

Кроме того, эти два отношения должны быть совместны, т. е. если $a_{ij} = +1$ и $a_{kj} = 0$, то $a_{ki} = +1$, а также если $a_{ij} = 0$ и $a_{kj} = +1$, то $a_{ki} = +1$.

И наконец, наше упорядочение должно быть связанным, т. е. для любых i и j либо $a_{ij} = +1$, либо $a_{ij} = -1$, или $a_{ij} = 0$.

Использование порядковых шкал позволяет различать объекты и в тех случаях, когда фактор (критерий) не задан в явном виде, т. е. когда мы не знаем признака сравнения, но можем частично или полностью упорядочить объекты на основе системы предпочтений, которой обладает эксперт (эксперты).

Любое множество A будем называть упорядоченным, если для любых двух его элементов x и y установлено, что либо x предшествует y , либо y предшествует x . Иногда не удастся установить строгое предшествование для всех элементов множества, но можно произвести групповое упорядочение, когда упорядочиваются подмножества равноценных элементов. Далее можно поставить задачу сравнения и упорядочения этих подмножеств.

Использование шкал порядка позволяет производить преобразования полученных от экспертов оценок, отвечающие всем монотонно возрастающим функциям. Так, например, положительные оценки могут быть заменены их квадратами или логарифмами, или любой другой монотонно возрастающей функцией.

Для формализации оценок, полученных от экспертов, часто используют интервальные шкалы. При использовании интервальных шкал для математической обработки информации, полученной

от экспертов, можно применять почти все обычные статистические меры. Исключением являются те меры, которые предполагают знание «истинно» нулевой точки шкалы, которая вводится здесь условно.

Интервальные шкалы предполагают возможность трансформации оценок, полученных на одной шкале, в оценки на другой шкале при помощи уравнения $x' = ax + b$.

Разности между значениями на шкале интервалов становятся мерами на шкале отношений (т. е. на обычной числовой шкале) по той простой причине, что в результате вычитания можно избавиться от постоянного слагаемого b .

В ряде случаев при формализации экспертных оценок используется свойство аддитивности (присущее, строго говоря, только шкале отношений).

Наличие аддитивности выражается следующими аксиомами:

- если $j = a$ и $j > 0$, то $i + j > a$;
- $i + j = j + i$;
- если $i = a$ и $j = b$, то $i + j = a + b$;
- $(i + j) + k = i + (j + k)$.

Обычная ситуация, когда необходимо принять решение с учетом аддитивности, заключается в том, что имеется несколько (по крайней мере два) качественных фактора. При наличии нескольких факторов (признаков), характеризующих конкретные объекты, существует множество реальных свойств и типов связей объектов.

Так, например, факторы (показатели), характеризующие эффективность создания и внедрения новой техники, по их объективному содержанию можно подразделить на технические, экономические и социальные. С другой стороны, эти факторы можно сгруппировать в соответствии с их ролью в процессе создания и внедрения новой техники, выделив, например, показатели, характеризующие затраты, технический уровень, экономическую эффективность и т. д.

Таким образом, характер и количество факторов в значительной степени зависят от цели принимаемого решения, причем один и тот же объект или явление могут быть охарактеризованы различными факторами, а одинаковые факторы могут иметь в разных ситуациях различную значимость.

В зависимости от характера и цели исследуемой проблемы факторы, по которым различаются объекты или явления, могут быть количественно сравнимы или несравнимы между собой, частично сравнимы (т. е. не любой с любым другим, а лишь некоторые из них), упорядочены по степени их важности и т. д. Следует отметить, что несоизмеримость различных факторов обусловлена не только необходимостью применения разных единиц измерения, но и тем, что каждый фактор, выражая определенное свойство, одновременно является оценкой отношения к данному свойству со стороны лица, принимающего решение.

В практике управления на всех его уровнях часто возникают ситуации, когда необходимо принять решение с учетом многих факторов. Разумеется, вопрос о том, какие именно факторы (признаки, критерии) следует считать наиболее важными (существенными), зависит от качественных особенностей объекта решения и целей, которым должно отвечать это решение.

Например, при рассмотрении нескольких вариантов плана или вариантов организационно-технических мероприятий следует принимать во внимание факторы времени, затрат, технических и социальных результатов, экономической эффективности и т. д. Обычно все разнообразие факторов пытаются привести к однозначной комплексной оценке, причем наиболее удобной и распространенной такой оценкой является денежная.

Однако поскольку последствия любого решения и особенно решений, связанных с научно-техническим прогрессом, выходят

за рамки стоимостных показателей, необходимы измерители, характеризующие значимость, полезность того или иного фактора (или их комплекса). Такие комплексные измерители все шире применяются при оценке качества продукции, технико-экономического уровня производства, оценке результатов деятельности научных организаций и ряда других задач. Хотя вопрос о создании достаточно обоснованной формализованной системы таких измерителей еще далек от окончательного решения, можно указать некоторые общие черты, обеспечивающие подход к формализации этого процесса и к использованию того или иного логико-математического аппарата.

В случае, когда все факторы задаются по номинативной шкале, т. е. задается по этой шкале некоторый признак a и исходное множество элементов M , цель состоит в выборе подмножеств $M(a)$, обладающего этими признаками. В таких случаях производится сравнение элементов, точнее их свойств, с признаком-эталоном, а результат – разбиение множества – можно рассматривать как упорядочивание по двухэлементной шкале, по которой каждому из элементов присваивается балл, равный либо нулю, либо единице.

В случаях, когда факторы заданы по порядковой шкале или по нескольким порядковым шкалам, цель состоит в упорядочении элементов исходного множества, точнее, в выявлении с помощью экспертов скрытой упорядоченности, которая, по предположению, присуща этому множеству. Необходимым условием решения этой задачи является допущение о транзитивности. Чем полнее упорядочены элементы, тем легче применить логико-математические и комбинаторные методы к решению таких задач.

В зависимости от существа или важности того или иного фактора на этапе подготовки и принятия решений могут использоваться различные шкалы. Такие факторы, как затраты, прибыль, время,

могут быть оценены по порядковой или интервальной шкале (в рублях, днях или в условных единицах). Для оценки же таких факторов, как срок окупаемости или сравнительная эффективность вариантов, может быть использована интервальная шкала; качественные и социальные факторы могут оцениваться по порядковым или номинальным шкалам. В табл. 12.1 приведены типы шкал и их основные характеристики.

Таблица 12.1

Типы шкал и их характеристики

Тип шкалы	Определение шкалы	Отношения, задаваемые на шкале
номинальная	простейший тип измерения, в котором числа или символы используются только для классификации объектов	эквивалентность (=)
порядковая	объекты одного класса находятся в некотором отношении с объектами другого класса (больше, чем; больше предпочтителен, сильнее и т.п.). Если $[A] > [B]$ для некоторых (но не всех) объектов классов и, то имеем частично упорядоченную шкалу	эквивалентность (=); больше, чем (>)
интервальная	порядковая плюс известные расстояния между двумя любыми числами на шкале (нулевая точка шкалы и единица измерения выбираются произвольно)	эквивалентность (=); больше, чем (>); известно отношение любых двух интервалов
шкала отношения	интервальная плюс истинная нулевая точка (отношение любых двух точек шкалы не зависит от единицы измерения)	эквивалентность (=); больше, чем (>); определено отношение любых интервалов; определено отношение между любыми двумя точками

Итак, основные этапы формализации процесса подготовки выбора с помощью экспертов состоят в выделении наиболее существенных факторов, оценке их по соответствующим шкалам и в сведении воедино оценок, полученных по каждому фактору, с целью сравнения и выбора наиболее предпочтительного решения (альтернативы) на основе установленного критерия.

Итак, основные этапы формализации процесса подготовки выбора с помощью экспертов состоят в выделении наиболее существенных факторов, оценке их по соответствующим шкалам и в сведении воедино оценок, полученных по каждому фактору, с целью сравнения и выбора наиболее предпочтительного решения (альтернативы) на основе установленного критерия.

12.2. Ранжирование и оценка

При решении многих практических задач часто оказывается, что явления, определяющие конечные результаты, не поддаются непосредственному измерению. Расположение этих явлений (факторов, альтернатив) в порядке возрастания (или убывания) какого-либо присущего им свойства называется *ранжированием*. Ранжирование позволяет выбрать из исследуемой совокупности явлений наиболее существенное (важное, значимое).

Бывает, что явления имеют различную природу и вследствие этого несоизмеримы, т.е. у них нет общего эталона (единицы, меры) сравнения. И в этих случаях установление относительной значимости с помощью экспертов и присвоение чисел натурального ряда, определяющих порядок (место) каждого явления в исследуемой совокупности, облегчает выбор наиболее предпочтительной из альтернатив.

Кроме этого, ранжирование может применяться в следующих ситуациях:

– когда необходимо упорядочить какие-либо явления (объекты) во времени или пространстве. Это ситуация, когда интересуются не сравнением степени выраженности какого-либо их качества, а лишь взаимным пространственным или временным расположением этих явления (объектов);

– когда нужно упорядочить объекты в соответствии с каким-либо измеримым качеством, но при этом не требуется производить его точное измерение;

– когда какое-либо качество в принципе измеримо, однако в настоящий момент не может быть измерено по причинам практического или теоретического характера.

Рассмотрим существо процедуры ранжирования подробнее. При ранжировании эксперт должен расположить объекты (альтернативы) в порядке, который представляется ему наиболее рациональным, и приписать каждому из них числа натурального ряда – ранги. При этом ранг 1 получает наиболее предпочтительная альтернатива, а ранг N – наименее предпочтительная.

Следовательно, порядковая шкала, получаемая в результате ранжирования, должна удовлетворять условию равенства числа рангов N числу ранжируемых объектов n .

Бывает так, что эксперт не в состоянии указать порядок следования для двух или нескольких объектов, либо он присваивает разным объектам один и тот же ранг, и в результате число рангов N оказывается не равным числу ранжируемых объектов n . В таких случаях объектам приписывают так называемые стандартизированные ранги. С этой целью общее число стандартизированных рангов полагают равным n , а объектам, имеющим одинаковые ранги, присваивают стандартизированный ранг, значение которого представляет среднее суммы мест, поделенных между собой объектами с одинаковыми рангами.

Пример 12.1

Пусть, например, шести объектам (альтернативам, факторам) присвоены следующие ранги:

i	1	2	3	4	5	6
x_i	1	2	3	3	2	3

Тогда объектам 2 и 5, поделившим между собой второе и третье места приписывается стандартизированный ранг $S = (2+3)/2 = 2,5$, а объектам 3, 4 и 6, поделившим 4-е, 5-е, 6-е места, приписывается стандартизированный ранг $S = (4+5+6)/3 = 5$. В итоге получаем следующую нормальную ранжировку:

i	1	2	3	4	5	6
x_i	1	2,5	5	5	2,5	5

Таким образом, сумма рангов S_N , полученная в результате ранжирования n объектов, будет равна сумме чисел натурального ряда, т.е.:

$$S_N = \sum_{i=1}^n x_i = \frac{n(n+1)}{2},$$

где x_i – ранг i -го объекта.

Когда ранжирование производится несколькими (m) экспертами, обычно сначала для каждого объекта подсчитывают сумму рангов S_{ij} , полученную от всех экспертов, а затем, исходя из этой величины $S_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij}$, устанавливают результирующий ранг для каждого объекта.

Наивысший (первый ранг) присваивают объекту, получившему наименьшую сумму рангов, и, наоборот, объекту, получившему наибольшую сумму рангов, присваивают самый низкий ранг N . Остальные объекты упорядочивают в соответствии со значением суммы рангов относительно объекта, которому присвоен первый ранг.

Точность и надежность процедуры ранжирования в значительной степени зависят от количества объектов. В принципе, чем таких объектов

меньше, тем выше их «различимость» с точки зрения эксперта, а следовательно, тем более надежно можно установить ранг объекта. Во всяком случае, количество ранжируемых объектов не должно быть больше 20, а наиболее надежна эта процедура, когда $n < 10$.

Метод ранжирования редко используется «в чистом виде». Чаще всего он сочетается с другими методами, обеспечивающими более четкое различие между альтернативами. Одним из них является метод непосредственной оценки и некоторые его модификации.

Метод непосредственной оценки состоит в том, что диапазон изменения какой-либо качественной переменной разбивается на несколько интервалов, каждому из которых присваивается определенная оценка (балл), например от 0 до 10. Шкала оценок может быть не только положительной, а, например, включать в себя диапазон с интервалом оценок от -3 до +3. Задача эксперта заключается в помещении каждого из рассматриваемых объектов (факторов) в определенный оценочный интервал в соответствии со степенью обладания тем или иным свойством либо в соответствии с предположениями эксперта об их значимости. Заметим, что число интервалов, на которое разбивается весь диапазон изменения качества, не обязательно должно быть одинаково для каждого эксперта. Кроме того, каждому эксперту разрешается давать одну и ту же оценку двум (или нескольким) качественно различным факторам.

В некоторых случаях оказывается удобнее для выбора наиболее предпочтительного фактора (альтернативы, объекта) сначала произвести оценку, а затем их ранжировать.

Пример 12.2

Пусть, например, m экспертов оценили (по 1 шкале от 0 до 100) k направлений исследований с точки зрения их важности для достижения определенной цели (табл. 12.2).

Таблица 12.2

Перевод оценок в ранги

Направление исследований	a	b	c	d	e	f	Q	h	k
оценки	40	30	80	90	20	100	60	70	50
ранги	7	8	3	2	9	1	5	4	6

Для того, чтобы проранжировать эти оценки, приписываем каждому из направлений исследований число натурального ряда таким образом, чтобы ранг 1 был приписан максимальной оценке, а ранг k – минимальной.

