



Д.Ю. Слесарев

ОЦЕНКА РИСКА И ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Учебное пособие

Тольятти
Издательство ТГУ
2012

Министерство образования и науки Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Архитектурно-строительный институт
Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Д.Ю. Слесарев

ОЦЕНКА РИСКА И ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Учебное пособие

Тольятти
Издательство ТГУ
2012

УДК 62-192+658.5

ББК 30.14

С474

Рецензенты:

к. т. н., доцент Волжского университета имени В.Н. Татищева

О.Д. Петрякова;

к. т. н., доцент Тольяттинского государственного университета

О.А. Сизенко.

Научный редактор к. т. н., доцент *В.Н. Пелипенко.*

С474 Слесарев, Д.Ю. Оценка риска и теория принятия решений : учеб. пособие / Д.Ю. Слесарев. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2012. – 83 с. : обл.

В учебном пособии рассмотрены ключевые теоретические и практические вопросы дисциплины «Оценка риска и теория принятия решений»: даны основы теории принятия решений в технической сфере, а также приведен обзор методик оценки риска на производственных объектах.

Предназначено для студентов направления подготовки бакалавра 270800.62 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция», всех форм обучения.

УДК 62-192+658.5

ББК 30.14

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», 2012

ВВЕДЕНИЕ

Безопасность в природно-техногенной сфере является одной из важнейших мировых проблем. События последнего времени отчетливо показали человечеству, что научно-технический прогресс несет не только благо. В обществе возникло нарастающее беспокойство по поводу состояния окружающей среды, неоправданно интенсивного использования природных ресурсов, растущей аварийности объектов техносферы.

Для объективного решения проблемы уменьшения тяжести последствий аварий (снижения вероятности реализации поражающего потенциала современных промышленных объектов) необходимо заранее оценивать опасность количественно. При этом, очевидно, методы количественной оценки потенциальной опасности промышленных объектов должны быть по возможности чувствительны к организационным и инженерно-техническим мероприятиям по снижению опасности.

Один из многообещающих путей снижения вероятности аварий – создание качественно новых технических устройств и технологий с внутренне присущей им безопасностью. При этом подходе в основу проекта ложатся требования по обеспечению безопасности, в том числе и на случай производственных аварий. В то же время любая техника и технология несет определенный **риск** для окружающей среды и общества, который нельзя игнорировать. Особенно важен тщательный анализ рисков для новых технологий, возникающих не в результате эволюционного развития, а в результате качественного скачка в науке и возникновении разрыва между новыми знаниями и предыдущим опытом.

Наука о риске сформировалась в последней четверти прошедшего века, она, безусловно, будет одной из ведущих в новом столетии. Важнейшая особенность науки о риске – ее междисциплинарный характер с теснейшим взаимодействием естественных и гуманитарных наук. **Главная цель анализа риска** состоит в снижении его до приемлемого уровня.

Методология анализа риска нацелена в конечном итоге на **лиц, принимающих решения**, и служит тем инструментом, который позволяет проводить количественные оценки, обеспечивающие научную поддержку в **процессе принятия решения**.

1. ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

1.1. Решение. Принятие решений

Принятие решений — это особый вид психической деятельности, направленный на выбор способа достижения поставленной цели. Существует точка зрения, что, начиная с сознательного возраста, вся жизнь человека представляет собой непрерывный процесс принятия решений. Еще в доисторические времена древние люди были вынуждены принимать многочисленные решения, чтобы найти себе пищу, спастись от диких животных и стихийных явлений, организовать свое нехитрое хозяйство и разрешать возникающие споры. Все наиболее важные решения такого рода принимались вождями племен единолично или путем обсуждения на совете старейшин. С появлением государств и развитием социальных организаций принятие решений стало более осмысленным и организованным. Возникла постоянная практика принятия административных решений, и резко повысилась ответственность руководителей за их последствия. Поэтому люди стали задумываться над тем, как они принимают решения и что необходимо сделать, чтобы принимать их более эффективно.

Умения и навыки принятия решений в различные времена назывались по-разному, но можно согласиться с тем, что самое удачное название для них — **здоровый смысл**. Он характеризуется тем, что люди старались учесть свой прежний опыт, хорошо уяснить проблему, получить всю необходимую информацию, тщательно продумать все альтернативы и их последствия, принять во внимание разнообразные факторы, влияющие на результат выбора. При этом они использовали понятное для себя и других описание проблемы на привычном языке и простые логические правила для ее решения. Кроме того, немаловажную роль в принятии решений всегда играла **интуиция**. Таким образом, принятие решений во все времена оставалось больше искусством, чем наукой. Надо признать, что в основном такое положение дел сохраняется и сегодня. Несмотря на успехи ученых в этой области, большинство решений принимается интуитивно и очень часто не поддается логическому объяснению. Решения людей отражают их сложную, противоречивую природу. В наших решениях удивительным образом сочетаются интуиция и логическое мышле-

ние, эмоциональные оценки событий и холодный рациональный расчет, стремление к безопасности и склонность к риску.

Все люди без исключения познают на практике, что такое принятие решений. Принятия решений не удастся избежать никому. Даже отказ от выбора – это тоже выбор. Способность принимать решения, так же как способность к общению и обмену информацией, – это важное качество человеческого разума, которое развивается с опытом. Каждый из нас в течение дня принимает десятки и сотни решений, даже не замечая этого. Большинство повседневных решений мы принимаем автоматически. Другие решения заставляют нас ненадолго задуматься.

Понятие «**решение**» имеет два смысловых значения. В широком смысле под решением понимают процесс выбора одного или нескольких вариантов действий из множества возможных. Иначе говоря, в этом смысле термин «решение» означает процесс принятия решения. В узком смысле решение есть результат конкретного выбора варианта действий.

Принятие решений – это особый вид психической деятельности людей, направленный на выбор способа достижения поставленной цели.

В любом случае справедлива следующая формула: **решение – это выбор альтернативы.**

Альтернативами называют любые допустимые и взаимоисключающие варианты действий. Это означает, что каждая альтернатива, если она будет принята, может быть реализована на практике, но выбор одной из альтернатив подразумевает невозможность выбора любой другой.

1.2. Классификация решений

Все решения, принимаемые людьми, можно разделить на личные и деловые. Личные решения направлены на достижение личных целей и затрагивают интересы только одного человека и, возможно, нескольких близких ему людей. Личные решения, которые принимаются нами ежедневно, как правило, просты. Их простота объясняется, во-первых, очевидностью выбора и, во-вторых, незначительностью последствий большинства решений. Например, обычно очевидны решения о выборе пути следования из одного пункта в другой или о покупке большинства товаров на прилавках магазинов. Также можно сказать, что выбор из меню ресторана мяса или рыбы на обед вряд ли серьезно повлияет на судьбы человечества или состояние нашего здоровья.

Все решения людей можно разделить на личные и деловые.

Личные решения направлены на достижение личных целей человека.

С другой стороны, существуют такие личные решения, которые заставляют людей мучительно размышлять, ломать голову и сомневаться в течение многих дней, месяцев и даже лет. Такие решения обычно имеют судьбоносный, стратегический характер и могут определить всю дальнейшую жизнь человека. К ним относятся решения о выборе профессии, стиля жизни, места учебы или работы, спутника жизни и многие другие. Но в любом случае личные решения касаются только одного человека или узкого круга связанных с ним людей.

Совсем иное дело — принятие деловых решений.

По содержанию деловые решения классифицируются на политические; социальные; экологические; технические; технологические; организационные; экономические и юридические.

Большинство деловых решений принимается руководителями организаций. В этом случае руководитель обычно должен уметь объяснить другим, почему он принял то или иное решение. При этом он должен обращаться к общим человеческим ценностям, эмоциям и чувствам людей, их вере, потребностям и ожиданиям, логике и расчетам.

Деловые решения принимаются в организациях и направлены на достижение целей организации.

Все деловые решения, принимаемые в организациях, можно, в свою очередь, разделить на два вида: экспертные и управленческие. Экспертные решения носят рекомендательный характер и принимаются экспертами, аналитиками, консультантами, т. е. лицами, которые не обладают линейными полномочиями, связанными с управлением организацией. Например, экспертными можно считать финансовые решения, которые предлагаются независимыми финансовыми аналитиками и консультантами, или технические решения по внедрению новых технологий, которые советует принять директору главный инженер предприятия. В отличие от них управленческие решения принимаются непосредственно линейными руководителями и представляют собой управляющие воздействия, направленные на достижение цели управления организацией. В дальнейшем управленческие решения предназначены для изменения управляемых факторов, влияющих на организацию. После того как управленческое решение принято, оно

доводится до исполнителей в устной форме либо предварительно оформляется в виде плана, приказа, постановления или другого документа.