В ряде случаев суммарные оценки рангов нормируются. Нормирование любой меры означает, что представляющее ее число для всего множества в целом принимается равным единице. Нормирование позволяет установить более тесную связь между оценками, приписанными экспертами отдельным объектам. С этой целью оценки по всем объектам суммируются, а затем каждая из них делится на полученную сумму. Рассчитанные таким образом нормированные оценки могут быть вновь проранжированы.

Когда в экспертизе участвует несколько экспертов, обычно стремятся получить усредненную оценку (вес) для каждого объекта. Для этого нормированные оценки каждого объекта суммируются, а затем полученная сумма делится на число экспертов.

При наличии нескольких факторов, по которым следует оценить каждый из объектов, средняя оценка (вес) каждого объекта может быть рассчитана по следующей формуле:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^m w_{ij}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n w_{ij}},$$

где w_{ij} – вес i -го объекта, подсчитанный по оценкам всех экспертов, определяемый по следующей формуле:

$$w_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}},$$

где x_{ij} – оценка фактора i , данная экспертом j ; n – число факторов; m – число экспертов.

Рассмотрим конкретный пример «взвешивания» альтернатив по нескольким факторам.

Пример 12.3

При проектировании одной из сложных систем автоматического управления (САУ) было выделено 6 основных проблем: 1) устойчивость, 2) управляемость, 3) предотвращение критических ситуаций, 4) помехозащищенность, 5) согласование управляемой части системы с приводом, 6) сложность реализации. Каждая из проблем решается наилучшим образом при использовании определенного принципа построения САУ, однако для различных проблем эти принципы могут не совпадать. Было установлено, что для построения САУ можно было использовать каждый из одиннадцати различных принципов (альтернативных решений).

Задача заключалась в том, чтобы выбрать такой принцип, при использовании которого вся совокупность проблем решается наилучшим в каком-либо определенном смысле образом. При этом предполагалось,

что нельзя найти какой-либо один явно доминирующий принцип, при использовании которого все проблемы решаются наилучшим образом.

Для решения вопроса о компромиссном выборе принципа группа экспертов проранжировала известные принципы построения САУ при решении каждой проблемы, а также и сами проблемы в соответствии с важностью их решения при построении САУ.

В результате каждой проблеме был приписан вес и вычислен суммарный ранг каждого принципа построения САУ, при использовании которого вся совокупность проблем, а следовательно, и задача построения САУ в целом, решаются наилучшим образом с точки зрения данной группы экспертов.

Для получения независимых экспертных заключений были опрошены 13 специалистов, работающих в 3 различных организациях и представляющих различные научные направления. Опрос экспертов осуществлялся с помощью анкет, в которых были перечислены проблемы и принципы построения САУ.

Экспертам предлагалось проранжировать 6 основных проблем по важности их для построения САУ; приписать вес наиболее важной проблеме, если наименее важной, приписан вес 1; проранжировать 11 возможных принципов построения САУ по каждой из проблем.

Вес каждой из проблем v_q рассчитывался по следующей формуле:

$$v_q = v_0 + \frac{y_q - y_0}{y_s - y_0} (v_s - v_0),$$

где v_0 – вес наименее важной проблемы; v_s – вес наиболее важной проблемы; y_0 – суммарный ранг наименее важной проблемы; y_s – суммарный ранг наиболее важной проблемы.

Результирующая взвешенная оценка каждого из альтернативных решений (принципов построения САУ) определялась по следующей формуле:

$$x_i = \sum_{q=1}^k \sum_{j=1}^m v_q x_{qi}^j,$$

где m – число экспертов; k – число проблем; x_{qi}^j – ранг i -го альтернативного решения по Q -й проблеме, приписанный j -м экспертом.

Поскольку наиболее предпочтительному по каждой проблеме решению приписывается наименьший ранг, за решение можно найти, определив $\min(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

В табл. 12.3 приведены значения рангов, приписанные экспертами каждой проблеме в соответствии с важностью ее решения при построении САУ, значения суммарных рангов проблем и ранжировка, полученная на основании суммарных рангов.

Таблица 12.3

Ранжирование проблем

Эксперты	Проблемы					
	1	2	3	4	5	6
1	1	4	3	2	6	5
2	1	4	3	2	6	5
3	2	1	3	4	5	6
4	2	4	5	1	6	3
5	4	3	5	2	6	1
6	4	2	3	1	6	5
7	5	4	6	1	3	2
8	6	5	3	1	4	2
9	6	5	4	2	3	1
10	1	3	4	2	6	5
11	1	4	3	2	5	6
12	4	1	3	2	6	5
13	4	3	5	1	6	2
Суммарные ранги проблем	41	43	50	23	68	48
Ранжировка проблем	2	3	5	1	6	4

Значения результирующих взвешенных оценок каждого принципа и соответствующая их ранжировка приведены в табл. 12.4 и 12.5.

Таблица 12.4
Ранжирование принципов САУ с учетом веса проблем

Проблемы	Принципы											Коэффициент согласия
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	141 11	105 9	112 10	66,5 4	72,5 6	77,5 7	48,5 3	70 5	42 2	85 8	38 1	$W=0,544$ $p>0,99$
2	140 11	108,5 10	93 9	83,5 7	59,5 4	73 5	47 2	53 3	79 6	84 8	37,5 1	$W=0,544$ $p>0,99$
3	124,5 11	103,5 10	98,5 9	78,5 7,5	74 5	75 6	65 4	62,5 2	78,5 7,5	63 3	32 1	$W=0,544$ $p>0,99$
4	78,5 7	70,5 8	60,5 3	50 2	46,5 1	119,5 11	75 6	72,5 5	102,5 10	99,5 9	85 8	$W=0,544$ $p>0,99$
5	120,5 11	106 10	99 9	82 8	75 6	80 7	54 2	64 3	65 4	65,5 5	47 1	$W=0,544$ $p>0,99$
6	15 1	39 2	50 4	86,5 6	96,5 7	139 11	109,5 9	120,5 10	101,5 8	53 5	47,5 3	$W=0,544$ $p>0,99$

Таблица 12.5

Окончательная ранжировка принципов построения САУ

Принципы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
суммарные взвешенные ранги	108,6	94,8	90,4	79,2	74,5	78,6	63,1	71,4	73,6	79,3	45,9
ранжировка принципов	11	10	9	7	5	6	2	3	4	8	1

12.3. Метод последовательных предпочтений

Суммирование рангов и оценок (баллов) различных объектов и факторов представляется нам естественным, поскольку этот принцип часто используется при решении практических задач и значительно упрощает выбор наиболее предпочтительной альтернативы.

Балльные оценки в последнее время широко применяются при измерении уровня качества продукции, оценке деятельности научных подразделений и организаций и т.п.

Методы балльной оценки имеют ряд положительных качеств, основное из которых заключается в возможности сопоставления и соизмерения качественно различных факторов. Но предположения о такой возможности часто оказываются не подкрепленными содержательным анализом, существо которого выходит за пределы математики.

Общим дефектом показателей, получаемых на основе суммирования баллов, является то, что недостаток качества по одному из них можно компенсировать за счет другого, получая один и тот же результат при различной значимости факторов. Таким образом, для повышения надежности подобных оценок весьма важное значение имеет выявление связей и установление зависимостей (по возможности количественных) между всеми значимыми факторами.

Как было показано ранее, аддитивность оценок присуща шкале отношений и при некоторых условиях – шкале интервалов, поэтому суммирование баллов, расчет результирующих рангов и оценок должны быть основаны не только на их упорядочении, но и еще на некоторых логических допущениях о зависимостях, используя которые можно обоснованно приписывать качественно различным факторам (объектам, результатам) веса в одинаковых единицах по общей шкале измерения.

Основные из этих допущения заключаются в следующем:

– каждому результату (событию, фактору) соответствует

действительное неотрицательное число v_j , рассматриваемое как оценка истинной значимости Q_j ;

- если результат Q_j более важен, чем Q_k , то $v_j > v_k$ и если Q_j равноценен Q_k , то $v_j = v_k$;

- если оценки v_j и v_k соответствуют результатам Q_j и Q_k , то оценка $v_j + v_k$ соответствует общему результату Q_j и Q_k .

Последнее допущение и является допущением об аддитивности оценок. Это допущение выполняется, когда результаты дискретны, непротиворечивы и взаимно независимы.

Следствием допущения об аддитивности является:

а) если результат Q_j предпочтительнее Q_k , а Q_k предпочтительнее Q_i , то совместный результат Q_j и Q_k предпочтительнее Q_i ;

б) если значимость общего результата Q_j и Q_k эквивалентна значимости общего результата Q_k и Q_j , это означает, что порядок представления результатов или их группировка не влияют на предпочтения;

в) если общий результат Q_j и Q_k эквивалентен Q_k , то $v_j = 0$. Отсюда следует, что если существует результат Q_j удовлетворяющий данному условию, то существует и нулевая точка определенной шкалы, инвариантная к любым преобразованиям шкалы оценок v .

Как отмечалось ранее, обоснованная процедура приписания экспертных оценок требует, чтобы существовала какая-либо мера, позволяющая хотя бы субъективно сравнивать эти оценки.

Метод последовательности сравнений, разработанный У. Черчменом и Р. Акофом, обеспечивает проведение такого сравнения с учетом сделанных в начале данного раздела допущений.

Процедура последовательных сравнений состоит в следующем. Эксперту предоставляется перечень факторов (критериев, альтернатив, результатов), которые необходимо оценить по их относи-

тельной важности (значимости), и он производит ранжирование. Наиболее важному фактору придается оценка (вес v_1), равная единице, а остальным факторам – другие оценки (v_i) между 0 и 1 в порядке их относительной важности.

Затем эксперт устанавливает, является ли фактор с оценкой 1 более важным, чем комбинация остальных факторов. Если это так, то он увеличивает оценку v_1 чтобы она была больше, чем сумма всех остальных, т.е.

$$v_1 > \sum_{i=2}^n v_i.$$

Если нет, то он корректирует оценку v_1 , (если необходимо) так, чтобы она была меньше суммы всех остальных, т.е. $v_1 < \sum_{i=2}^n v_i$.

Далее определяется, является ли второй наиболее важный фактор с оценкой v_2 более важным, чем все остальные факторы, получившие более низкие оценки; повторяется та же процедура, что и для v_1 . Процедура последовательных сравнений продолжается вплоть до $(n - 1)$ -го фактора.

Таким образом, используемая здесь процедура состоит в систематической проверке оценок на базе их последовательного сравнения. Рассмотрим условный пример.

Пример 12.4

Представим, что возможны четыре результата, которые необходимо «взвесить» по их значимости. Процедура взвешивания будет состоять в следующем.

Упорядочим четыре результата по их значимости (относительной важности). Пусть Q_1 есть результат, считающийся наиболее важным, Q_2 – следующий по важности результат, далее идут Q_3 и Q_4 .

Присвоим вес 1,00 наиболее важному результату и некоторые другие веса – остальным результатам. Так, например, эксперт может приписать результатам Q_1, Q_2, Q_3 и Q_4 веса 1,00; 0,80; 0,50 и 0,30 соответственно.

Обозначим эти величины символами v_1, v_2, v_3 и v_4 ; их следует рассматривать как первые оценки «истинных» значений Q_1, Q_2, Q_3 и Q_4 .

Проведем сравнение Q_1, Q_2, Q_3 и Q_4 , т. е. выяснив что выберет эксперт, если ему предоставить возможное «получить» результат Q_1 или сумму результатов Q_2, Q_3 и Q_4 .

Предположим эксперимент утверждает, что Q_1 предпочтительнее этой суммы. Тогда значение оценки v_1 следует изменить так, чтобы выполнялось неравенство $v_1 > v_2 + v_3 + v_4$.

Например, можно принять, что $v_1 = 2,00$; $v_2 = 0,80$; $v_3 = 0,50$ и $v_4 = 0,30$. Отметим, что первоначальные значения оценок для Q_2, Q_3 и Q_4 остались без изменений.

Сравним далее Q_2, Q_3 и Q_4 . Предположим, что суммарный результат Q_3 и Q_4 более предпочтителен. Тогда требуется дальнейшее изменение первоначальных оценок. Например, можно принять $v_1 = 2,00$; $v_2 = 0,70$; $v_3 = 0,50$ и $v_4 = 0,30$.

Если эти оценки не противоречат мнениям экспертов, можно их нормировать, разделив каждую из них на сумму всех оценок, которая в данном случае равна 3,50.

Обозначив нормированные оценки символами v_i^* , имеем следующее:

$$v_1^* = \frac{2,00}{3,50} = 0,57; v_2^* = \frac{0,70}{3,50} = 0,20; v_3^* = \frac{0,50}{3,50} = 0,14; v_4^* = \frac{0,30}{3,50} = 0,09.$$

$$\text{Итого } \sum v_i^* = 1,00.$$

Используя предыдущий пример, сформулируем общую процедуру метода оценки весов на основе последовательных сравнений. В процессе этой процедуры необходимо осуществить следующие шаги.

А). Упорядочить результаты в соответствии с их значимостью (относительной важностью) с точки зрения эксперта.

Пусть Q_1 представляет наиболее важный результат, Q_2 – следующий по степени важности и т. д., а Q_m – наименее важный.

Б). Приписать вес 1,00 результату Q_1 (т.е. $v_1 = 1,00$) и другие веса – всем остальным результатам.