*Деловые решения подразделяются на **экспертные** и **управленческие**.*

***Экспертные решения** носят рекомендательный характер и принимаются лицами (экспертами, аналитиками, консультантами), не имеющими линейных полномочий, связанных с управлением организацией.*

***Управленческие решения** принимаются непосредственно линейными руководителями и направлены на достижение цели управления организацией.*

Принятие деловых решений – более систематизированный процесс, чем принятие решений в частной жизни. Деловые решения, как правило, важны и совсем не очевидны. Связанные с ними ставки могут быть очень высоки, так как руководитель выбирает направление действий не только для себя, но и для всей организации. Следовательно, деловые решения могут сильно влиять на жизнь и судьбы многих людей, работающих в данной организации. Поэтому ответственность за принятие важных деловых решений – это тяжелая ноша, которая возложена на руководителей организации, что особенно ярко проявляется на высших уровнях управления. Например, если начальник решает уволить или наказать подчиненного, последний может сильно пострадать. Но если этого не сделать, могут пострадать интересы всей организации или подразделения, что отрицательно скажется на других людях. Руководитель не может принимать непродуманных решений. Чтобы избежать ошибок, он должен действовать более рационально, опираясь на свой опыт и опыт своих предшественников.

И *личные* и *деловые* решения принято классифицировать следующим образом:

- по срокам действия и степени воздействия на будущее:
 - оперативные;
 - тактические;
 - стратегические;
- по степени уникальности:
 - рутинные нетворческие;
 - уникальные творческие;
- по степени неопределенности или полноты информации:
 - определенные;
 - рискованные;

- неопределенные;
- противоборствующие.

1.3. Общие сведения о теории принятия решений

Развитие организаций и человеческой цивилизации привело к появлению новых трудностей в принятии деловых решений. Прежде всего, возросли сложность и взаимозависимость решений, принимаемых в разных областях деятельности людей. Резко увеличилось число факторов и критериев, которые необходимо учитывать в процессе решения сложных проблем. Так, в экономике наряду с такими привычными критериями, как прибыль, издержки, окупаемость, появились новые: влияние на окружающую среду, здоровье нации, предупреждение чрезвычайных ситуаций, конкуренция на мировом рынке, социальная ответственность и многие другие. Кроме того, появились новые, исключительно сложные объекты (химические производства, атомные электростанции, ракетно-космические комплексы и т. д.), требующие особо пристального контроля и принятия ответственных решений.

Ответом человеческой практике на возросшие трудности и ответственность в принятии решений стало возникновение в середине XX века новой научной дисциплины — **теории принятия решений**.

Главная задача теории принятия решений состоит в исследовании того, каким образом человек или группа людей принимают решения, а также в разработке специальных методов принятия решений, помогающих обосновать выбор наилучшего варианта из нескольких возможных.

В связи с этим теорию принятия решений можно разделить на две относительно независимые части — **дескриптивную** (описательную) и **прескриптивную** (предписывающую). **Дескриптивная** составляющая описывает реальное поведение и мышление людей в процессе принятия решений и называется психологической теорией решений. **Прескриптивная** составляющая, наоборот, предписывает людям, как им следует принимать решения, и называется нормативной теорией решений.

Психологическая теория решений — это система утверждений, раскрывающих внутреннее содержание деятельности и поведение людей в процессе принятия решений. Она позволяет ответить на следующие вопросы [3].

1. Как у людей возникает представление о ситуации принятия решения?

Все люди воспринимают и представляют одну и ту же ситуацию по-разному. Такое представление, которое возникает в сознании конкретного человека, является субъективной моделью данной ситуации. Психологи обнаружили, что при формировании этой модели люди обычно упрощают реальную ситуацию, исключая из рассмотрения многие факторы, возможности и их последствия.

2. Как люди оценивают последствия принимаемых решений?

Различные последствия своих решений люди также оценивают субъективно и приписывают им некоторое «значение» ценности или полезности, которое отражает их личные взгляды и предпочтения. Субъективная полезность альтернатив играет очень важную роль в принятии решений, поскольку именно она определяет окончательный выбор.

3. Как люди оценивают вероятности различных факторов, влияющих на принятие решения?

Установлено, что при оценке вероятностей различных событий люди используют эвристические правила и подвержены влиянию психологических ловушек. Например, психологи обнаружили, что люди часто переоценивают вероятности наступления более понятных и желаемых для них событий, хотя на самом деле эти события могут быть объективно маловероятны.

4. Какие правила и стратегии используют люди для принятия решений в различных ситуациях?

Исследования показали, что при выборе альтернативы люди также пользуются разнообразными эвристиками, которые не имеют строгого обоснования. Например, они часто используют так называемую *аддитивную модель*, когда каждая альтернатива оценивается в виде суммы полезностей различных последствий, умноженных на их «вес», т. е. важность того или иного результата.

5. Как на людей влияют различные факторы, управляющие процессом принятия решения?

К таким факторам относят влияние внешней среды, личностные качества людей, обеспеченность ресурсами и другие. Например, установлено — чем сильнее у человека выражены потребность в успехе и стремление к превосходству, тем больше он склонен к риску. В психологии также известен эффект «позитивного сдвига риска», когда кол-

лективное принятие решений приводит к выбору более рискованных альтернатив, чем индивидуальное.

Таким образом, психологическая теория решений изучает, как в действительности люди принимают решения и какие психологические явления, парадоксы и ловушки сопровождают этот процесс. В связи с этим психологическая теория решений выполняет две основные функции – *предвидение* и *объяснение* поведения человека в процессе принятия решений.

Психологическая теория решений представляет собой систему утверждений, раскрывающих внутреннее содержание деятельности и поведение людей в процессе принятия решений. Она выполняет функции объяснения и предвидения поведения человека в ситуациях выбора.

Однако людей всегда интересовало не только то, как они принимают решения, но и то, как надо принимать решения. Чтобы ответить на этот вопрос, была разработана и продолжает активно развиваться нормативная теория решений.

Нормативная теория решений – это система методов, обеспечивающих поддержку принятия решений. Эти методы организуют мышление человека и предписывают ему, как следует себя вести в процессе принятия решений.

В настоящее время разработано большое число разнообразных методов и процедур, которые призваны помочь людям разобраться в сложной ситуации и в своих предпочтениях, грамотно сформулировать цели, ограничения, альтернативы, оценить их последствия и принять качественное решение.

В основе всех этих методов лежит определенная концепция принятия решений человеком. *Нормативная теория решений базируется на двух основных концепциях – максимизации полезности и ограниченной рациональности.*

Концепция максимизации полезности

В соответствии с **концепцией максимизации полезности** рассматривается так называемый рациональный, или «экономический», человек, который всегда старается принять оптимальное, т. е. наилучшее из всех возможных, решение. У каждого из нас имеется своя собственная **функция полезности**, отражающая нашу индивидуальную систему предпочте-

ний. Эта функция может быть задана в форме некоторого аналитического выражения или «скрыта» внутри наших предпочтений. Оценивая каждое решение, мы явно или неявно протипоставляем ему некоторое значение своей функции полезности, которое показывает степень предпочтительности этого решения по сравнению с остальными.

Оптимальным считается решение, обладающее максимальной полезностью.

Чтобы определить его, в теории принятия решений разработаны специальные методы построения и максимизации функции полезности. Они действительно помогают определить наилучшее решение проблемы, но их применение на практике связано с большими затратами времени и поэтому не всегда возможно и целесообразно.

Методы принятия решений, реализующие концепцию максимизации полезности, описаны в работах Дж. фон Неймана, О. Morgenштерна, Р.Л. Кини, Х. Райфа, П. Фишберна и других ученых.

Концепция ограниченной рациональности

Изучение процессов принятия решений в организациях привело к выводу о том, что в действительности люди редко ведут себя подобно «рациональному» человеку. *В большинстве реальных ситуаций люди, как правило, ограничиваются удовлетворительными решениями, которые обычно уступают оптимальным по качеству, но вполне приемлемы с точки зрения достижения поставленной цели.* Более того, руководитель организации вынужден принимать удовлетворительные решения по нескольким причинам:

- 1) из большого числа возможностей он видит лишь несколько альтернатив, и поэтому маловероятно, что его выбор будет оптимальным;
- 2) он не может предвидеть всех возможных последствий каждой альтернативы;
- 3) ему часто не хватает знаний, а потому его решения обычно основываются на весьма приблизительных и общих представлениях о тех процессах и объектах, которые нуждаются в управлении;
- 4) руководитель работает в режиме «хронического» дефицита времени и поэтому часто ошибается;
- 5) он не обладает всей необходимой информацией, поскольку принимает решения в условиях неопределенности внешней и внутренней среды организации;

б) он часто руководствуется нечеткими, расплывчатыми или даже противоречивыми целями, что, несомненно, влияет на качество и содержание управленческих решений.

Указанные причины обусловлены прежде всего психологическими факторами и ограниченными возможностями человека по переработке информации, которая необходима для принятия оптимального решения. В связи с этим возникла **концепция ограниченной рациональности**, которая была предложена и развита в трудах Г. Саймона, Ч. Линдблома, Дж. Марча и других ученых. В рамках этой концепции рассматривается не «рациональный», а, по определению Г. Саймона, «административный» человек, принимающий удовлетворительные решения.

Хотя концепция ограниченной рациональности относится к описательным моделям принятия решений, ее идеи и положения были восприняты экономистами и математиками для разработки новой группы нормативных методов, которые в большей степени соответствуют природе человека и его ограниченным возможностям. Например, к ним относятся современные методы, основанные на идеях целевого программирования, базовой точки и задания уровней устремлений.

Психологическая и нормативная теории решений до настоящего времени развивались параллельно и находились между собой в известном противоречии. Нормативная теория предлагала методы, которые в принципе позволяли находить оптимальные решения, но противоречили данным психологических исследований и поэтому не воспринимались теми людьми, для которых были предназначены. Психологическая теория, напротив, описывала реальное поведение людей в процессе принятия решений, но была «бесполезной» в том смысле, что не могла научить нас, как надо правильно принимать решения.

В настоящее время благодаря совместным усилиям математиков, экономистов, психологов и других специалистов происходит взаимное обогащение и заметное сближение этих двух теорий. Психологические исследования, ориентируясь на потребности практики, дают необходимую информацию для размышления, которая учитывается при разработке нормативных методов, предназначенных для решения сложных проблем организации.

1.4. Участники процесса принятия решений

Принятие организационных решений в технической сфере – это чрезвычайно сложный процесс, который сопровождается психологическими, организационными и техническими трудностями. Задачи принятия решений редко формулируются в «чистом» виде, когда четко задано множество альтернатив, имеющих определенные оценки по известным показателям. В этом случае остается лишь сравнить эти альтернативы между собой при помощи какого-либо метода и выбрать среди них наилучшую или удовлетворительную. Однако в реальной жизни все не так просто. Дело в том, что перед тем, как сделать выбор, необходимо провести огромную работу – выполнить диагноз решаемой проблемы, собрать информацию об альтернативах и факторах, влияющих на результаты решений, оценить последствия каждой альтернативы, организовать (если это необходимо) их коллективное обсуждение и решить много других задач. Выполнить весь объем этой работы одному человеку не под силу.

Поэтому в принятии решений обычно участвуют разные люди или группы людей, исполняющие в этом процессе определенные роли.

Среди них выделяют пять основных ролей:

- 1) владелец проблемы;
- 2) лицо, принимающее решение;
- 3) активная группа;
- 4) эксперт;
- 5) аналитик [3; 6].

Владелец проблемы. В любой реальной задаче выбора существует человек, который отвечает за решение возникшей проблемы. Он называется владельцем проблемы. Можно сказать, что *владелец проблемы – это человек, который, по мнению окружающих или своему служебному положению, должен решать проблему и нести ответственность за принятые решения.* Эти решения обычно непосредственно влияют на положение и благосостояние владельца проблемы. Например, владельцы всех проблем в организациях – это руководители организаций, которые, однако, могут поручить решение этих проблем другим людям, делегируя им часть своих полномочий.

Лицо, принимающее решение. Ключевую роль в процессе принятия решений играет лицо, принимающее решение (ЛПР), которое далеко

не всегда является владельцем проблемы. *ЛПП* — это индивид или группа людей, которые реально осуществляют выбор и несут ответственность за принятые решения в соответствии со своими полномочиями. Если решение принимается группой людей, то в этом случае можно использовать термин «группа, принимающая решение» (ГПР).

Если говорить о соотношении ролей владельца проблемы и ЛПП, то на практике возможны три различных ситуации.

1. *Владелец проблемы и ЛПП — один и тот же человек.*

В этом случае владелец проблемы никому не доверяет ее решение, кроме себя самого. Конечно, при этом он может собирать информацию, общаясь со своими подчиненными, советоваться с ними, прибегать к услугам экспертов и аналитиков, но окончательное решение всегда принимает самостоятельно.

2. *Владелец проблемы входит в состав группы, принимающей решение.*

В этой ситуации владелец проблемы является лишь одним из нескольких человек, принимающих участие в ее решении. Причем, несмотря на более высокий статус и положение внутри группы, владелец проблемы имеет равные права с другими участниками обсуждения. В этом случае он не может принять решение единолично и соглашается с любым решением, принятым всей группой.

3. *Владелец проблемы и ЛПП — разные люди.*

Такие ситуации возникают, если владелец проблемы, например руководитель организации, перекладывает принятие решений на других людей (своих подчиненных, консультантов, экспертов) и дает им для этого необходимые полномочия. В этом случае владелец проблемы не снимает с себя ответственности, но заранее соглашается с любым решением, которое будет принято другим человеком или группой.

Активные группы. На принятие решений может сильно влиять позиция активных групп. *Активная группа* — это группа людей, имеющих общие интересы по отношению к решаемой проблеме. Как правило, роль активной группы исполняют другие организации, которые так или иначе заинтересованы в решении возникшей проблемы. Например, активной группой можно считать общественную организацию по защите окружающей среды, протестующую против решения о строительстве нового промышленного предприятия в экологически чистом районе. Активной группой может быть конкурирующая организация,

которая пытается помешать осуществлению ваших планов и предлагает «договориться», т. е. найти компромиссное решение проблемы. Конечно, теоретически ЛПР может исходить только из своих интересов, и не обязано учитывать мнение активных групп, но практически такая позиция может привести к обострению конфликта и нежелательным последствиям в будущем. Поэтому разумное ЛПР всегда принимает во внимание интересы активных групп, учитывая их позиции и критерии выбора в процессе принятия решений.

Эксперты. В процессе принятия решений важную роль играют *эксперты* – люди, которые профессионально лучше, чем ЛПР, знают отдельные аспекты проблемы и выступают в роли источника информации, необходимой для принятия решения. К экспертам обычно обращаются, чтобы выяснить причины возникшей проблемы, разработать варианты ее решения, оценить каждую альтернативу и сделать прогноз развития событий. Например, принимая решение о разработке нового товара, ЛПР может обратиться за советом к экспертам-маркетологам, которые лучше представляют ситуацию на рынке и могут оценить уровень спроса на этот товар. Принимая решение о вложении денег в ценные бумаги, ЛПР может обратиться за информацией к специалистам фондового рынка, которые оценят ожидаемый доход и риск инвестиций.

Предоставляя необходимую информацию, эксперты высказывают свое субъективное мнение. Однако если эксперт, будучи профессионалом в своем деле, беспристрастно оценивает ситуацию, то его оценки близки к объективным. При этом всегда следует помнить, что *экспертная информация* – это не решение, а лишь полезная информация, помогающая принять решение. Принимать решение на основе своих предпочтений может только ЛПР. Эксперты отвечают только за свои рекомендации. В общем случае мнения экспертов и ЛПР могут не совпадать.

Аналитики. В подготовке сложных решений, имеющих обычно стратегический характер, принимают участие *аналитики (или консультанты по принятию решений)*. Их роль заключается в рациональной организации процесса принятия решений.

Аналитики выполняют следующие основные функции:

- 1) оказание помощи ЛПР и владельцу проблемы в правильной постановке задачи;
- 2) выявление ролей и позиций активных групп;

- 3) организация работы с экспертами;
- 4) выявление предпочтений ЛПР;
- 5) разработка и применение методов принятия решений.

Аналитик, в отличие от эксперта, обычно не дает никаких личных оценок, а только помогает ЛПР уяснить свои предпочтения, взвесить все «за» и «против» и прийти к разумному компромиссу.

Важнейшая задача и специфика работы аналитика состоит в изучении и выявлении системы предпочтений ЛПР. Опытный руководитель, как правило, четко представляет свои цели, сразу уясняет суть проблемы и вырабатывает основные варианты ее решения. Однако результаты многих исследований показывают, что ЛПР без дополнительной аналитической поддержки часто используют упрощённые или противоречивые правила и критерии выбора. Причины такого поведения заключаются не только в индивидуальных особенностях ЛПР, но и в том, что существуют объективные ограничения человеческой системы переработки информации. Именно поэтому возникают многие ошибки и противоречия человека в процессе принятия решений. Чтобы их избежать, можно обратиться к услугам аналитика, который должен помочь ЛПР последовательно и логично выразить свои предпочтения и принять окончательное решение.

*Главный инструмент аналитика — **методы принятия решений**, которые «механизируют» мышление ЛПР и определяют порядок получения и обработки всей необходимой информации.* Правильно построенные методы принятия решений позволяют выявить предпочтения ЛПР, сравнить между собой все альтернативы и служат своеобразным усилителем человеческих возможностей.

1.5. Классификация задач принятия решений

В практике встречается широкое разнообразие ситуаций, в которых руководители сталкиваются с проблемами принятия решений. Каждая проблемная ситуация характеризуется сложным хитросплетением многочисленных факторов и, следовательно, по-своему уникальна и неповторима. Тем не менее, если пренебречь несущественными различиями между ними, то появляется возможность описания некоторых классов реальных ситуаций, которые определяют конкретные типы

задач принятия решений. В основу их классификации могут быть положены различные системы признаков. Однако теория и практика управления показывают, что наиболее общими и существенными из них являются: число лиц, принимающих решение, вид показателя эффективности и степень определенности информации о проблемной ситуации. Рассмотрим основные типы задач принятия решений, которые различаются по этим признакам.

Число лиц, принимающих решение. *По числу ЛПП выделяют задачи принятия индивидуальных решений (индивидуального выбора) и задачи принятия коллективных решений (коллективного выбора).*

В задачах индивидуального выбора ЛПП — это один человек, который осуществляет выбор на основе своих индивидуальных предпочтений и несет полную ответственность за последствия принятых решений. Задачи этого класса сравнительно хорошо изучены, для их решения разработан широкий арсенал методов и, как показывает опыт, такие задачи наиболее часто возникают на практике.