В). Сравнить Q_1 с $Q_2 + Q_3 + \dots + Q_m$. Получим следующие возможные результаты:

– если Q_1 предпочтительнее $Q_2 + Q_3 + \dots + Q_m$, изменить (в случае необходимости) значение v_1 так, чтобы выполнялось неравенство $v_1 > v_2 + v_3 + \dots + v_m$. При этой корректировке, так же как и при всех остальных, следует стремиться к тому, чтобы веса набора (v_1, v_3 и т.д.) остались без изменений. Далее следует перейти к шагу «Г»;

– если Q_1 и $Q_2 + Q_3 + \dots + Q_m$ равноценны, то изменить (в случае необходимости) значение v_1 так, чтобы выполнялось $v_1 = v_2 + v_3 + \dots + v_m$ и затем перейти к шагу «Г»;

– если результат Q_1 менее предпочтителен, чем $Q_2 + Q_3 + \dots + Q_m$, то изменить (в случае необходимости) значение v_1 так, чтобы выполнялось неравенство $v_1 < v_2 + v_3 + \dots + v_m$. Далее сравнить Q_1 с $Q_2 + Q_3 + \dots + Q_m$ и повторять описанную процедуру до тех пор, пока Q_1 будет или предпочтительнее, или равноценен всем остальным результатам.

Г). Сравнить Q_2 с $Q_3 + Q_4 + \dots + Q_m$ и выполнить весь шаг «В».

Д). Продолжить шаг «Г» до тех пор, пока не будет выполнено сравнение Q_{m-2} с $Q_{m-1} + Q_m$.

Е). Преобразовать каждое полученное значение v_1 в нормированное v_j^* разделив соответствующие веса на $\sum_{j=1} v_j$.

В итоге сумма $\sum_{j=1}^m v_j^*$ должна быть равна 1,00.

Описанный метод становится громоздким, когда число результатов (объектов, факторов, целей) равно или более 7. В этом случае может быть использована следующая процедура.

А). Упорядочить все множество, учитывая предпочтения эксперта (экспертов) и не ставя им в соответствие числовых значений.

Б). Выбрать случайным образом любой результат из множества, допустим Q_Q .

В). Разбить случайным образом оставшиеся результаты на подмножества так, чтобы каждое из них содержало не более 6 результатов.

Г). Включить в каждое из подмножеств результат, избранный в шаге «А».

Д). Применить процедуру, описанную выше, к каждому подмножеству результатов в отдельности, приписав предварительно некоторое число результату Q_Q (например 1, 10 или 100). При этом, корректируя значения оценок остальных результатов v_j , значение v_S оставляем без изменений.

Е). Сравнить оценки v_j с предпочтениями, полученным в шаге «А». Если в итоге получены непротиворечивые результаты, следует пронормировать оценки. Об обнаруженных противоречиях надо сообщить эксперту, который (в случае необходимости) меняет значения оценок.

Основой описанного подхода является введение в каждое подмножество результатов некоторой стандартной меры или базиса сравнения. Надежность полученных оценок можно проверить, образуя новые подмножества, используя другие базисные оценки.

Таким образом, применение метода последовательных сравнений основано на предположении о том, что если задан некоторый интервал действительного переменного, скажем от 0 до 1, то эксперт, основываясь на имеющейся у него информации, может установить предварительные оценки для каждого события, а затем уточнить их на основе сравнения с помощью определенной логической процедуры.

Поскольку множества, содержащие 7 и более элементов (результатов), трудно упорядочить с помощью метода последовательных сравнений (процедура становится громоздкой), целесообразно разбивать такие множества на несколько подмножеств, каждое из которых включает в себя не более 6 результатов.

Пример 12.5

Пусть имеется 17 результатов, их можно разбить на 3 подмножества примерно одинаковой величины, а затем производить сравнение.

Случайным образом выбирают один результат, например 04. Затем разбивают опять-таки случайным образом оставшиеся 16 результатов на 3 подмножества из которых 2 содержат 5 результатов и одно – 6. Образовывают 3 подмножества, каждое из которых должно содержать выбранный результат. Например, это можно выполнить следующим образом:

$$\begin{array}{c}
 Q_4 \\
 Q_1 \\
 Q_9 \\
 Q_{10} \\
 Q_{15} \\
 Q_{17}
 \end{array}
 \left| \left| \begin{array}{c}
 Q_4 \\
 Q_3 \\
 Q_2 \\
 Q_6 \\
 Q_8 \\
 Q_{14}
 \end{array} \right. \right|
 \left| \left| \begin{array}{c}
 Q_4 \\
 Q_5 \\
 Q_7 \\
 Q_{11} \\
 Q_{12} \\
 Q_{13} \\
 Q_{16}
 \end{array} \right. \right|$$

Далее применяют описанную выше процедуру последовательных сравнений к каждому подмножеству результатов в отдельности, приписав предварительно некоторое число результату (скажем, 10). При этом корректируя оценки других результатов, оценку 4 оставляют неизменной.

Наконец, сравнивают полученные ненормированные оценки с оценками, полученными при первоначальном упорядочении, и выясняют, какое из предпочтений является более обоснованным. В случае необходимости вносят коррективы в первоначальные оценки.

Надежность полученных таким образом оценок можно проверить, образуя новые подмножества и используя другую базисную оценку.

Выделение предпочтений в сложных и комплексных проблемах с помощью метода последовательных предпочтений при наличии большого числа альтернатив становится затруднительной. В таких случаях следует попытаться разделить проблему на ряд более простых подпроблем и задач, для которых сравнительно просто выявить предпочтения, либо же, если это оказывается невозможным, использовать *метод парных сравнений*.

12.4. Метод парных сравнений

Трудности использования ранжирования, непосредственной оценки и метода последовательных сравнений при выявлении предпочтений для большого числа объектов (факторов, альтернатив) можно в определенной степени уменьшить, если предложить экспертам произвести сравнение этих объектов попарно, с тем чтобы установить в каждой паре наиболее важный (значимый).

Для облегчения этой процедуры составляют матрицы парных сравнений, в которых все объекты (1, 2, ..., n) записываются в одном и том же порядке дважды: в верхней строке и в крайнем левом столбце.

Форма первой матрицы A парных сравнений показана в табл. 12.6.

Таблица 12.6

Матрица A парных сравнений

	1	2	...	j	...	n
1		x_{12}		x_{1j}		x_{1n}
2	x_{21}	-		x_{2j}		x_{2n}
\vdots						
i	x_{i1}	x_{i2}		x_{ij}		x_{in}
\vdots						
n	x_{n1}	x_{n2}		x_{nj}		-

Каждый эксперт, заполняющий такую матрицу, должен про- ставить на пересечении строки и столбца для двух сравниваемых факторов оценку x_{ij} . В зависимости от того, является ли фактор i более предпочтительным, чем фактор j , эта оценка равна 1 или 0 соответственно. В главной диагонали такой матрицы проставляются прочерки или нули. Каждая пара факторов может сравниваться единожды или дважды (например сначала x_{12} , а затем x_{21} в матрице

табл. 12.6). В случае, когда факторы сравниваются попарно дважды (полное парное сравнение), общее число сравнений будет $n(n - 1)$; при однократном попарном сравнении:

$$I = \frac{n(n-1)}{2},$$

где n – общее число факторов; I – число сравнений.

Существуют различные варианты частичного парного сравнения. Так, например, эксперту могут предложить сравнить заранее сгруппированные пары факторов, где он должен лишь указать наиболее предпочтительный; в этом случае каждый фактор сопоставляется только с каким-либо другим.

Может быть заранее подготовлена матрица частичного парного сравнения, в которой одна группа факторов (целей, альтернатив, критериев) сопоставляется со всеми другими, тогда как остальные факторы сопоставляются лишь с некоторыми другими.

Метод парных сравнений может быть использован и для установления суммарных рангов факторов. С этой целью факторы, которые должны быть проранжированы, записываются в обычном порядке в левом столбце и в верхней строке матрицы, а затем производится их парное сравнение. Матрица просматривается слева направо. Когда обнаруживается, что фактор, находящийся в левом столбце матрицы, предпочтительнее, чем фактор, помещенный в верхней строке, то в верхнюю часть клетки, образованной пересечением строки и столбца, ставится 1, а в нижнюю – 0. Если фактор, находящийся в верхней строке матрицы, предпочтительнее, чем фактор в левом столбце, то 0 ставится в верхнюю половину клетки, а 1 – в нижнюю. Затем, в зависимости от числа предпочтений, каждому фактору присваивается определенный ранг. Так, в приведенной в качестве примера матрице

табл. 12.7 фактор С получает наивысший ранг – 3, фактор D – ранг 2, фактор А – 1 и фактор В – 0.

Таблица 12.7

Матрица предпочтений для ранжирования
с помощью парного сравнения

Факторы	А	В	С	Д	Ранг
А	-	1 0	0 1	0 1	1
В	0 1	-	0 1	0 1	0
С	1 0	1 0	-	1 0	3
Д	1 0	1 0	0 1	-	2

В некоторых случаях сначала производится предварительное ранжирование факторов, а затем с помощью метода парных сравнений – уточнение их предпочтительности. Поскольку обычно в процедуре парного сравнения участвуют несколько экспертов, то сначала каждый из них заполняет матрицу А, а затем полученные индивидуальные предпочтения суммируются с учетом мнений всех экспертов.

На основе результатов этого суммирования строится вторая матрица (Р), показывающая процентное отношение случаев, когда фактор *i* оказывался более значимым, нежели фактор *j*, в общем числе полученных оценок.

Таблица 12.8

Матрица P : доля случаев, когда фактор i предпочтительнее фактора j

Фактор i	Фактор j						Сумма ряда
	1	2	...	j	...	n	
1	–	p_{12}		p_{1j}		p_{1n}	p_1
2	p_{21}	–		p_{2j}		p_{2n}	p_2
⋮							
i	p_{i1}	p_{i2}		p_{ij}		p_{in}	p_i
⋮							
n	p_{n1}	p_{n2}		p_{nj}		–	p_n

Элементы матрицы P обладают тем свойством, что $p_{ij} = \frac{x_{ij}}{m}$, где m – число экспертов; кроме того, $p_{ij} + p_{ji} = 1$.

После получения обобщенной матрицы предпочтений P , элементы которой p_{ij} представляют относительное число предпочтений, полученных от всех экспертов, но каждому фактору перед каждым другим фактором, можно произвести их шкалирование. Шкалирование основано на так называемом законе сравнительных суждений, впервые сформулированном Л. Терстоуном. Суть этого подхода состоит в следующем.

Если парное сравнение факторов производится относительно большим числом экспертов ($m \geq 25$), то полученные разности между их оценками обладают нормальным распределением. Пусть m экспертов приписывают n признакам $R_i (i_1, i_2, \dots, i_n)$ числа $S_i (j_1, j_2, \dots, j_n)$ в соответствии со степенью обладания ими каким-то качеством X .

Тогда числа S_j представляют собой шкальные оценки признаков R_j , а разность между такими оценками двух объектов R_i и R_j (если оценки коррелируют между собой) можно выразить с помощью следующей шкалы:

$$S_i - S_j = Z_{ij} \sigma_{ij} \quad (12.1)$$

где S_i, S_j – шкальные оценки факторов; σ_{ij} – среднее квадратическое (стандартное) отклонение предполагаемого распределения различий S_i и S_j ; Z_{ij} – нормированное отклонение, соответствующее p_{ij} , представляющему долю случаев предпочтения фактора i фактору j , таким образом, получаем следующее:

$$G(Z_{ij}) = p_{ij} = \int_{-\infty}^{Z_{ij}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (12.2)$$

Взаимоотношение между Z_{ij} и p_{ij} иллюстрирует рис. 12.1, где заштрихованная площадь под кривой показывает относительное число предпочтений фактора i фактору j , когда Z_{ij} измеряется в единицах стандартного отклонения.

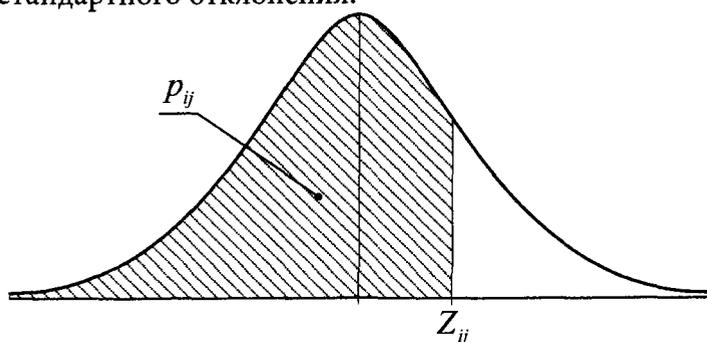


Рис. 12.1. Соотношение между p_{ij} и Z_{ij}

Для упрощения можно принять, что σ_{ij} в формуле (12.1) равно 1, тогда

$$S_i - S_j = Z_{ij}.$$

При этом допускается, что площадь под кривой нормированного нормального распределения от -3σ до $+3\sigma$ приблизительно равна единице (0,997).

В действительности реальные оценки отличаются от ожидаемого ряда Z_{ij} . Поэтому задача заключается в нахождении множества оценок, для которых это расхождение будет минимальным.

Таким образом, процедура построения шкальных оценок состоит в том, чтобы обратить наблюдаемые отношения p_{ij} (матрица P) в ожидаемые Z_{ij} по уравнению (12.2), используя таблицу нормированного нормального распределения. Эти Z_{ij} составляют матрицу с двумя входами или матрицу основного преобразования Z с рядами цифр для каждого фактора i и столбцами цифр для каждого фактора j , как это показано в табл. 12.9.