В задачах коллективного выбора решения принимаются группой лиц (коллегиальным органом) на основе выявления и формирования коллективных предпочтений, отражающих мнение всей группы. Как отмечалось выше, в этом случае вместе с термином «лицо, принимающее решение» также используют понятие «группа, принимающая решение». Основная трудность в принятии коллективных решений заключается в том, чтобы согласовать индивидуальные предпочтения всех членов группы и объединить их в единое мнение. К сожалению, несмотря на большое количество работ в этой области, задачи принятия коллективных решений гораздо менее изучены, и в настоящее время не существует общепринятых эффективных методов достижения группового согласия. Поэтому качество коллективных решений в значительной мере зависит от искусства руководителя, который организует обсуждение проблемы, выслушивает мнения своих подчиненных и применяет такую процедуру принятия решения, которая отражает его представления о рациональности и справедливости коллективного выбора.

Вид показателя эффективности. *В зависимости от вида показателя эффективности различают задачи принятия решений по скалярному показателю (однокритериальные задачи) и задачи принятия решений по векторному показателю (многокритериальные задачи).*

В однокритериальных задачах результат выбора адекватно описывается единственным показателем эффективности, значение которого показывает степень достижения цели управления. Если такой показатель определен, то процесс принятия решения сводится к выбору альтернативы, удовлетворяющей установленному ЛПП критерию эффективности и заданным ограничениям.

Однокритериальные задачи могут встречаться на практике, когда имеется один ярко выраженный *главный* показатель, абсолютно превосходящий по важности (с точки зрения предпочтений ЛПП) все остальные показатели эффективности, если они существуют. Например, такими показателями в задачах принятия управленческих решений чаще всего оказываются ожидаемая прибыль или уровень риска, связанного с тем или иным решением.

Многокритериальные задачи характеризуются наличием нескольких показателей эффективности, отражающих многообразные и, как правило, противоречивые цели управления организацией. В таких ситуациях имеет место так называемая целевая неопределенность, которая имеет две особенности. Во-первых, задача носит обычно новый или уникальный характер, т. е. нет статистических данных, позволяющих обосновать оптимальные соотношения между различными показателями. И, во-вторых, на момент принятия решения отсутствует информация, позволяющая объективно оценить возможные последствия каждой альтернативы. Следовательно, оценка и принятие решений по многим показателям являются субъективными и полностью зависят от системы предпочтений ЛПП.

В многокритериальных задачах нельзя утверждать, что некоторое решение действительно оптимально. Это объясняется тем, что одно из решений может превосходить другое по одним показателям и уступать ему по другим. Например, из двух предложенных вариантов инвестиций первый может иметь более высокую доходность, но вместе с тем и более высокий уровень риска. В таких условиях трудно определить, какое из решений более предпочтительно, не говоря уже о его оптимальности.

*В многокритериальных задачах главное внимание уделяется не разработке эффективных вычислительных алгоритмов поиска решения, а разработке решающего правила, или **критерия выбора**, позволяющего установить разумный компромисс между значениями всех частных показателей.*

Степень определенности информации. По степени определенности информации о проблемной ситуации выделяют задачи принятия решений в условиях определенности и неопределенности.

Задачи выбора в условиях определенности (детерминированные задачи) характеризуются наличием полной и достоверной информации о проблемной ситуации. В этих задачах относительно каждого допустимого решения заранее, еще до его реализации, известно, что оно неизменно приведет к некоторому определенному результату. Например, если в условиях стабильной экономической ситуации вы вкладываете свои деньги в очень надежный банк, то, скорее всего, через месяц вы получите некоторую прибыль, которую можно вычислить по известной ставке процента.

Реально почти все проблемные ситуации содержат неопределенность. **Характерная особенность задач принятия решений в условиях неопределенности** состоит в том, что результат выбора зависит не только от содержания самого решения и «фиксированных» факторов, но также от неопределенных факторов, неподвластных ЛПР и неизвестных ему (или известных с недостаточной точностью). В результате влияния неопределенных факторов каждая альтернатива связывается не с одним, а с несколькими возможными исходами, что существенно осложняет процесс принятия решений. Например, в силу неопределенности потребительского спроса или поведения конкурентов доход, получаемый от реализации товаров или услуг, становится непредсказуемым.

По признаку **структурированности** выделяют хорошо структурированные, неструктурированные и слабо структурированные задачи принятия решений [3].

Хорошо структурированными называют задачи, в которых наиболее существенные зависимости между основными элементами проблемы, т. е. факторами среды, альтернативами и их последствиями, определены настолько хорошо, что допускают строгое количественное описание. Для их решения можно построить математическую модель, исследовать с ее помощью различные варианты выбора и принять оптимальное решение. К хорошо структурированным относятся задачи математического программирования и другие типичные проблемы исследования операций.

Неструктурированными называют задачи, которые содержат лишь качественное описание элементов проблемы и связей между ними. Коли-

качественные зависимости между альтернативами, факторами среды и последствиями решений совершенно неизвестны, так как для их определения отсутствует необходимая информация. В таких ситуациях бывают ясны только самые общие закономерности и зависимости, которые описываются на естественном языке, а потому качественно и расплывчато. Другими словами, в этих случаях структура задачи, понимаемая как совокупность связей между ее элементами, не определена. Для их решения используются субъективные суждения, интуиция, догадки, предположения. Примерами таких задач являются проблемы выбора профессии, места работы, кандидата на замещение вакантной должности, перспективных проектов научных исследований и разработок, стратегии развития фирмы и многие другие.

Слабо структурированными называют задачи, которые содержат как количественные, так и качественные зависимости между основными элементами проблемной ситуации, причем качественные, малоизвестные и неопределенные характеристики проблемы обычно преобладают. Слабо структурированными можно считать задачи выбора в условиях неопределенности или многокритериальные задачи, которые частично описываются некоторой математической моделью, но в силу недостатка информации о проблеме и предпочтениях ЛПР не имеют однозначного алгоритмического решения. Например, к ним относятся задачи планирования производства, которые описываются с помощью многокритериальных моделей математического программирования. В таких задачах недостаток объективной информации принципиально неустраним на момент принятия решения и восполняется субъективными суждениями человека, отражающими его знания, интуицию и предпочтения [3].

По структуре множества альтернатив можно выделить задачи условного выбора и задачи выбора на конечном множестве альтернатив.

В задачах **условного выбора**, называемых также задачами оптимизации, множество альтернатив задается неявно, в форме некоторых условий (ограничений), имеющих аналитическое выражение. Например, это могут быть ограничения на материальные или финансовые ресурсы, заданные в виде системы уравнений или неравенств. Множество альтернатив, описанное в такой форме, представляет собой некоторую область в многомерном метрическом пространстве и может иметь произвольную структуру, т. е. быть ограниченным или неограниченным, дискретным или непре-

ривным, выпуклым или невыпуклым. Подобные задачи формулируются с помощью разнообразных моделей *математического программирования*. К ним относятся, например, задачи планирования производства, задачи транспортного типа, задачи о размещении предприятий, задачи оптимизации портфеля ценных бумаг и многие другие. Уточнение структуры множества альтернатив приводит к более тонкой и глубокой классификации таких задач и определению методов их решения.

В задачах **выбора на конечном множестве** альтернатив допустимые варианты решения заданы не с помощью ограничений, а непосредственно в форме конечного набора объектов. Например, это могут быть кандидаты на выполнение задания, альтернативные проекты инвестиций, бизнес-планы, варианты организационных структур. Подобные задачи, как правило, не допускают разработки математической модели, но они чаще всего возникают на практике.

По типу используемой модели выделяют задачи принятия решений с объективными и субъективными моделями [3; 8].

В задачах с объективными моделями можно построить достаточно надежную математическую модель, которая адекватно описывает реальную ситуацию и связывает между собой ее основные элементы.

В задачах с субъективными моделями недостаток объективной информации не позволяет описать количественные связи между элементами проблемы. Поэтому ЛПП вынуждено формировать субъективное представление о проблемной ситуации на основе своих знаний, опыта, интуиции, а также информации, полученной от других людей, например экспертов или аналитиков.

По степени информированности ЛПП задачи принятия решений можно разделить на два класса: задачи целостного и критериально-экспертного выбора [3; 6].

В задачах целостного выбора предполагается, что ЛПП имеет богатый профессиональный опыт и настолько хорошо знакомо с возникающими проблемами, что само может выступать в роли эксперта. В этих случаях ЛПП мгновенно формирует целостный образ ситуации и способно быстро оценивать полезность альтернатив, не прибегая к их детальному анализу. Например, опытному руководителю бывает сразу ясно, какие товары будут пользоваться спросом, какая реклама будет наиболее эффективной, кому следует поручить выполнение того или иного задания и т. п.

В отличие от подобных ситуаций *в задачах критериально-экспертного выбора ЛПР не может охватить проблему «одним взглядом», т. е. не имеет целостного представления об альтернативах до начала решения задачи.* В этих случаях для того, чтобы принять решение, ЛПР собирает недостающую информацию, определяет состав показателей и критериев эффективности, прогнозирует возможные последствия альтернатив и сравнивает их, исходя из своих предпочтений. В процессе анализа проблемы ЛПР может прибегать к помощи экспертов и аналитиков.

По новизне решаемой задачи различают новые (уникальные) и повторяющиеся задачи принятия решений.

Задача рассматривается как новая, если она сама по себе или обстановка, в которой осуществляется выбор, встречается для ЛПР впервые. *К новым задачам можно отнести все задачи, для решения которых стандартные правила или процедуры еще не разработаны.*

В повторяющихся задачах ЛПР обучается на собственном опыте и применяет типовые правила или процедуры принятия решений, так как имеет возможность неоднократно наблюдать их результаты. По мере накопления опыта ЛПР приобретает новые знания, совершенствует логические суждения, «оттачивает» интуицию и принимает более качественные решения.

В зависимости от требований, которые предъявляются к виду окончательного решения. По этому признаку можно выделить три основных класса задач – классификации альтернатив, ранжирования альтернатив и выбора наилучшей альтернативы [3].

В задачах классификации альтернатив в результате решения все альтернативы разделяются на некоторые группы (классы), которые упорядочиваются ЛПР по их предпочтительности, но в пределах каждой группы альтернативы считаются равноценными. Разделение каких-либо объектов на группы часто встречается на практике, особенно в тех случаях, когда этих объектов достаточно много. Как правило, нет смысла и практически сложно упорядочить все объекты, если их число достигает нескольких десятков или сотен. В таких случаях разбиение на группы служит вполне удовлетворительным решением задачи или рассматривается как предварительный шаг для более глубокого анализа. Например, товары можно группировать по их качеству, рынки сбыта – по уровню

спроса, виды деятельности – по их прибыльности или престижности, предприятия и фирмы – по их репутации или надежности.

Однако существуют *задачи, в которых недостаточно разделить объекты на группы, а требуется строго упорядочить их по предпочтительности. Они называются задачами упорядочения, или ранжирования альтернатив.* Так, руководители организаций могут ранжировать текущие задачи и планы работ по степени важности, своих подчиненных – по уровню квалификации, варианты инвестиций – по сроку окупаемости или ожидаемой прибыли.

Традиционной задачей принятия решений считается задача *выбора наилучшей альтернативы.* Она наиболее часто встречается на практике. В данном случае термин «наилучшая» не обязательно означает «оптимальная». Это может быть удовлетворительное решение, выбранное из исходного множества альтернатив, но это решение должно быть единственным.

Выбор наилучшей альтернативы это единственное удовлетворительное решение, выбранное из исходного множества альтернатив.

После того как выбор сделан, относительная ценность других решений значения не имеет. Как правило, задача выбора наилучшей альтернативы возникает, когда число альтернатив невелико и обозримо для ЛПР.

По признаку зависимости от времени различают статические и динамические задачи принятия решений.

В статических задачах все факторы, влияющие на процесс принятия решений, от времени не зависят и считаются неизменными. Например, можно предположить, что предпочтения ЛПР не меняются, потребительский спрос имеет некоторую постоянную величину, цены на товары и курсы валют остаются прежними, поведение конкурентов и поставщиков предопределено, ограничения на ресурсы зафиксированы и т. д. Вместе с тем это не означает, что все факторы в статических задачах принятия решений являются определенными. Некоторые из них могут иметь неизвестные, но постоянные значения. В действительности статические задачи встречаются редко и рассматриваются обычно как упрощение реальных ситуаций, когда зависимость от времени настолько мала, что ею можно пренебречь.

Динамические задачи принятия решений гораздо сложнее статических, поскольку при их решении учитывается зависимость от времени

всех или некоторых факторов, характеризующих проблемную ситуацию. Например, влияние определенных факторов может описываться как известные функции времени, сила воздействия неопределенных факторов может быть переменной, предпочтения ЛПП и цели управления могут изменяться, в процессе принятия решения могут разрабатываться и добавляться новые альтернативы, их оценки могут уточняться по мере получения дополнительной информации. Заранее, до начала решения таких задач, предсказать изменения всех факторов практически невозможно. Поэтому в динамических ситуациях наиболее гибким подходом к принятию решений является *адаптация* к текущим условиям и постепенное движение к удовлетворительному решению задачи.

По типу шкалы показателя эффективности различают задачи принятия решений с количественными и качественными показателями.

Задачи принятия решений с количественными показателями наиболее удобны для анализа, поскольку допускают измерение частных показателей в числовой форме и применение количественных методов для оценивания и выбора альтернатив.

Задачи принятия решений с качественными показателями вынуждают ЛПП использовать субъективные, качественные оценки, которые выражаются в номинальной или порядковой шкале. Это существенно осложняет процесс принятия решения и требует помощи экспертов, аналитиков, а также применения специальных методов принятия решений. Задачи с качественными показателями, как правило, являются неструктурированными. Необходимо отметить, что в большинстве реальных задач принятия решений альтернативы оцениваются как по количественным, так и по качественным показателям. Например, при покупке автомобиля вы обращаете внимание, с одной стороны, на его цену, мощность, расход топлива, а с другой – на цвет, уровень комфорта и престижность. Аналогично при выборе нового проекта инвестиций руководитель должен учитывать, с одной стороны, первоначальные затраты, срок окупаемости, ожидаемый доход, с другой – влияние этого проекта на отношения с активными группами, репутацию фирмы, окружающую среду и т. д.

Все перечисленные выше классы задач тесно взаимосвязаны. Однако их выделение позволяет взглянуть на проблемную ситуацию с разных точек зрения, лучше понять сущность задачи и подобрать «ключи» к ее решению.

1.6. Этапы принятия решений

Принятие решений в сложных ситуациях требует тщательного анализа всех факторов и представляет собой многошаговый процесс, состоящий из последовательности взаимосвязанных этапов. Обычно *процесс принятия решений охватывает три основных фазы: подготовку, принятие и реализацию*. Однако каждая из них представляет собой сложный процесс, состоящий из ряда последовательных этапов.

Первый этап – определение проблемы. Хорошо известно, что необходимость в принятии решения возникает только при наличии некоторой проблемы. *Проблема – это расхождение между действительным и желаемым или потенциально возможным при неизвестных способах преодоления этого расхождения*.

Чтобы решить проблему, ее сперва необходимо *определить*, т. е. «увидеть» возникшее противоречие и установить его причины. Определение проблемы – это сложная процедура, которая, в свою очередь, состоит из нескольких фаз и требует принятия промежуточных решений. Среди этих фаз выделяют две основные – выявление и диагноз проблемы.

Первая фаза – выявление проблемы, т. е. определение ее симптомов. *Понятие «симптом» означает некоторый признак, который указывает на появление проблемы и понимается как отклонение реальных оценок показателей эффективности от желаемых или потенциально возможных значений*. Например, к типичным симптомам проблем функционирования коммерческих организаций относятся низкие значения прибыли, объема продаж, качества товаров, производительности труда или, напротив, высокие издержки и текучесть кадров.

Определение симптомов позволяет установить наличие проблемы, но не отвечает на вопрос о причинах ее возникновения. Поэтому необходима вторая фаза – диагноз проблемы, т. е. установление причин ее возникновения.

Диагноз проблемы – это процесс выявления факторов, послуживших причиной появления проблемы, и выделения среди них управляемых факторов, из которых будет формироваться множество альтернатив для принятия решения.

Второй этап – постановка цели принятия решения. Следующий важный этап после определения проблемы – это постановка цели приня-

тия решения. *Цель принятия решения должна формулироваться так, чтобы ее достижение полностью решало возникшую проблему.* Достижение общей цели может потребовать принятия многих решений. Так, в результате диагноза проблемы могут быть установлены несколько причин проблемы. Каждая из этих причин представляет самостоятельную подпроблему, для решения которой необходимо сформулировать соответствующую подцель.

Цель принятия решения формулируется с помощью одного или нескольких критериев выбора. *Критерий выбора* — это требование, которое предъявляется к свойствам альтернатив. Например, качество оборудования, по мнению ЛПР, должно удовлетворять двум критериям — требуемая надежность и требуемая производительность.

Третий этап — анализ факторов, влияющих на принятие решения. Если цель принятия решения определена, то необходимо уяснить, какие факторы могут содействовать или, наоборот, помешать ее достижению. *Все факторы, влияющие на процесс принятия решений, можно разделить на две группы — личностные и ситуационные.*

К личностным факторам относятся психические процессы, состояния и свойства личности ЛПР. Например, своевременная диагностика отрицательных по своей природе состояний, таких как стресс, фрустрация, депрессия, информационная перегрузка, тревога, истощение, которые нередко возникают в деятельности руководителей организаций, позволяет отложить принятие важных решений и, как следствие, избежать серьезных ошибок, которые могли бы быть допущены.

Ситуационные факторы характеризуют ситуацию принятия решения и описываются в виде значений ситуационных переменных внешней и внутренней среды организации. Например, темпы инфляции, цены на материальные и природные ресурсы, ожидаемый уровень спроса на продукцию, правовые ограничения, появление новых технологий.

Анализ перечисленных факторов необходим для получения информации об их значениях и о том влиянии, которое они оказывают на последствия принимаемых решений. Поэтому можно утверждать, что успех в принятии решений зависит от того, насколько хорошо ЛПР знает себя и насколько хорошо он знает ситуацию, в которой находится. В связи с этим на данном этапе решаются две взаимосвязанные задачи — анализ личностных факторов и анализ ситуации принятия решения.