В матрице Z каждая оценка Z_{ij} – это различие между параметром i и параметром j в стандартных отклонениях, причем сумма

этих оценок $Z_i = \sum z_i$, а среднее значение $\bar{Z} = \frac{\sum_{i=1}^n z_i}{m}$, где m – число

экспертов.

Таблица 12.9

Матрица Z основного преобразования (различий)

Фактор i	Фактор j							Всего	Среднее значение
	1	2	3	...	j	...	n		
1	-	z_{12}	z_{13}		z_{1j}		z_{1n}	Z_1	\bar{Z}_1
2	z_{21}	-	z_{23}		z_{2j}		z_{2n}	Z_2	\bar{Z}_2
3	z_{31}	z_{32}	-		z_{3j}		z_{3n}	Z_3	\bar{Z}_3
⋮									
i	z_{i1}	z_{i2}	z_{i3}		z_{ij}		z_{in}	Z_i	\bar{Z}_i
⋮									
N	z_{n1}	z_{n2}	z_{n3}		z_{nj}		-	Z_n	\bar{Z}_n

При этом p_{ij} рассматривается как площадь нормированного нормального распределения от $-\infty$ до Z . Значения функции такого распределения приведены во многих книгах по статистике.

Заметим, что z_{ij} в среднем равно 0 и что $z_{ij} = -z_{ji}$. Если любое z_{ij} оказывается большим, чем $+2,0$, или же меньшим, чем $-2,0$, оно отвергается как нестабильное. Если ни одна из оценок z_{ij} не будет отвергнута на основании этого правила, то шкальная оценка фактора i будет равна средней величине всех оценок в i -м столбце данной матрицы. Когда некоторое z_{ij} отвергается, то в таблице ставится прочерк. Для каждой пары последовательных столбцов данных необходимо рассчитать разность оценок и поместить ее в отдельную матрицу различий. При этом разница между двумя прочерками или между значением и прочерком считается несущественной, и в матрице различий ставится прочерк. Таким образом, произвольно установив $S_i = 0$, можно определить остальные шкальные оценки.

Очевидно, что показанный метод парных сравнений является интервальным, поскольку не только шкальный фактор, но и нулевая точка шкалы устанавливаются здесь произвольно.

При большом числе факторов может быть использован другой интервальный метод, называемый методом последовательных интервалов. Здесь принимается, что границы интервалов могут быть установлены так, чтобы все распределения суждений о факторе были нормальными.

Представим, что интервалы проранжированы в порядке от наименее до наиболее предпочтительного. Пусть p_{ig} — относительное число экспертов, которые поместили фактор j в интервале g или в любом другом интервале меньшего рангового порядка. Пусть Z_{ig} будет нормированным нормальным отклонением, соответствующим p_{ig} .

Тогда

$$Z_{ig} = \frac{t_g - S_j}{\sigma_j} \quad (12.3)$$

где t_g – граница между интервалами g и $g + 1$; S_j – шкальная оценка фактора j ; σ_j – стандартное отклонение фактора j .

Принимая $\sigma_j = 1$, получим

$$Z_{ij} = t_g - S_j.$$

На рис. 12.2 показано распределение двух признаков с различным стандартным отклонением.

Для получения шкальных оценок S_j и границ интервалов t_g можно предложить экспертам расположить m факторов в M интервалах ($M < m$).

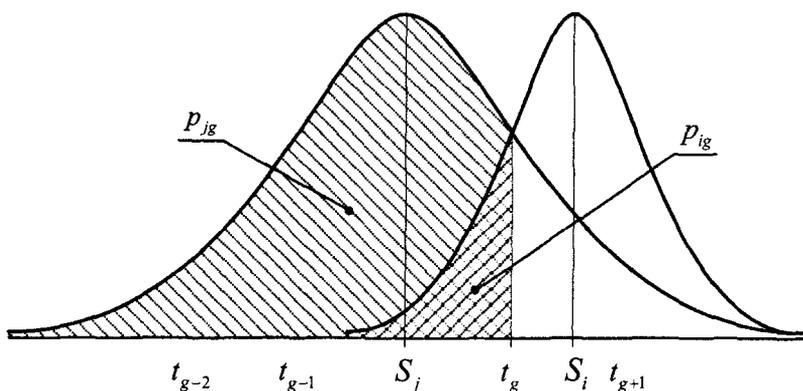


Рис. 12.2. Соотношения распределений двух признаков

Тогда

$$p_{ig} = \frac{n_{jg}}{N},$$

где p_{ij} – относительное число экспертов, которые поместили фактор j в интервале g или в любом другом интервале меньшего ранга.

Затем по таблице нормированного нормального распределения в соответствии с формулой 12.3 для каждого p_{jg} определяется S_{jg} .

Для получения шкальных оценок и границ интервалов можно также использовать и метод обращения полученных из наблюдений величин p_{jg} в Z_{jg} , применяемый при парном сравнении.

Приняв $t_1 = 0$, вычисляют с помощью подобных таблиц границы интервалов, а затем конструируется четвертая матрица, значения оценок которой находятся путем вычитания каждой записи g -го ряда матрицы Z_{jg} из полученной оценки. Средняя величина ряда в этой матрице – это шкальная оценка соответствующего признака.

В заключение рассмотрим пример использования метода парных сравнений для оценки относительной важности параметров нового самолета.

Пример 12.6

В качестве экспертов были приглашены 10 опытных специалистов. Рассматривались следующие параметры: S_I – скорость полета; R_{II} – радиус действия; C_{III} – боевой потолок; P_{IV} – полезная нагрузка.

Экспертам было предложено ранжировать эти 4 параметра в порядке их важности. Результаты показаны в табл. 12.10, где единице соответствует высший ранг. Матрица A процедуры расчета для этого случая показана в табл. 12.11.

Таблица 12.10

Ранги, предложенные экспертами

Эксперты	Параметры			
	S_I	R_{II}	C_{III}	P_{IV}
1	3	2	1	4
2	1	2	3	4
3	3	1	2	4
4	1	2	3	4
5	3	1	2	4
6	3	1	2	4
7	3	2	4	1
8	3	4	1	2
9	2	4	1	3
10	2	1	3	4
Сумма рангов	24	20	22	34
Средний ранг	2,4	2,0	2,2	3,4

Например, эксперт 7 расположил параметры по степени важности в следующем порядке P_{IV} , R_{II} , S_I , C_{III}

Таблица 12.11

Матрица А: число случаев, когда параметр i определяется как более важный, чем параметр j

Параметр j \ Параметр i	S_I	R_{II}	C_{III}	P_{IV}
S_I	–	4	4	8
R_{II}	6	–	7	7
C_{III}	6	3	–	9
P_{IV}	2	3	1	–

Матрица P и матрица Z для данного примера приведены в табл. 12.12 и 12.13.

Таблица 12.12

Матрица P : доля случаев, когда параметр i определяется как более важный, чем j

Параметр i	Параметр j				Сумма
	S_I	R_{II}	C_{III}	P_{IV}	
S_I	-	0,400	0,400	0,800	1,600
R_{II}	0,600	-	0,700	0,700	2,000
C_{III}	0,600	0,300	-	0,900	1,800
P_{IV}	0,200	0,300	0,100	-	0,600

Таблица 12.13

Матрица Z основного преобразования

Параметр i	Параметр j				Всего	Средняя Z
	S_I	R_{II}	C_{III}	P_{IV}		
S_I	0	-0,25334	-0,25334	0,84161	0,33493	0,83373
R_{II}	0,25334	0	0,52441	0,52441	1,30216	0,32554
C_{III}	0,25334	-0,52441	0	1,28155	1,01048	0,25262
P_{IV}	-0,84161	-0,52441	-1,28155	0	-2,64757	-0,66189

Величины, необходимые для расчета относительной важности параметров, приведены в таблице 12.14.

Таблица 12.14

Расчет показателей относительной важности

Параметр i	Z	$P(Z)$	Нормированная относительная важность
S_I	0,08373	0,53336	0,2647
R_{II}	0,32554	0,62761	0,3115
C_{III}	0,25262	0,59972	0,2977
P_{IV}	-0,66189	0,25403	0,1261

Можно проверить полученные результаты на непротиворечивость: процедуру проверки необходимо начинать с итоговой ценностной шкалы и проводить расчеты в обратном порядке. С этой целью разности, выраженные в форме $(\bar{Z}_i - \bar{Z}_j)$, преобразовываются в $G(\bar{Z})$ с помощью показателей таблиц нормального распределения, т.е. в процентное соотношение числа случаев, в которых параметр i теоретически был определен как более важный, нежели параметр j .

Таблица 12.15

Проверка на непротиворечивость

	$\bar{Z}_i - \bar{Z}_j$	P (рассчитано)
$\bar{Z}_I - \bar{Z}_{II} = 0,08373 - 0,32554$	- 0,24181	0,40447
$\bar{Z}_I - \bar{Z}_{III} = 0,08373 - 0,25262$	- 0,16889	0,43295
$\bar{Z}_I - \bar{Z}_{IV} = 0,08373 - (- 0,66189)$	0,74562	0,77205
$\bar{Z}_{II} - \bar{Z}_{III} = 0,32554 - 0,25262$	0,07292	0,52906
$\bar{Z}_{II} - \bar{Z}_{IV} = 0,25262 - (- 0,66189)$	0,91451	0,81977
$\bar{Z}_{III} - \bar{Z}_{IV} = 0,25262 - (- 0,66189)$	0,91451	0,81977

Различие между расчетным процентным соотношением числа случаев, в которых параметр i определялся как более важный, нежели параметр j , и наблюдаемое число случаев, когда параметр i превосходил по значению параметр j , обозначалось через Δ_{ij} . Каждая Δ_{ij} сравнивалась со средним значением абсолютных величин всех этих разностей. Эта величина затем рассматривалась как отклонение от ожидаемого P_{ij} .

Расчет отклонений Δ_{ij} :

$$\Delta I - II = 0,40447 - 0,400 = 0,00447,$$

$$\Delta I - III = 0,43295 - 0,400 = 0,03295,$$

$$\Delta I - IV = 0,77205 - 0,800 = -0,02795,$$

$$\Delta II - III = 0,52906 - 0,700 = -0,17094,$$

$$\Delta II - IV = 0,83828 - 0,700 = 0,13828,$$

$$\Delta III - IV = 0,81977 - 0,900 = -0,08023,$$

$$\sum |\Delta_{ij}| = 0,45482.$$

Среднее линейное отклонение $\frac{\sum |\Delta_{ij}|}{N} = \frac{0,45482}{6} = 0,07580$.

Наибольшее по абсолютной величине расхождение между наблюдаемой и расчетной величиной равнялось 0,17094; оно было меньше, чем 3 средних отклонения, что свидетельствует о надежности данных, т.е. о том, что эксперты были последовательны в своих оценках и назначенные оценки непротиворечивы.

Выбор в реальных ситуациях требует выполнения ряда операций, одни из которых более эффективно выполняет человек, а другие – ЭВМ. Эффективное объединение их достоинств воплощается в создании человеко-машинных систем. Наряду с созданием программ и пакетов для полностью автоматического решения задач в последние годы развиваются экспертные системы и системы поддержки решений.

13. Базы знаний, экспертные системы [II.1, II.2]

Создание баз знаний и экспертных систем в настоящее время, пожалуй, главный путь движения к искусственному интеллекту. Приведем высказывания наиболее активных сторонников такого мнения.

Есть ли еще что-нибудь в искусственном интеллекте, кроме экспертных систем? Действительно, экспертная система определяется как «воплощение в ЭВМ компоненты опыта эксперта, основанной на знании в такой форме, что машина может дать интеллектуальный совет или принять интеллектуальное решение относительно выполняемой функции. Желательно дополнительное свойство (которое многие считают главным) – способность системы по требованию объяснять ход своих рассуждений понятным для пользователя образом»¹.

Такие поистине интеллектуальные свойства экспертных систем реализуются благодаря двум их особенностям:

– наличие полученных от человека (эксперта) знаний в определенной предметной области в форме набора фактов (предметное знание) и эвристических приемов (эмпирических правил), вводимых в машинную базу данных и базу знаний. Например, наиболее употребительный формат правила в базе знаний – это формат «ЕСЛИ <условие>, ТО <действие>»; при этом <действие> может быть и действием по изменению содержимого базы данных;

– в отличие от программных систем прошлых поколений машина оперирует не только с данными, но и с понятиями, выраженными в терминах естественного языка, а также со знаниями о классах объектов, обозначенных этими терминами и отношениями между ними. Это достигается созданием специальных программ; в последние годы разработан специальный язык, опе-

¹ Электротехнический справочник. Т. 1 Общие вопросы. Электротехнические материалы / Под. общ. ред. В. Г. Герасимова.

рандами которого служат как элементы данных, так и правила-операторы.

Экспертные системы имеют широкие перспективы: известны их многочисленные практические реализации в разнообразных предметных областях. Некоторые важные принципы организации экспертных систем, учитывающие расплывчатость терминов естественного языка, были заложены Д. А. Поспеловым еще в системах ситуационного управления [7].

Если первое направление ориентировано на полную автоматизацию хорошо формализованных задач, а второе – на создание систем, накапливающих опыт экспертов и, по существу, впоследствии заменяющих самих экспертов, то в третьем, современном, направлении развития человеко-машинных систем выбора делается основной акцент на участие самого лица, принимающего решения, в попытках формализовать задачу выбора, в самостоятельном сравнении и оценивании с помощью ЭВМ различных альтернатив разными способами.

Это третье направление представлено системами интерактивной оценки решений и особенно системами поддержки решений (*DSS – decision support systems*). Разработка систем поддержки решений ведется, в частности, в рамках интернационального проекта, осуществляемого учеными ряда стран под эгидой Международного института прикладного системного анализа в Люксембурге. Идеология этого подхода хорошо выражена Гарри П. Хатри. Рассматривая случай, когда системный аналитик помогает лицу, принимающему решение, сформировать однокритериальную задачу оценки альтернатив, он пишет [8]: «Без сомнения, работа принимающих решения была бы легче, если бы можно было использовать пусть приблизительную, но единственную меру эффективности. Однако я настаиваю на том, что такие процедуры ставят аналитика

в положение, когда он неоднократно делает суждения о назначении коэффициентов, которые, по существу, по праву должны назначаться в процессе политического вынесения решений, а не самим аналитиком. Эти назначения коэффициентов закопаны в процедурах, используемых аналитиком, и редко известны принимающему решения или понятны ему.

Такие трюки в перспективе ведут к дискредитации системного анализа и к заметному уклонению от того, что является его главным предназначением: представлять принимающим решения альтернативные пути достижения целей, оценивать и показывать все основные взаимосвязи между затратами и эффективностями этих альтернатив».

Системы поддержки решений ориентированы не на автоматизацию функций лица, принимающего решения, а на предоставление ему помощи в поиске «хорошего» решения, поэтому в таких системах особое внимание уделяется диалогу и эргономичности системы. Конечно, в математическое и программное обеспечение систем поддержки решений входят и формализованные процедуры, которые лицо, принимающее решения, может использовать в любой нужной ему степени.

14. Пример простейшей методики оценки и анализа риска

14.1. Назначение

Настоящая методика предназначена для определения порядка оценки и анализа риска, а так же определения мер профилактического и предупреждающего воздействия. Положения настоящей методики носят общеметодический и рекомендательный характер и могут уточняться по ходу проведения оценки и анализа риска.

14.2. Область действия

Настоящая методика используется при подготовке и проведении анализа риска. Разработанные по результатам анализа меры профилактического и предупреждающего воздействия могут быть оформлены в виде организационно-распорядительных документов и/или локальных нормативных актов.

14.3. Порядок проведения оценки

Оценка проводится в 3 этапа.

1. Определяются виды угроз в отношении объекта. Угрозы – это, как правило, внешние по отношению к объекту безопасности факторы, возникающие вне зависимости от основной производственной деятельности организации.

2. Определяются виды рисков в отношении объекта. Риски – это, как правило, внутренние факторы, возникающие в ходе основной производственной деятельности организации, а также в ряде случаев и головной компании.

3. Определяется величина текущего риска (т. е. риска в соответствии с условиями текущего периода).

А). По каждому виду угрозы и риска определяются 3 показателя: *O*, *D* и *S*. Показатели определяются, исходя из оценки текущей

ситуации. При этом под показателями *O*, *D* и *S* подразумевают следующее:

O – экспертно выставляемая оценка, соответствующая текущему уровню (потенциалу) вида риска/угрозы (ответ на вопрос, о том какова текущая ситуация по отношению к данному виду риска/угрозы);

D – экспертно выставляемая оценка, соответствующая возможности немедленного оперативного реагирования для эффективного противодействия данному виду риска/угрозы (ответ на вопрос о том, насколько мы готовы в оперативном плане для нейтрализации данного вида риска/угрозы с точки зрения предотвращения невыполнения требования);

S – экспертно выставляемая оценка, соответствующая значимости вида риска/угрозы с точки зрения возникновения несоответствия, (ответ на вопрос о том, какова вероятность того, что данный вид риска/угрозы повлечет несоответствие при отсутствии немедленного оперативного реагирования и эффективного противодействия данному виду риска/угрозы);

Б). По каждому виду риска/угрозы вычисляется приоритетное число риска (ПЧР) по следующей формуле:

$$ПЧР = O \times D \times S.$$

По величине ПЧР делают следующие выводы:

- *ПЧР больше 100* – означает высокий уровень данного вида риска/угрозы и требует незамедлительной разработки и принятия мер профилактического и/или предупреждающего воздействия;
- *ПЧР меньше 40* – означает низкий уровень данного вида риска/угрозы и не требует принятия дополнительных мер;
- *ПЧР больше 40, но меньше 100* – означает, что уровень риска

неясен, целесообразно начать разработку и/или принятие мер профилактического и/или предупреждающего воздействия;

В). Значения оценок O , D и S определяют, исходя их следующих рекомендаций (табл. 13.1, 13.2, 13.3).

Таблица 14.1

Рекомендации по выбору значения O (экспертная оценка, соответствующая текущему уровню (потенциалу) вида риска/угрозы)

Какова ситуация по отношению к данному виду угрозы/риска		Балл O
критическая	Проявление риска/угрозы неизбежно	10
предгрозовая	Проявление риска/угрозы ожидается с высокой вероятностью	9 8
пограничная	Есть информация о возможном проявлении риска/угрозы	7 6 5
спокойная	Проявление риска/угрозы не ожидается	4 3
уверенная	Достоверно известно об отсутствии вероятности проявления риска/угрозы	2
нулевая	Достоверно известно об отсутствии вероятности проявления риска/угрозы, а также отсутствие инцидентов по данному риску/угрозе в отраслях в течение длительного времени (более 10 лет)	1

Таблица 14.2

Рекомендации по выбору значения *D* (экспертная оценка, соответствующая возможности немедленного оперативного реагирования для эффективного противодействия данному виду риска/угрозы)

Насколько мы готовы в оперативном плане к нейтрализации данного вида риска/угрозы с точки зрения предотвращения несоответствия	Балл <i>D</i>
нет метода обнаружения или противодействия риску/угрозе	10
метод обнаружения или противодействия риску/угрозе является неэффективными или персонал не владеет им в полной мере	9 8
возможна ошибка персонала и/или специальных технических средств при обнаружении и/или противодействии риску/угрозе	7 6 5
методы обнаружения или противодействия риску/угрозе являются стандартными и персонал отрабатывает их регулярно, но с незначительными ошибками	4 3
методы обнаружения или противодействия риску/угрозе являются стандартными и персонал отрабатывает их регулярно без ошибок	2
исключена возможность ошибка при обнаружении и/или противодействии риску/угрозе	1

Таблица 14.3

Рекомендации по выбору значения S (экспертная оценка, соответствующая значимости вида риска/угрозы с точки зрения возникновения несоответствия)

Какова вероятность того, что данный вид риска/угрозы повлечет несоответствие при отсутствии немедленного оперативного реагирования и эффективного противодействия данному виду риска/угрозы?	Балл S
отсутствие немедленного оперативного реагирования неминуемо приведет к возникновению несоответствия*	10
отсутствие немедленного оперативного реагирования с высокой вероятностью приведет к возникновению несоответствия	9 8
отсутствие немедленного оперативного реагирования скорее всего не приведет к возникновению несоответствия	7 6 5
отсутствие немедленного оперативного реагирования не приведет к возникновению несоответствия	4 3
данный риск/угроза ни при каких обстоятельствах не повлечет за собой несоответствия	2
данный риск/угроза ни при каких обстоятельствах не повлияет на безопасность, процесс (продукт) и не связан с ними	1

* – под несоответствием следует понимать несоблюдение требований к процессу, продукции и/или безопасности.

14.4. Порядок проведения анализа

После проведения оценивания, строится графическое представление величин $ПЧР$ для всех рисков и угроз.

Вывод об общем уровне риска делается следующим образом:

- 1) если основное количество рисков и угроз находится в диапазоне $ПЧР$ ниже 40, принимается уровень опасности – «низкий»;
- 2) если основное количество рисков и угроз находится в диапазоне $ПЧР$ от 40 до 100, принимается уровень опасности – «средний»;

3) если основное количество рисков и угроз находится в диапазоне ПЧР выше 100, принимается уровень опасности – «высокий»;

4) в спорных и сомнительных ситуациях, уровень опасности завышается.

Для рисков и угроз, величина ПЧР которых превысила значение 100, в обязательном порядке даются поручения ответственным сотрудникам для глубокой проработки и подготовки предложений по мерам предупреждающего и профилактического воздействия.

В ходе анализа заполняется протокол, примерная форма которого приведена ниже.

Таблица 14.4

ПРОТОКОЛ

оценки и анализа _____

1. Результат оценки угроз

№ п/п	Угрозы	Последствия	O	D	S	ПЧР
1.						
2.						
...						

2. Результаты оценки рисков

№ п/п	Риски	Последствия	O	D	S	ПЧР
1.						
2.						
...						

На рис. 14.1 приведен пример графического представления результатов.

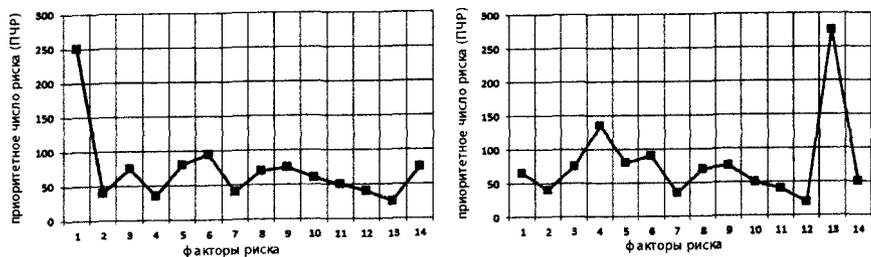


Рис 14.1. Пример графического представления результатов

15. Управление рисками в системе поставок [II.6]

Пример управления рисками в системе поставок приведен в соответствии с документом prEN 9134:2004 «Аэрокосмическая документация. Система качества. Управление рисками в системе поставок». Данный документ является предварительным стандартом из серии аэрокосмической документации, составленной под руководством Европейской ассоциации предприятий аэрокосмической промышленности по стандартизации и утвержденной экспертами после изучения комментариев, представленных членами организации.

Аэрокосмический бизнес в своей деятельности полагается на сложную систему (сеть) поставщиков, каждый из которых подвержен воздействию различных рисков, способных подвергнуть поставки опасности. По мере роста количества поставщиков во всем мире, предлагающих свои услуги аэрокосмической промышленности (некоторые из них находятся в странах, не входящих в зону действия признанных национальных и международных регулирующих авиационных органов), сети поставщиков становятся все более широко распространенными. Таким образом, растет необходимость раннего выявления рисков, способных отразиться на качестве продукции, предоставляемых услуг, и эффективного управления ими. Использование средств управления рисками в системе поставок предоставляет дополнительную защиту предприятию, обеспечивая длительную, успешную работу базы поставщиков заказчика в области поставок продукции, предоставлении услуг надлежащего качества и в соответствии с требованиями программы.

В то время как традиционное качество с маленькой буквы «к» с точки зрения бизнеса отдельной компании является ключевым элементом, подлежащим оценке, другие элементы также играют важную роль в уменьшении риска.

Эта деятельность также может включать такие дисциплины, как управление закупками, контрактную логистику, финансы, оценку стоимости, конструкторские работы (все проектные и производственные дисциплины), управление конфигурацией, управление проектом, эксплуатацией и предприятием и т. д.

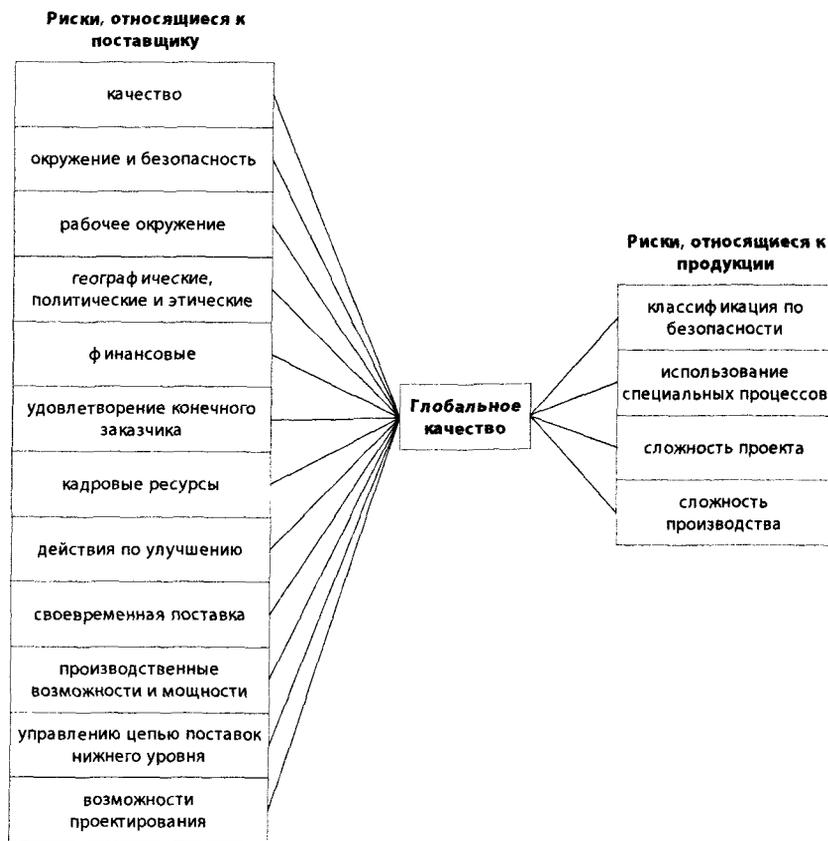


Рис 15.1. Модель оценки рисков качества

В табл 15.1 и 15.2 приведен список факторов, невыполнение которых может привести к возникновению рисков.