Четвертый этап – разработка альтернатив. Этап разработки альтернатив необходим для формирования исходного множества вариантов, предъявляемых для выбора. Обычно сформулированная цель принятия решения может быть достигнута разными способами, из которых требуется выбрать наилучший или хотя бы достаточно хороший.

Возможные способы достижения поставленной цели называются альтернативами. Поскольку принятие решения – это выбор альтернативы, то для существования самой задачи принятия решения необходимо наличие, по крайней мере, двух альтернатив.

При формировании множества альтернатив целесообразно придерживаться следующих рекомендаций.

Во-первых, путем анализа всех ограничений необходимо выделить множество допустимых решений. Исключение из рассмотрения недопустимых или практически нереализуемых вариантов, которые не удовлетворяют хотя бы одному из установленных ограничений, позволяет резко сократить исходное множество альтернатив. Очевидно, что решение проблемы всегда находится среди допустимых вариантов выбора.

Во-вторых, множество допустимых решений может оставаться достаточно обширным, что затрудняет анализ и сравнение альтернатив. Поэтому это множество подвергается дальнейшему сокращению путем исключения таких вариантов, которые, по мнению ЛПР, «очевидно непригодны» с точки зрения цели принятия решения. Обычно для этого ЛПР использует интуицию, логические суждения или эвристические правила. Например, рассматривая возможных кандидатов для назначения на должность, руководитель может сразу вычеркнуть тех, кто не имеет достаточного опыта работы, невзирая на их преимущества перед остальными кандидатами.

В-третьих, среди оставшихся альтернатив следует исключить такие, которые на первый взгляд заслуживают внимания, но при более детальном анализе оказываются заведомо хуже, чем какое-либо другое решение. Обычно для выявления этих альтернатив ЛПР оценивает различные свойства рассматриваемых вариантов и удаляет те из них, которые по всем показателям «не лучше» и хотя бы по одному показателю «хуже», чем некоторое допустимое решение. Например, при сравнении двух кандидатов один из них может оказаться объективно хуже другого, поскольку имеет меньший опыт работы в этой должности «при прочих равных условиях».

Оставшиеся альтернативы называются *эффективными*, и только среди них следует искать оптимальное или удовлетворительное решение.

Полезным инструментом для разработки альтернатив могут стать *методы поиска идей*, которые зародились в теории решения изобретательских задач и успешно применяются для решения проблем организации. Отметим среди них такие методы, как мозговая атака, синектика, ликвидация тупиковых ситуаций и морфологический анализ [10].

Пятый этап – оценивание альтернатив. После разработки списка всех альтернатив следует переходить к их оцениванию. *Оценивание альтернатив* – это процесс получения некоторых значений, которые показывают уровень или «силу» различных свойств альтернатив, предъявляемых для выбора.

Оценки альтернатив могут быть частными и общими, объективными и субъективными, прямыми и косвенными, количественными и качественными.

Частные оценки – это значения частных показателей эффективности или качества, характеризующих отдельные свойства альтернатив.

Общие оценки – это значения обобщенных показателей или функций полезности, которые характеризуют предпочтительность альтернатив в целом с учетом всех достоинств и недостатков, т. е. частных оценок этих альтернатив.

Объективные оценки получают путем измерений, вычислений, проведения экспериментов, т. е. с помощью объективных моделей реальных процессов и явлений.

Субъективные оценки – это суждения человека или группы людей, которые выносятся с помощью их знаний, опыта, интуиции, умозаключений, т. е. собственной субъективной модели сложившейся ситуации. Поэтому на получение субъективных оценок сильно влияют память, мышление, восприятие человека и другие психические процессы.

Прямые оценки получают путем непосредственного измерения значений атрибутов с помощью приборов или субъективных суждений человека. В этом случае говорят об использовании первичных измерений для оценивания альтернатив.

Косвенные оценки получают с помощью формул, алгоритмов, имитационных моделей, логического вывода, позволяющих определить значения атрибутов на основе известных величин, полученных первичными измерениями.

Количественные оценки — это значения атрибутов, выраженные в шкале интервалов, шкале отношений или абсолютной шкале. Другими словами, для получения количественных оценок показателей эффективности или качества используется любая метрическая шкала.

Качественные оценки — это значения атрибутов, выраженные в номинальной или порядковой шкале. Качественные оценки обычно представляются на естественном языке или в виде баллов, соответствующих различным уровням того или иного свойства альтернатив.

В большинстве случаев оценку каждого возможного решения требуется получить до того, как оно будет принято и реализовано. Например, если принимается решение о выпуске нового вида продукции, то оценить объем продаж и ожидаемую прибыль с учетом потребительского спроса и действий конкурентов необходимо заблаговременно, а не после того, как в производство будут вложены значительные средства. Поэтому возникает интересное противоречие. Чтобы принять решение, необходимо оценить все альтернативы. Однако сделать это мы можем только после их реализации. Единственный способ разрешить указанное противоречие — построить модель процесса реализации решений.

Моделированием называется процесс разработки и применения некоторой модели. *Модель* — это некоторый образ или аналог реального объекта, процесса или явления.

Концепция моделирования предполагает не только разработку модели, но также изучение ее свойств с целью получения информации о реальном объекте. По сравнению с «оригиналом» модель может иметь совершенно иную природу. Поэтому между реальным объектом и его моделью должно быть установлено определенное соответствие (аналогия), от полноты которого зависит *адекватность* модели. Поскольку форма модели менее сложна, а все лишние и несущественные данные, затрудняющие понимание реальности, отбрасываются, модели часто повышают способность людей к пониманию и разрешению возникающих перед ними проблем [8; 10].

Классификация моделей. Модели, используемые в управлении, можно классифицировать по различным признакам. Основными среди них являются целевое назначение модели, зависимость объекта моделирования от времени, принцип и метод моделирования.

По целевому назначению различают описательные и нормативные модели.

Описательные модели предназначены для описания свойств или поведения реальных объектов. Например, отчет о деятельности фирмы или психологическая характеристика личности – это описательные модели.

Нормативные модели предназначены для указания целей деятельности и определенного порядка действий для их достижения. *Нормативные модели предписывают нормы и правила поведения, определенные процедуры и конкретные действия.* Например, к нормативным моделям относятся законы, уставы организаций, должностные инструкции, бизнес-планы, программы действий.

По признаку зависимости объекта моделирования от времени различают статические и динамические модели.

Статические модели отражают конкретное состояние реального объекта, которое со временем не меняется. Примером статической модели является описание значений показателей эффективности организации в некоторый момент времени.

Динамические модели отражают процесс изменения состояний реального объекта. Они показывают различия между состояниями, последовательность смены состояний и развитие событий с течением времени. Например, описание процесса изменения показателей эффективности за некоторый период времени можно рассматривать как динамическую модель организации.

По принципу моделирования различают аналитические и имитационные модели.

Аналитические модели описывают определенные свойства реального объекта (существующие или желаемые) с целью количественного или качественного анализа его состояния и поведения.

Имитационные модели, напротив, воспроизводят поведение объекта, раскрывают «механизм» его функционирования путем имитации реальных процессов или явлений.

По методу моделирования различают материальные и абстрактные модели.

Материальные модели предполагают использование некоторого материального предмета, заменяющего в некотором смысле реальный объект.

Абстрактные модели основаны на мысленной аналогии между реальным объектом и его моделью. К ним относятся математические, графические, лингвистические, логические и интуитивные модели. Интуитивные модели чаще всего используются в человеческой практике.

Таким образом, в процессе оценивания альтернатив люди сознательно или неосознанно используют модели, которые позволяют предвосхитить развитие событий и оценить возможные последствия каждого решения до того, как оно будет принято и реализовано.

Шестой этап – выбор альтернативы. Если проблема была правильно определена, четко сформулирована цель принятия решения, получены оценки всех вариантов, то принять решение сравнительно легко.

Для принятия решения необходимо выбирать альтернативу, которая удовлетворяет заданным критериям выбора, отражающим цель принятия решения, т. е. имеет наиболее благоприятные последствия.

Однако легкость и очевидность выбора, как правило, обманчивы. В сложных ситуациях каждая альтернатива обладает множеством атрибутов, характеризующих ее качество или эффективность. Поэтому последствия возможных решений обычно оцениваются по многим показателям, и нахождение разумного компромисса между их значениями – непростая задача для человека.

Седьмой этап – реализация решения. Процесс принятия решения не заканчивается после выбора альтернативы. *Решение – это результат творческого мышления человека, модель его будущих действий.* Однако для достижения поставленной цели любое решение должно быть реализовано, поскольку «реальная ценность решения становится очевидной только после его осуществления» [3].

На этапе реализации из интеллектуальной концепции, представленной на бумаге или в сознании, решение превращается в конкретное действие.

Реализация решения – это некоторая операция, направленная на достижение цели.

Первым шагом на пути реализации любого управленческого решения является его согласование и утверждение.

Эффективность процесса реализации решения повысится, если оно будет признано теми людьми, которых оно затрагивает.

Согласование решений представляет собой процедуру достижения признания другими людьми предлагаемого решения проблемы. Любое решение должно быть признано двумя группами людей: а) руководителями других подразделений и организаций, на деятельность которых может повлиять данное решение, и б) исполнителями (подчиненными), которые будут его выполнять. Принятое решение может не быть окончательным. В процессе согласования в него может быть внесено много изменений.