Перечень рисков, связанных с поставщиками

Фактор риска	Оцениваемый элемент	Инструменты определения риска	Инструменты управления и сокращения риска
Качество	<ul style="list-style-type: none"> – утверждение/сертификация Системы Качества: аэрокосмическая промышленность (серия стандартов AS 9100/EN 9100, требования регулирующих органов и т.д.); другие области промышленности; – утверждение/сертификация специальных процессов (заказчики, NADCAP и др.); – проверка наличия у поставщика опыта работы с аналогичной продукцией; – отзывы существующих заказчиков-представителей аэрокосмической промышленности; – процесс анализа контракта; – показатели качества (отбракованная продукция, количество предоставленных разрешений на поставку несоответствующей продукции, результаты оценки системы качества, результаты аудитов, проведенных заказчиками и т. д.). 	<ul style="list-style-type: none"> контрольные листы/карты, охватывающие оцениваемые элементы риска, например: оценка системы качества в соответствии с требованиями EN 9101 и результаты оценки; дополнительные контрольные карты по другим элементам. 	<ul style="list-style-type: none"> – план постоянного улучшения, согласованный с поставщиками, включающий обязательные индикаторы и запросы о выполнении корректирующих действий; – план обеспечения качества; – специальная подготовка персонала по действиям в отношении выявленных недостатков и специфических требований; – выбор соответствующих деталей; – усиленная проверка при получении продукции; – идентификация параметров «замороженного» процесса; – помощь на месте, включая направление людей на ограниченный период времени; – обязательное проведение процедуры контроля первого изделия (FAI) в соответствии с требованиями EN 9102 – управление вариациями процесса (SPC); – внеплановая поставка, в отличие от концепции MRP (Materials ReQuirements Planning – планирование потребности в материалах.); – дублирование источников; – создание резервного запаса.
Безопасность и окружающая среда	<ul style="list-style-type: none"> – сертификация в соответствии с требованиями ISO 14001; – включая опасную продукцию; – классификация предприятия в соответствии с требованиями безопасности (если таковая имеется); – уровень несчастных случаев за последние годы и наблюдаемые тенденции; – политика безопасности (например, наличие специального оборудования, пожарных выходов); – подготовка в соответствии с требованиями и охраны здоровья и техники безопасности 	<ul style="list-style-type: none"> – специальные контрольные листы в зависимости от особенностей поставляемой продукции; – анализ используемых поставщиком правил техники безопасности / средств управления безопасностью; – анализ плана действий поставщика 	<ul style="list-style-type: none"> – план действий по сокращению риска; – дублирование источников; – создание резервного запаса.

Продолжение табл. 15.1

Фактор риска	Оцениваемый элемент	Инструменты определения риска	Инструменты управления и сокращения риска
Рабочее окружение	соответствие требованиям EN 9100 (пункт 6.4)	<ul style="list-style-type: none"> – специальные контрольные листы с учетом специфики поставляемой продукции; – оценка системы качества в соответствии с требованиями EN 9101 	<ul style="list-style-type: none"> – план превентивных или корректирующих действий; – план рабочего окружения с учетом особенностей детали/процесса
Географические, политические и этические	<ul style="list-style-type: none"> – существующий политический режим; – ограничения в отношении проектов, финансируемых государством, и передача производственных технологий отдельным государствам; – государственные экспортные и импортные ограничения; – государственные экспортные кредиты, поддержка и гарантии; – налоговое и таможенное законодательство; – государственная политика в области встречной торговли и офсетных сделок; – возможность стихийных бедствий; – государственные экономические факторы (инфляция, валовой национальный продукт в пересчете на жителя, средний размер заработной платы, экономический рост, уровень экспорта и импорта, внешняя задолженность, процентная ставка, стоимость энергоносителей и т.д.) по отношению к развитым странам; – посещение предприятия с целью проверки этических аспектов в соответствии с положениями ILO C182 (использование детского труда) 	<ul style="list-style-type: none"> – специальные контрольные листы, охватывающие оцениваемые элементы; – различные сетевые и государственные источники 	<ul style="list-style-type: none"> – план сокращения риска; – дублирование источников; – создание резервного запаса; – помощь в виде командировки наблюдателей на место работ; – использование переводчиков; – специальные положения в контракте, предусматривающие заботу о детях; – приостановление работы с поставщиком до приведения ситуации с использованием детского труда в соответствие с установленными требованиями (забота о детях). Выработка плана соответствующих мероприятий

Фактор риска	Оцениваемый элемент	Инструменты определения риска	Инструменты управления и сокращения риска
Финансовые	<ul style="list-style-type: none"> - дата основания предприятия и его история; - основные акционеры; - контрактные связи (холдинг, слияние); - развитие/структура капитала; - оборот; - соотношение капитал/оборот; - результаты финансовой деятельности; - доход до выплаты процентов и налогов; - инвестиции; - возможности самофинансирования; - процент от оборота, идущий на НИОКР; - финансовые долги; - зависимость от заказчиков; - юридическая структура компании 	<ul style="list-style-type: none"> - контрольный лист, учитывающий все оцениваемые элементы; - различные внешние базы данных (например, Интернет, агентства по сбору финансовой информации); - ежегодные отчеты. 	<ul style="list-style-type: none"> - план сокращения риска; - дублирование источников; - создание резервного запаса.
Окончательное удовлетворение по требованиям заказчика	<ul style="list-style-type: none"> - оценка соответствия требованиям EN 9100 и анализ дополнительных аспектов: а) количество случаев выявления некачественной продукции после ее поставки (<i>Quality escape</i>); б) количество рекламаций со стороны отдела качества заказчика в отношении поставленной продукции. - обмен информацией между всеми подразделениями; - уровень оперативности и эффективность действий: а) в отношении рекламаций по качеству со стороны поставщика; б) в случае выявления некачественной продукции после ее поставки; - количество предоставленных разрешений на поставку несоответствующей продукции 	<ul style="list-style-type: none"> - контрольный лист, охватывающий оцениваемые элементы, например: оценка соответствия требованиям EN 9101 и результаты оценки; дополнительные контрольные листы по другим элементам. - идентификация/анализ текущих показателей 	<ul style="list-style-type: none"> - план постоянного улучшения, согласованный поставщиками, включающий обязательные индикаторы (например восприятие заказчиком); - усиленное наблюдение и проведение проверок (продукции, процессов, проверка продукции по получению); - приостановление работы с поставщиком до приведения ситуации в соответствие с установленными требованиями. Выработка плана соответствующих мероприятий

Фактор риска	Оцениваемый элемент	Инструменты определения риска	Инструменты управления и сокращения риска
Кадровые ресурсы	<ul style="list-style-type: none"> - оценка соответствия требованиям EN 9100 и анализ дополнительных аспектов: соотношение управляющего и «рабочего» персонала во всех подразделениях предприятия – поставщика, например: а) коммерческие службы (продажа и послепродажная поддержка); б) исследования/конструирование; в) производство (управление, разработка процессов, серийная сборка изделий); г) закупки; д) информационные системы; е) качество (обеспечение качества, методы, проверка, лаборатории, исследования и т.д.); - другие данные (например сведения о болезнях, несчастных случаях, забастовках, план подготовки, матрицы с данными о компетентности персонала); - развитие персонала за последние 3 года (сотрудники на временной или постоянной контрактной основе, увольнения, количество наемных работников, средний возраст, средний трудовой стаж); - подготовка и образовательный уровень персонала во всех подразделениях; - процент соответствующих работников, говорящих на языке заказчика или на английском языке 	<ul style="list-style-type: none"> - контрольный лист, охватывающий оцениваемые элементы, например: а) оценка соответствия системы качества требованиям EN 9101 и результаты оценки; б) дополнительные контрольные листы по другим элементам; - анализ организационных схем 	<ul style="list-style-type: none"> - план улучшения, согласованный поставщиками; - планирование ресурсов; - помощь в виде командировки наблюдателей на место работ; - создание резервного запаса; - дублирование источников (prEN 9134:2004, с. 11)
Действия по улучшению	<ul style="list-style-type: none"> - оценка соответствия требованиям EN 9100 и анализ дополнительных аспектов: а) анализ существующих у поставщика ключевых внутренних индикаторов качества работы; б) существование политики и плана постоянного улучшения по всем обозначенным процессам (время выполнения заказа, качество, снижение стоимости, удовлетворенности заказчика и т.д.); в) использование таких моделей/концепций качества, как EFQM (european foundation for Quality management), TQM (total Quality management), Six Sigma, AQS и т.п.; г) применение методик повышения эффективности предприятия (постоянное использование экономических средств и методов, 5S, снижения стоимости и т. д.) 	<ul style="list-style-type: none"> - контрольные карты, охватывающие оцениваемые элементы, например: а) оценка соответствия системы качества требованиям EN 9101 и результаты оценки; б) дополнительные контрольные карты по другим элементам. - оценка результатов выполнения плана постоянного улучшения за последние три года, и задачи на будущее; - оценка возможностей процесса 	<ul style="list-style-type: none"> - специальная подготовка по действиям в отношении выявленных недостатков (например, анализ основной причины); - помощь в разработке и осуществлении планов постоянного улучшения, если необходимо; - обязательный стратегический план; - контроль эффективности использования плана улучшения

Продолжение табл. 15.1

Фактор риска	Оцениваемый элемент	Инструменты определения риска	Инструменты управления и сокращения риска
Своевременная поставка	<ul style="list-style-type: none"> - качество работы существующей системы поставок; - действия по сокращению времени исполнения заказа посредством использования упрощенных методик; - наличие инфраструктуры и транспорта; - внутренние индикаторы эффективности системы поставок; - существующая система внутреннего управления производством («бумажная», электронная), включая: <ul style="list-style-type: none"> а) управление изменениями; б) систему приоритетов; в) планирование загрузки производственных мощностей (по операциям, по номеру детали, по станкам, по виду работ, и т.д.); г) процесс предупреждения аварийных ситуаций; д) план и процедуры восстановления; - система управления источниками и поставщиками низшего уровня, включая процесс предупреждения аварийных ситуаций; - система планирования проверок производства (manufacturing review planning – MRP2); - процесс предупреждения заказчиков; - результаты проведенных другими заказчиками аудитов системы логистики; - ресурсы по представлению новой продукции 	<ul style="list-style-type: none"> - специальная контрольная карта по управлению производством; - идентификация и проверка процедур поставщика, охватывающих оцениваемые элементы; - оценка качества работы системы поставок 	<ul style="list-style-type: none"> - специальная подготовка по действиям в отношении выявленных недостатков; - создание резервного запаса; - план восстановительных действий; - время выполнения заказа с учетом инфраструктуры и транспорта; - помощь на месте (включая командировки специалистов); - материалы, предоставляемые заказчиком; - план постоянного улучшения, согласованный поставщиками, с обязательными индикаторами и запросами о проведении корректирующих действий; - дублирование источников

Продолжение табл. 15.1

Фактор риска	Оцениваемый элемент	Инструменты определения риска	Инструменты управления и сокращения риска
Возможности и мощности производства	<p>производственные возможности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ключевые процессы определены и контролируются для каждого номера детали; - с помощью методов статистического управления (SPC) произведена оценка возможностей процесса; - типовое оборудование и сооружения; - возможности специальных процессов. 	<ul style="list-style-type: none"> - соответствие требований EN 9103; - контрольные карты по проверке результатов; - специальный контрольный лист, охватывающий все оцениваемые элементы; - список имеющихся процессов, сооружений и оборудования. 	<ul style="list-style-type: none"> - специальная подготовка по действиям в отношении выявленных недостатков; - план постоянного улучшения, согласованный поставщиками, с обязательными индикаторами и запросами о проведении корректирующих действий; - выборочная проверка для оценки возможностей процесса; - специальный план контроля на месте по проверке производственных возможностей или усиленный контроль при поставке продукции; - помощь на месте; - дублирование источников;
	<p>производственные мощности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - наличие достаточного количества оборудования, сооружений и процессов, необходимых для изготовления поставляемой продукции; - определено время выполнения заказа с ритическим маршрутом для каждого номера детали; - процесс определения узких мест 	<ul style="list-style-type: none"> - специальный контрольный лист, охватывающий все оцениваемые элементы; - список имеющихся процессов, сооружений и оборудования 	<ul style="list-style-type: none"> - размещение заказов в соответствии с оговоренными производственными мощностями; - планы обязательных действий по устранению узких мест и нарушений маршрутов; - помощь в сокращении времени выполнения заказа; - дублирование источников