Если полномочия по принятию решения были переданы ЛПР от владельца проблемы (вышестоящего руководителя), то принятое решение должно быть утверждено.

Утверждение – это одобрение решения теми лицами, которые имеют на это право и несут юридическую ответственность за последствия этого решения.

Лицо, утверждающее решение, может использовать одну из четырех возможностей, а именно: 1) одобрить решение, 2) отвергнуть его, 3) потребовать дополнительную информацию или 4) предложить продолжить анализ проблемы.

Восьмой этап – контроль результатов. Люди не всегда принимают разумные решения. Принятые решения, даже если они верны, не всегда реализуются так, как было задумано. Как следствие, цель принятия решения может быть не достигнута. Реальная оценка степени достижения цели выбора достигается с помощью контроля. *Контроль* – это процесс измерения фактических значений показателей эффективности, используемых для оценивания альтернатив. Без контроля начинается хаос, и координировать деятельность отдельных людей, групп и организации в целом становится невозможным. Иначе говоря, контроль обеспечивает достижение поставленной цели и является неотъемлемым этапом процесса принятия решений.

Различают три основных вида контроля.

1. Предварительный контроль. Этот вид контроля осуществляется до фактического начала работ по реализации решения. *Предварительный контроль* в процессе принятия решений используется для выявления симптомов и причин проблемы, анализа неопределенных факторов, формулировки ограничений и оценивания альтернатив.

2. Текущий контроль. Текущий контроль осуществляется непосредственно в ходе реализации решения. Обычно его объектом являются люди, а сам контроль осуществляется их руководителем. Систематическая проверка работы подчиненных и обсуждение возникающих трудностей позволяют оперативно устранить отклонения от намеченных планов и заблаговременно внести корректировки в процесс решения проблемы. *Текущий контроль основан на измерении промежуточных результатов деятельности в условиях воздействия внешних и внутренних факторов путем установления эффективной обратной связи.*

3. Заключительный контроль. Основное назначение *заключительного контроля* — измерение конечных результатов и сравнение их с требуемыми, что позволяет сделать вывод о степени достижения цели принятия решения.

Процесс контроля состоит из трех основных этапов: установление стандартов, сравнение фактических и требуемых результатов и выполнение необходимых действий.

1. Установление стандартов. В процессе принятия решений в качестве стандартов для оценки фактических результатов используются критерии выбора, которые устанавливаются ЛПР на этапе формулировки цели. Как известно, критерии выбора формулируются путем задания требований к значениям атрибутов (показателей эффективности или качества), характеризующих свойства альтернатив и подлежащих контролю в процессе принятия решения.

2. Сравнение фактических и требуемых результатов. На данном этапе ЛПР должно определить, насколько фактические результаты решения соответствуют установленным стандартам. В случае их расхождения ЛПР должно также решить, насколько допустимы или относительно безопасны обнаруженные отклонения от стандартов. После этого ЛПР дает оценку фактических результатов, т. е. делает вывод о качестве принятого решения.

3. Выполнение действий

После оценки результатов ЛПР может выбрать одну из трех линий поведения.

1. Ничего не предпринимать. Если сравнение фактических и требуемых результатов говорит о том, что цель принятия решения достигнута, то в этом случае лучше всего не предпринимать никаких дополнительных

ных действий и «запомнить» положительный опыт решения подобных задач для будущего.

2. Устранить отклонения. Если отклонения от желаемых результатов становятся недопустимо высокими, то ЛПР обязано понять причины этого явления и принять необходимые решения, чтобы вернуться к правильному курсу действий. При устранении отклонений по данным текущего контроля ЛПР выполняет корректирующие действия непосредственно в ходе реализации решения. Если серьезные отклонения от цели выявлены после заключительного контроля, то требуется анализ новой проблемной ситуации и повторение всего процесса принятия решения.

3. Пересмотреть стандарты. Действительная причина несоответствия фактических и требуемых результатов может заключаться и в том, что ЛПР сформулировало нереалистичную цель принятия решения. Завышенные требования к качеству решений делают напрасными все усилия людей, участвующих в решении проблемы, и снижают их мотивацию. С другой стороны, легкость достижения поставленной цели может быть следствием того, что ЛПР установило слишком «мягкие» критерии выбора. Поэтому контрольная информация может указывать на необходимость корректировки не только самих решений, но и требований, предъявляемых к их качеству, причем, как в сторону повышения, так и понижения.

Наиболее полное описание этапов нормативного процесса принятия решений в технической сфере представлено в прил. 1.

1.7. Факторы, влияющие на процесс принятия решений

Чрезвычайно большую роль для понимания сущности и природы решений играет выявление факторов, влияющих на процесс их разработки и принятия. Поскольку принятие решений зависит как от личности ЛПР и его психологических особенностей, так и от объективных условий, в которых он находится, все факторы, влияющие на этот процесс, можно разделить на две большие группы – **личностные** (субъективные) и **ситуационные** (объективные).

Личностные факторы определяются своеобразием психических процессов, состояний и качеств ЛПР, влияющих на процесс принятия решений. Поэтому их можно представить в виде трех уровней,

соответствующих традиционной психической структуре личности. К ним относятся психические процессы, психические состояния и психические свойства.

Психическая деятельность людей слишком разнообразна и сложна для того, чтобы ее можно было изучать в целом, без разделения на более простые компоненты. Поэтому для изучения и лучшего понимания психики человека ее принято представлять как совокупность **психических процессов**, имеющих специфическое проявление в деятельности людей и «отвечающих» за выполнение определенных функций. Психические процессы обычно разделяют на три основных вида: **познавательные, волевые и эмоциональные**. Наиболее важную роль среди них в процессе принятия решений играют познавательные, или когнитивные, процессы, к которым относят *ощущение, восприятие, память, мышление, представление, воображение и внимание*.

Кроме того, в отдельную группу можно выделить *мотивационные процессы*, которые определяют направленность, интересы, предпочтения, притязания личности и влияют на формирование целей деятельности человека. Эти процессы оказывают значительное влияние на принятие решений, которое рассматривается как *регулятивный* психический процесс, включающий все «базовые» или частные психические процессы — познавательные, волевые, эмоциональные, мотивационные.

Принятие решений в значительной мере зависит не только от уровня развития отдельных психических процессов, но и от того, в каком психическом состоянии находится человек. В современной психологии под **психическим состоянием** понимается целостная реакция личности на внешние и внутренние стимулы, направленная на достижение некоторого полезного результата. Психические состояния очень изменчивы и мало подвластны человеку. Они полностью характеризуют содержание психики людей, но в различные моменты и периоды времени. Из данного определения следует вывод, что психические состояния зависят как от конкретной ситуации, в которой находится человек, так и от его индивидуальных психологических особенностей.

Можно привести такие примеры психических состояний, как бодность, усталость, утомление, психическое пресыщение, информационная перегрузка, апатия, депрессия, эйфория, отчуждение, скука, стресс, фрустрация, тревога, истощение и многие другие. Очевидно,

что психические состояния оказывают значительное влияние на качество решений и способы принятия решений, однако определение относительной силы такого влияния для разных состояний нуждается в дальнейших исследованиях и экспериментах.

Психические свойства. Вся совокупность психических свойств, или качеств, можно разделить на два класса: **общие и индивидуальные**.

К **общим свойствам** относятся наиболее типичные и фундаментальные особенности психики, присущие всем людям, и прежде всего, ограничения индивидуальных возможностей по хранению и переработке информации. Например, всегда ограничена скорость переработки информации человеком. Одна из причин этого явления состоит в том, что кратковременная память человека имеет ограниченный объем, что сильно влияет на принятие решений и объясняет многие эффекты, сопровождающие этот процесс. Как показали эксперименты, человек одновременно может удерживать в кратковременной памяти не более 7 ± 2 смысловых единиц информации, что приводит к явлению «диагностического обеднения»: в силу ограниченности объема кратковременной памяти люди обычно сокращают число рассматриваемых альтернатив. Реально это количество редко превосходит 4–5 вариантов.

К **индивидуальным свойствам** относятся конкретные формы, степень проявления и качественное своеобразие общих характеристик личности. Например, скорость переработки информации ограничена у всех людей, но каждый человек имеет индивидуальные пределы этого ограничения.

Принятие решений зависит не только от психологических особенностей ЛПР, но также от **ситуационных факторов**, т. е. конкретных обстоятельств, в которых принимается решение. Эта группа включает факторы внешней и внутренней среды организации, которые влияют на разработку, оценивание, выбор и реализацию альтернатив. Рассмотрим их более подробно.

Внешняя среда. Можно выделить две составляющие внешней среды, по-разному влияющие на деятельность организации и принятие решений. Они носят названия *макроокружение* и *непосредственное окружение* (или *деловая среда*).

Макроокружение включает факторы, оказывающие опосредованное влияние на ЛПР. К ним относятся экономические условия, политика,

право, социокультурные, технологические, природно-географические факторы.

Деловая среда включает такие внешние факторы, которые оказывают на ЛПП наиболее сильное и непосредственное влияние. К ним обычно относят потребителей продукции и услуг, поставщиков материальных и природных ресурсов, конкурентов, инфраструктуру, государственные и муниципальные организации, международный сектор.