Фактор риска	Оцениваемый элемент	Инструменты определения риска	Инструменты управления и сокращения риска
Контроль цепи поставок низшего уровня	<ul style="list-style-type: none"> – оценка соответствия требованиям EN 9100 и анализ дополнительных аспектов: а) управление документацией в рамках базы поставок; б) процедура контроля первого изделия; в) мониторинг звеньев низшего уровня (входной контроль, аудиты на местах, частота их проведения, управление риском, индикаторы и т. д.); г) анализ каскадного процесса и деятельности в схеме цепи поставок в ходе проведения аудитов прямым поставщиком (системы, изделия, процесса); д) процесс осуществления корректирующих действий вплоть до звеньев низшего уровня; е) прослеживаемость ведущей документации; ж) план постоянного улучшения, фокусирующийся на качестве источников 	<ul style="list-style-type: none"> – контрольные листы, охватывающие оцениваемые элементы, например: оценка системы качества на соответствие требованиям EN 9101 и результаты оценки; – дополнительный контрольный лист по другим элементам 	<ul style="list-style-type: none"> – специальная подготовка по действиям в отношении выявленных недостатков и особых требований; – план обеспечения качества, требуемый прямым поставщиком от поставщиков низшего звена; – передача требований EN 9100 вниз по цепи поставок и проведение соответствующих аудитов поставщиками; – проведение аудитов на местах с участием прямого поставщика (системы, изделия, процесса); – план постоянного улучшения согласованный поставщиками, с обязательными индикаторами и запросами о проведении корректирующих действий
Возможности и мощности проектирования	<ul style="list-style-type: none"> – оценка соответствия требованиям EN 9100 и анализ дополнительных аспектов: а) валидация аналитических результатов на каждом важном этапе соответствующим экспертом; б) классификация возможностей проектирования; в) используемые инструменты электронной обработки данных и обмена данными между заказчиком, поставщиком и в цепи поставок; г) возможности существующих инструментов; д) существование процедур и инструментов валидации/квалификации по отношению к требованиям заказчика; е) использование параллельно работающих команд разработчиков (параллельное проектирование); ж) определение времени выполнения заказа и критического маршрута для каждого вида проектной деятельности (определение основных этапов, проведение анализа и т. д.); з) определение «узких» мест; и) процесс осуществления корректирующих действий; к) использование ранее полученного опыта 	<ul style="list-style-type: none"> – оценка системы качества на соответствие требованиям EN 9101 и результаты оценки; – специальный контрольный лист, охватывающий все оцениваемые элементы 	<ul style="list-style-type: none"> – план постоянного улучшения, согласованный поставщиками с обязательными индикаторами и запросами о проведении корректирующих действий; – специальная подготовка по действиям в отношении выявленных недостатков; – помощь на местах; – участие представителей заказчика в проведении некоторых аналитических проверок, организованных поставщиками; – выбор соответствующего вида проектной деятельности; – перекрестная проверка результатов квалификационных испытаний на соответствие установленным требованиям; – план обеспечения качества; – лан дублирования проектных ресурсов

Таблица 15.2

Таблица рисков, связанных с продукцией

Фактор риска	Оцениваемый элемент	Инструменты определения риска	Инструменты управления и сокращения риска
Классификация по безопасности	<ul style="list-style-type: none"> – процесс, классифицируемый по уровню безопасности, производство классифицируемых деталей, контроль классифицируемых деталей в соответствии с требованиями заказчика; – статус утверждения заказчиком (например согласие на производство деталей определенной классификации) 	<ul style="list-style-type: none"> – контрольный лист оценки процесса 	<ul style="list-style-type: none"> – улучшение процесса классификации по безопасности; – план восстановления (в течение всего срока эксплуатации); – проверка после капитального ремонта; – модернизация; – классификационный план; – ограничения на поставку
Использование специальных процессов	<ul style="list-style-type: none"> – каждый специальный процесс; – мастерство, опыт и сертификация персонала; – документация по специальным процессам, включая квалификационные документы; – подтверждение контрольных параметров; – оборудование; – документация по утверждению специальных процессов другими заказчиками (например сертификаты, отчеты) 	<ul style="list-style-type: none"> – специальный контрольный лист, охватывающий все оцениваемые элементы, включая анализ документации по утверждению; – индикаторы ключевых процессов 	<ul style="list-style-type: none"> – подготовка; – помощь на местах; – ограничения на поставку; – план восстановления; – план контроля качества; – методы статистического управления; – параметры «замороженного» процесса
Сложность проекта	<ul style="list-style-type: none"> – план проектирования и разработки; – используемые технологии; – выбор материалов/ресурсов; – уровень «зрелости» проекта; – предыдущий опыт; – количество компонентов элементов; – сходство с существующей спроектированной продукцией; – возможность изготовления в соответствии с проектом 	<ul style="list-style-type: none"> – аудит процесса проектирования; – анализ режимов отказа и их влияния; – использование ранее полученного опыта; – проектирование экспериментов; – анализ текущего плана разработки; – анализ допусков 	<ul style="list-style-type: none"> – обновленный план проектирования и разработки, включая проведение испытаний; – параллельное проектирование; – анализ требований с заказчиком; – принятая технология; – требуемые эксплуатационные показатели, включая стоимость и временные рамки; проектирование в соответствии с концепцией Six Sigma

Продолжение табл. 15.2

Фактор риска	Оцениваемый элемент	Инструменты определения риска	Инструменты управления и сокращения риска
Сложность производства (изделия)	<ul style="list-style-type: none"> - оборудование; - документация по процессам, включая квалификационные документы; - контрольные параметры; - существующий опыт работ, опыт специалистов; - система контроля оборудования/производства; - знание используемых материалов; - сложность проекта 	<ul style="list-style-type: none"> - контрольный лист, охватывающий все оцениваемые элементы; - индикаторы уровня возможностей и стабильности процесса 	<ul style="list-style-type: none"> - утвержденный, строго оговоренный план производства; - улучшение плана производства; - статистические методы управления, использование концепции Six Sigma; - разработка новых процессов; - дублирование источников; подготовка по «экзотическим» материалам; - параллельное проектирование; - инвестиции в новое оборудование; - оптимизация потока материалов/продукции

На рис. 15.2 приведена поэтапная схема управления риском.

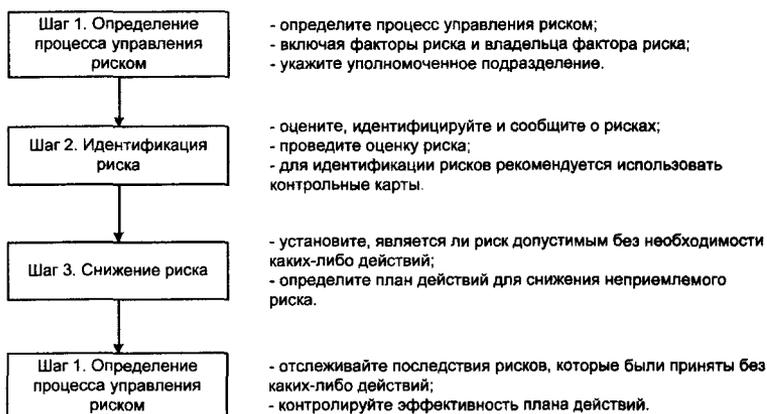


Рис. 15.2. Поэтапная схема управления риском

Модель совместного анализа рисков, связанная как с поставщиками, так и с продукцией приведена на рисунке 15.3.

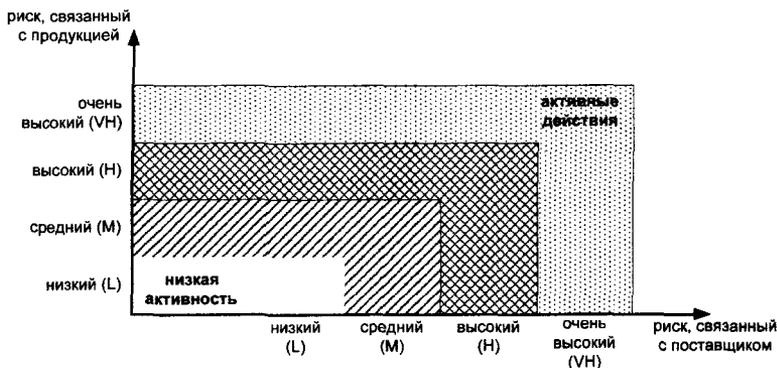


Рис. 15.3. Модель совместного анализа рисков

В результате анализа рисков должна быть выполнена совместная экспертная оценка рисков. Данные оценки вносятся в формы, которые приведены в таблицах 15.3 и 15.4.

Таблица 15.3

Оценка рисков, связанных с поставщиком

ПОСТАВЩИК:		Уровень риска				Весовой коэффициент	Результат	Максимально возможный результат	Реестр рисков	
Оценка рисков, связанных с поставщиком (Supplier Risk Assessment, SRA)									1	2
A	Своевременная поставка									
A.1	Качество работы существующей системы поставок									
A.2	Действия по сокращению времени исполнения заказа									
A.3	Наличие инфраструктуры и транспорта									
A.4	Внутренние индикаторы эффективности системы поставок									
A.5	Существующая система внутреннего управления производством									
A.6	Наличие источников и поставщиков низшего уровня									
A.7	Система планирования проверок производства (MRP2)									
A.8	Процесс предупреждения заказчиков									
A.9	Результаты проведённых другими заказчиками аудитов системы логистики									
A.10	Ресурсы по представлению новой продукции									
	<i>Общий уровень риска</i>									
B	Качество									
B.1	Утверждение / сертификация Системы Качества									
B.2	Аэрокосмическая промышленность									
B.3	Другие области промышленности									
B.4	Сертификация / утверждение специальных процессов									
B.5	Наличие у поставщика опыта работы с аналогичной продукцией									
B.6	Отзывы существующих заказчиков (аэрокосмическая промышленность)									
B.7	Процесс анализа контракта									
B.8	Показатели качества									

Продолжение табл. 15.3

ПОСТАВЩИК:		Уровень риска				Весовой коэффициент	Результат	Максимально возможный результат	Реестр рисков Да Нет
Оценка рисков, связанных с поставщиком (Supplier Risk Assessment, SRA)									
		1	2	3	4				
	<i>Общий уровень риска</i>								
C	Финансовые факторы								
C.1	Дата основания предприятия и его история								
C.2	Основные акционеры								
C.3	Контрактные взаимоотношения								
C.4	Развитие/структура капитала								
C.5	Оборот								
C.6	Соотношение капиталов 1 оборот								
C.7	Результаты финансовой деятельности								
C.8	Доход до выплаты процентов и налогов								
C.9	Инвестиции								
C.10	Возможности самофинансирования								
C.11	Процент от оборота, идущий на НИОКР								
C.12	Финансовые долги								
C.13	Зависимость от заказчиков								
C.14	Юридическая структура компании								
	<i>Общий уровень риска</i>								
D	Деятельность по улучшению								
D.1	Соответствие требованиям EN 9100 и дополнительный анализ								
D.2	Анализ внутренних ключевых индикаторов качества работы								
D.3	Существование плана постоянного улучшения								
D.4	Использование признанных моделей/ концепций Качества)								
D.5	Применение методик повышения эффективности предприятия								
	<i>Общий уровень риска</i>								

Продолжение табл. 15.3

ПОСТАВЩИК:		Уровень риска				Весовой коэффициент	Результат	Максимально возможный результат	Реестр рисков Да Нет
Оценка рисков, связанных с поставщиком (Supplier Risk Assessment, SRA)									
		1	2	3	4				
E	Безопасность и окружающая среда								
E.1	Сертификация в соответствии с требованиями» ISO 14001								
E.2	Использование опасной продукции								
E.3	Классификация предприятия в соответствии с требованиями безопасности								
E.4	Уровень несчастных случаев за последние годы и наблюдаемые тенденции								
E.5	Политика безопасности								
E.6	Подготовка по требованиям техники безопасности и охраны здоровья								
	<i>Общий уровень риска</i>								
F	Кадровые ресурсы								
F.1	Соответствие требованиям EN 9100 и дополнительный анализ								
F.2	Данные о персонале (болезни, забастовки, подготовка)								
F.3	Развитие персонала за последние три года								
F.4	Подготовка и образовательный уровень персонала (по всем подразделениям)								
F.5	Процент работников, говорящих на языке заказчика или на английском языке								
	<i>Общий уровень риска</i>								
G	Окончательное удовлетворение заказчика								
G.1	Соответствие требованиям EN 9100								
G.2	Количество случаев выявления некачественной продукции после ее поставки								
G.3	Количество рекламаций со стороны заказчика								

Продолжение табл. 15.3

ПОСТАВЩИК:		Уровень риска				Весовой коэффициент	Результат	Максимально возможный результат	Реестр рисков Да Нет
Оценка рисков, связанных с поставщиком (Supplier Risk Assessment, SRA)									
		1	2	3	4				
G.4	Обмен информацией между всеми подразделениями								
G.5	Уровень оперативности и эффективность действий								
	<i>Общий уровень риска</i>								
H	Географические, политические и этические								
H.1	Существующий политический режим								
H.2	Ограничения по финансируемым государством проектам и производствам								
H.3	Государственные экспортные и импортные ограничения								
H.4	Экспортные кредиты, поддержка и гарантии								
H.5	Налоговое и таможенное законодательство								
H.6	Государственная политика по выравниванию торгового баланса и компенсациям / взаимозачетам								
H.7	Возможность стихийных бедствий								
H.8	Государственные экономические факторы								
H.9	Проверка этических аспектов (ILOC182, использование детского труда)								
H.10	Используемый язык								
	<i>Общий уровень риска</i>								
I	Возможности и мощности проектирования								
I.1	Соответствие требованиям EN 9100 к дополнительный анализ								
I.2	Валидация аналитических результатов на каждом важном этапе соответствующим экспертом								
I.3	Классификация возможностей проектирования								

Продолжение табл. 15.3

ПОСТАВЩИК: Оценка рисков, связанных с поставщиком (Supplier Risk Assessment, SRA)		Уровень риска				Весовой коэффициент	Результат	Максимально возможный результат	Реестр рисков Да Нет	
I.4	Используемые инструменты электронной обработки данных и обмена данными между заказчиком, поставит ком. цепью поставок									
I.5	Возможности существующих инструментов									
I.6	Существование процедур и инструментов валидации / квалификации по отношению к требованиям заказчика									
I.7	Использование параллельно работающих команд разработчиков (параллельное проектирование)									
I.8	Время выполнения заказа и критический маршрут для каждого вила проектной деятельности									
I.9	Определение узких мест									
I.10	Процесс осуществления корректирующих действий									
I.11	Использование ранее полученного опыта									
	<i>Общий уровень риска</i>									
J	Производственные возможности и мощности									
J.1	Ключевые процессы определены и контролируются									
J.2	Оценка возможностей процесса с помощью статистических методов управления									
J.3	Определение времени выполнения заказа и критического маршрута для каждого номера детали									
J.4	Определение узких мест									
	<i>Общий уровень риска</i>									
K	Контроль цепи поставок низшего уровня									
K.1	Соответствие требованиям EN 9100 и дополнительный анализ									
K.2	Управление документацией в рамках базы поставок									
K.3	Процедура контроля первого изделия									

Продолжение табл. 15.3

ПОСТАВЩИК: Оценка рисков, связанных с поставщиком (Supplier Risk Assessment, SRA)		Уровень риска				Весовой коэффициент	Результат	Максимально возможный результат	Реестр рисков Да Нет
K.4	Мониторинг звеньев низшего уровня								
K.5	Каскадный процесс в цепи поставок								
K.6	Осуществление корректирующих действий вплоть до звеньев низшего уровня								
K.7	Прослеживаемость ведущейся документации								
K.8	План постоянного улучшения								
Общий уровень риска									
					R	⇒			⇐ M

Результат оценки рисков, связанных с поставщиком (SRAS) = $R \times 20 / M$

Д	С	Б	А
ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ	ВЫСОКИЙ	СРЕДНИЙ	НИЗКИЙ
Подтверждение оценки ответственным представителем			
Представитель		Подпись	Дата

Таблица 15.4

Оценка рисков, связанных с изделием

ПОСТАВЩИК:		Уровень риска				Весовой коэффициент	Результат	На* возможный результат	Реестр рисков Да Нет
Оценка рисков, связанных с изделием (Product Risk Assessment, PRA)									
		1	2	3	4				
A.3	Контроль классифицируемых деталей в соответствии с требованиями заказчика								
A.4	Статус утверждения заказчиком								
	Общий уровень риска								
B	Использование специальных процессов								
B.1	Каждый специальный процесс								
B.2	Мастерство, опыт и сертификация персонала								
B.3	Документация по специальным процессам, включая квалификационные документы								
B.4	Подтверждение контрольных параметров								
B.5	Оборудование								
B.6	Документация по утверждению специальных процессов другими заказчиками								
	Общий уровень риска								
C	Сложность проекта								
C.1	План проектирования и разработки								
C.2	Используемые технологии								
C.3	Процесс выбора материалов / ресурсов								
C.4	Уровень «зрелости» проекта								
C.5	Предыдущий опыт								
C.6	Количество компоновочных элементов								
C.7	Сходство с существующим спроектированным изделием								
C.8	Возможность изготовления в соответствии с проектом								
	Общий уровень риска								
D	Сложность производства								
D.1	Оборудование								

Окончание табл. 15.4

ПОСТАВЩИК: Оценка рисков, связанных с изделием (Product Risk Assessment, PRA)		Уровень риска				Весовой коэффициент	Результат	На ⁺ возможный результат	Реестр рисков Да Нет
D.2	Документация по процессам, включая квалификационные документы								
D.3	Контрольные параметры								
D.4	Существующий опыт работ, опыт специалистов								
D.5	Система контроля оборудования / производства								
D.6	Знание используемых материалов								
D.7	Сложность проекта								
	<i>Общий уровень риска</i>								

Результат оценки рисков, связанных с изделием (PRAS) = $R \times 20 / M$

Д	С	Б	А
очень высокий	высокий	средний	низкий
Подтверждение оценки ответственным представителем			
Представитель		Подпись	Дата

Пример 15.1.

ИЗДЕЛИЕ: Стрингер, отсек 14/15:		Уровень риска				Весовой коэффициент	Результат	Максимально возможный результат	Реестр рисков	
Оценка рисков, связанных с изделием (Product Risk Assessment, PRA)									Да	Нет
		1	2	3	4					
A	Классификация по безопасности									
A.1	Ответственность процесс классификации по безопасности			3		2	6	8	Да	
A.2	Производства классифицируемых деталей	1				0,5	0,5	2		
A.3	Контроль классифицируемых деталей в соответствии с требованиями заказчика				4	1	4	4	Да	
A.4	Статус утверждения заказчиком	1				1	1	4		
<i>Общий уровень риска</i>				3		4,5	11,5	18		
				R	\Rightarrow 5	12,7	20		\Leftarrow M	

Результат оценки рисков, связанных с изделием

$$(PRAS) = R \times 20/M = 11,5 \times 20/18 = 12,7$$

V			
Д	С	Б	А
ОЧЕНЬ ВЫСОКИЙ 15 < R < 20	ВЫСОКИЙ 11 < R < 15	СРЕДНИЙ 11 < R < 7	НИЗКИЙ 5 < R < 7
Подтверждение оценки ответственным представителем			
Представитель Smith		Подпись	Дата

Итогом анализа рисков является форма реестра рисков, которая приведена в табл.15.5.

16. Экспертное исследование опасности [II.4]

Руководство по исследованию опасности методом HAZOR (Hazard and Operability Study) регламентировано в стандарте ГОСТ Р 51901.11–2005 (МЭК 61882:2001) «Менеджмент риска. Исследование опасности и работоспособности».

Исследование опасности и работоспособности (HAZOR) – это детальный процесс идентификации проблем опасности и работоспособности, выполняемый группой специалистов. HAZOR предназначен для идентификации потенциальных отклонений от целей проекта, а также для экспертизы их возможных причин и оценки последствий.

В основе HAZOR лежит экспертиза с помощью управляющих слов. Основное назначение HAZOR – поиск отклонений от целей проекта, пожеланий проектировщика или требований спецификаций к функционированию системы, ее элементам и характеристикам. Чтобы облегчить экспертизу, систему делят на части таким образом, чтобы для каждой части была определена цель проекта, которая выражается через элементы, передающие особенности, присущие этой части и представляющие собой компоненты части. Элементы могут быть дискретными шагами или стадиями в процедуре, отдельными сигналами и элементами оборудования в системе управления, оборудованием или компонентами в процессе или электронной системе и т. д.

Идентификация отклонений от целей проекта достигается в процессе опроса с помощью заданных управляющих слов. Управляющее слово должно стимулировать образное мышление, сосредоточивать исследование на конкретной цели и выявлять идеи и суждения, максимизируя полноту исследования. Управляющие слова и их значения приведены в таблицах 16.1 и 16.2.

Таблица 16.1

Основные управляющие слова и их значения

Управляющее слово	Значение
НЕ или НЕТ	законченное 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 16.2

Дополнительные управляющие слова, относящиеся ко времени, порядку или последовательности действий

Управляющее слово	Значение
РАНО	относится к времени
ПОЗДНО	относится к времени
ПРЕЖДЕ	относится к порядку или последовательности
ПОСЛЕ	относится к порядку или последовательности

Применение: исследование HAZOR применяют на поздних стадиях разработки проекта для экспертизы средств эксплуатации и при изменении этих средств. Лучшее время для выполнения исследований HAZOR – поступает непосредственно перед завершением проекта.

Ключевые элементы:

- исследование HAZOR является творческим процессом;
- исследование опирается на систематическое применение управляющих слов для идентификации потенциальных отклоне-

ний от целей проекта и использование этих отклонений в дальнейшей работе членов группы для исследования возможных причин отклонений и их последствий;

- исследование проводят под руководством обученного и опытного лидера исследования, который должен гарантировать всестороннее логическое и аналитическое изучение системы;

- исследование проводят специалисты в различных областях знаний, обладающие необходимыми навыками и опытом;

- исследование проводят в атмосфере доброжелательности и откровенного обсуждения. После идентификации проблемы ее регистрируют для последующих оценок и выводов;

- решения по идентификации проблем регистрируют для дальнейшего рассмотрения лицами, ответственными за проект.

Исследования HAZOR состоят из четырех основных последовательных этапов, указанных на рис. 16.1.

Достоинства исследования HAZOR:

- при исследовании используются навыки и знания группы экспертов, каждый из которых должен знать определенный аспект исследуемой системы;

- метод эффективен для обнаружения как причин, так и последствий отклонений на различных уровнях системы;

- метод применяют для анализа технологических процессов;

- результаты исследования имеют большое значение при определении необходимых корректирующих мероприятий.

Ограничения. Хотя исследования HAZOR чрезвычайно полезны в различных отраслях промышленности, они имеют следующие ограничения, которые необходимо учитывать при рассмотрении вопроса о применении метода HAZOR:

- HAZOR рассматривает каждую часть системы и исследует воздействие отклонений на каждую часть. Иногда взаимодействие

между частями системы является опасным. В этих случаях опасность должна исследоваться более подробно с применением таких методов, как метод дерева событий и анализ дерева неисправностей;

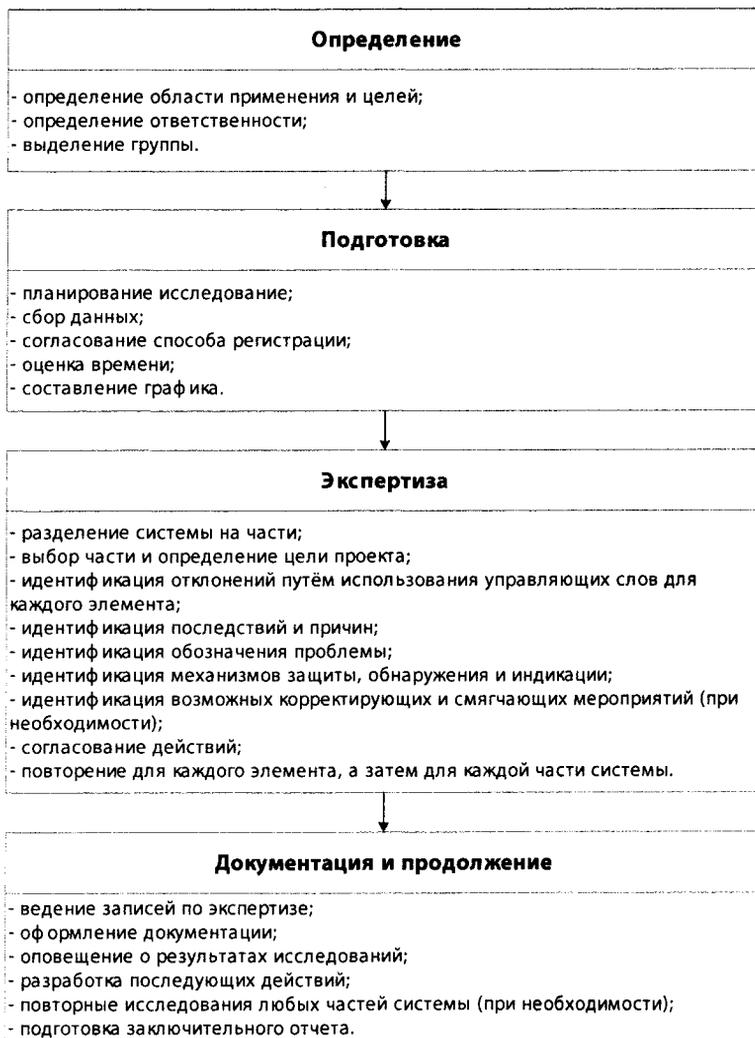


Рис. 16.1. Этапы исследования HAZOR

– при использовании любой другой методики идентификации опасностей или проблем работоспособности не может быть гарантии того, что все опасности или проблемы работоспособности идентифицированы, поэтому исследование сложной системы не должно быть ограничено только исследованием HAZOR. Этот метод используют вместе с другими подходящими методами (например анализом дерева неисправностей);

– существуют системы, тесно связанные между собой, в которых причины неисправности одной системы могут находиться в другой системе. Локальное совершенствование в этом случае не может устранить реальную причину и неисправность по-прежнему может возникать;

– успех исследования в большой степени зависит от способностей и опыта лидера исследования и взаимодействия между членами группы;

– метод HAZOR предназначен для исследования только частей системы, их элементов и характеристик, указанных в описании проекта. Действия и операции, которых нет в описании проекта не рассматривают.

Список литературы к части II

- II.1. *Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П.* Введение в системный анализ: Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1989. 367 с.
- II.2. *Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г.* Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1974. 160 с.
- II.3. *Сирица В. М.* Модели представления и методы приобретения знаний для построения экспертных систем: Учеб. пособие. М.: Издательство МАИ, 1998. 86 с.
- II.4. ГОСТ Р 51901.11-2005 (МЭК 61882:2001) Менеджмент риска. Исследование опасности и работоспособности.
- II.5. ГОСТ Р 51901.5-2005 (МЭК 60300-3-1:2003) Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надёжности.
- II.6. АЕСМА Standard. PzEN 9134. Аэрокосмическая документация. Системы качества. Управление рисками в системе поставок.
- II.7. *Поспелов Д. А.* Логиколингвистические модели в системах управления. М.: Энергоатомиздат, 1981. 232с.
- II.8. *Hatry H. P.* Measuring the Effectiveness of Nondefence Public Programs // Operations Research. 1970. № 18. 774 p.

Учебное издание

Лидия Николаевна Александровская,
Иосиф Зиновьевич Аронов,
Павел Андреевич Иосифов,
Андрей Викторович Кириллин

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Том 1. Экспертные методы оценки в риск-менеджменте

Редактор *И.А. Пастухава*
Корректор *К.А. Торопова*
Дизайн обложки *Н.Г. Кириллина*
Компьютерная вёрстка *А.А. Новосельцев*

Подписано в печать 27.12.2016.
Формат 60×84 1/16. . Цифровая печать.
Уч.-изд.л – 8,48 . Усл.п.л. – 14,875
Тираж 1000 экз. (1 з-д – 100 экз.)

Отпечатано: Акционерное общество «Т8 Издательские Технологии»
г. Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корп.5, «Технополис Москва»

ООО «Актуальные издательские решения»
тел.: +7(495) 763-00-73; e-mail: air_ooo@mail.ru