Внутренняя среда. Инженерная деятельность, как правило, осуществляется коллективно, в составе организации. В процессе принятия решений сотрудник вынужден учитывать не только внешние факторы, но и ситуацию, сложившуюся внутри организации. Эта ситуация характеризуется набором внутренних факторов, или переменных, которые включают цели, структуру, культуру, процессы и ресурсы организации.

Конкретные значения факторов внешней и внутренней среды организации образуют ситуацию принятия решения. Вместе с тем нужно отметить, что ситуационные факторы могут играть разные «роли» в процессе принятия решений. В большинстве случаев они играют роль ограничений, влияющих на формирование множества допустимых решений. В связи с этим можно выделить следующие виды ограничений, которые следует учитывать при разработке альтернатив.

1. Ограничения внешней среды. К ним относятся ограничения макросреды — экономические, политические, правовые, социокультурные, технологические, природные, а также ограничения деловой среды, связанные с поведением потребителей, поставщиков, конкурентов, инфраструктуры, государственных и муниципальных организаций.

2. Ограничения внутренней среды. Эти ограничения соответствуют основным элементам внутренней среды организации. К ним относятся целевые, структурные, культурные, процессные и ресурсные ограничения. В частности, среди ресурсных можно выделить ограничения человеческих ресурсов, материальные, энергетические, финансовые, информационные, технологические и временные.

В процессе оценивания и выбора альтернатив ситуационные факторы играют роль переменных или параметров, влияющих на получение оценок показателей эффективности.

И наконец, в процессе реализации решений ситуационные факторы выступают в роли возмущающих воздействий, которые приводят

к отклонению реальных оценок показателей эффективности от ожидаемых значений.

Таким образом, принятие решений – это сложный психический и организационный процесс, который находится под влиянием большого числа факторов, обусловленных как психологическими особенностями личности руководителя, так и конкретной ситуацией принятия решения. Поэтому для достижения успеха руководитель организации должен не только хотеть, но и уметь принимать решения, т. е. делать выбор альтернативы осознанно с учетом знаний о себе и ситуации, в которой он находится.

Одна из наиболее характерных особенностей процесса принятия решений заключается в том, что он происходит под влиянием **неопределенных факторов**. К ним относятся такие факторы, или переменные, значения которых неизвестны или известны не полностью. Если на процесс принятия решений влияют неопределенные факторы, то говорят о принятии решений в условиях неопределенности. В общем случае неопределенность в процессе принятия решений следует понимать как наличие нескольких возможных исходов альтернатив. Если каждая альтернатива приводит только к одному возможному исходу, то говорят о принятии решений в условиях определенности.

Рассмотрим классификацию неопределенных факторов по двум признакам – источнику и природе неопределенности. По источнику неопределенности различают **факторы неопределенности среды** и **факторы личностной неопределенности**.

Неопределенность среды возникает, когда не определены какие-либо ситуационные факторы, влияющие на процесс принятия решений. Следовательно, в этом случае можно говорить также о неопределенности ситуации принятия решения. Неопределенность среды объясняется двумя основными причинами. Во-первых, она возникает при наличии целенаправленного противодействия других лиц или организаций, способы действий которых неизвестны. Во-вторых, неопределенность среды возникает в силу недостаточной изученности некоторых явлений, имеющих объективный характер и сопровождающих процесс принятия решений.

Неопределенность, сопровождающая процесс принятия решений, может быть обусловлена не только ситуацией, но и личностью ЛПР.

Дело в том, что объективно ситуация принятия решения может быть вполне определена и предсказуема, но субъективно она может выглядеть как неопределенная. Это объясняется тем, что разные люди неоднозначно воспринимают одну и ту же ситуацию, не обладают достаточными знаниями и опытом, мыслят непоследовательно и противоречиво, нечетко оценивают последствия альтернатив и т. д. В связи с этим говорят о **личностной неопределенности**, которая понимается как неопределенность психических процессов, состояний и свойств личности. В частности, можно говорить о таких проявлениях личностной неопределенности, как неопределенность восприятия представления, мышления, памяти, воображения, эмоциональных состояний.

Вторым признаком классификации неопределенных факторов является природа неопределенности. По этому основанию выделяют **случайные факторы** и факторы, имеющие нестохастическую природу. Будем называть их **неслучайными факторами**.

К **случайным** относят такие неопределенные факторы, которые при массовом появлении обладают свойством статистической устойчивости и описываются определенным законом распределения вероятности. Напомним, что вероятность понимается как степень возможности свершения случайного события и изменяется в интервале от 0 до 1. Если известно, что некоторое событие произойдет наверняка, то оно называется достоверным, и вероятность такого события полагается равной 1. Если же известно, что некоторое событие не произойдет никогда, то оно называется невозможным, и его вероятность равна 0. В общем случае сумма вероятностей всех возможных событий должна быть равна единице.

Наиболее желательный способ определения вероятности случайных событий — это использование объективной информации. Если это возможно, то вероятности называются объективными, и их значения определяются с помощью математических методов на основе некоторого закона распределения вероятности либо путем обработки статистической информации.

Во многих случаях, когда отсутствует объективная информация, люди часто оценивают вероятности событий субъективно с помощью интуиции, знаний, опыта и косвенных данных о ситуации. Такие вероятности называются субъективными. Если они известны, то для принятия решений можно использовать аналогичные критерии, или

правила, основанные на вычислении математического ожидания случайных исходов альтернатив. Однако в этом случае надо соблюдать известную осторожность, поскольку при использовании субъективных вероятностей может перестать действовать закон больших чисел. Тем не менее они играют важную роль в процессе принятия решений, так как субъективные оценки вероятностей — это лучше, чем ничего, т. е. отсутствие каких-либо оценок вообще.

Таким образом, случайные факторы представляют собой наиболее «удобный» вид неопределенности, поскольку при массовом появлении они подчиняются определенным закономерностям и становятся предсказуемыми в среднем, хотя и остаются непредсказуемыми в каждом конкретном проявлении. К случайным факторам, влияющим на процесс принятия решений, можно отнести отказы технических систем, климатические условия и другие.

К **неслучайным** относят такие неопределенные факторы, которые не обладают свойством статистической устойчивости и не описываются каким-либо законом распределения вероятности. Поэтому вероятность тех или иных событий, связанных с воздействием этих факторов, определить невозможно. Подобного рода неопределенность возникает, когда требующие учета факторы по своей природе не описываются никаким законом распределения либо эти факторы настолько новы и сложны, что о них невозможно получить достаточно достоверной информации. В итоге вероятность того, что неопределенные факторы примут некоторое значение, невозможно получить с требуемой точностью. Например, к таким факторам относятся изменчивость психических состояний ЛПР, его индивидуальные психические свойства, нечеткие или противоречивые цели деятельности, изменение экономических и политических условий, появление новых технологий, законов и решений правительства.

Неопределенность служит причиной **риска** в принятии решений.

Контрольные вопросы

1. Какой смысл имеет понятие «решение»?
2. Каковы различия между личными и деловыми решениями?
3. На какие основные виды подразделяются деловые решения? В чем различие между ними?

4. Какие задачи стоят перед теорией принятия решений?
5. Что такое психологическая теория решений? Какие функции она выполняет?
6. Какие концепции лежат в основе нормативной теории решений?
7. Какие роли играют участники процесса принятия решений?
8. Какие возможны типы задач принятия решений? Охарактеризуйте кратко каждый из них.
9. Перечислите основные этапы процесса принятия решений.
10. Что необходимо сделать для определения проблемы?
11. Как формулируется цель принятия решения?
12. В чем особенности анализа личностных и ситуационных факторов, влияющих на принятие решений?
13. Укажите основные фазы разработки альтернатив. Какие методы поиска идей можно для этого использовать?
14. В чем заключается оценивание альтернатив?
15. Какую роль играют модели в процессе принятия решений?
16. Что включается в процесс реализации решений?
17. Чем объясняется необходимость контроля в процессе принятия решений?
18. Какие факторы необходимо учитывать в процессе принятия решений?

2. РИСК И ЕГО ОЦЕНКА

2.1. Понятие риска

В научной литературе встречается различная трактовка термина «**риск**» и в него иногда вкладываются отличающиеся друг от друга содержания. Например, риск в терминологии страхования используется для обозначения предмета страхования (промышленного предприятия или фирмы), страхового случая (наводнения, пожара, взрыва и пр.), страховой суммы (опасности в денежном выражении) или же как собирательный термин для обозначения нежелательных или неопределенных событий. Экономисты и статисты, сталкивающиеся с этими вопросами, понимают риск как меру возможных последствий, которые проявятся в определенный момент в будущем. В психологическом словаре риск трактуется как действие, направленное на привлекательную цель, достижение которой сопряжено с элементами опасности, угрозой потери, неуспеха, либо как ситуативная характеристика деятельности, состоящая в неопределенности ее исхода и возможных неблагоприятных последствиях в случае неуспеха, либо как мера неблагоприятия при неуспехе в деятельности, определяемая сочетанием вероятности и величины неблагоприятных последствий в этом случае. Ряд трактовок раскрывает риск как вероятность возникновения несчастного случая, опасности, аварии или катастрофы при определенных условиях (состоянии) производства или окружающей человека среды [2; 7; 9]. Приведенные определения подчеркивают как значение активной деятельности субъекта, так и объективные свойства окружающей среды.

Общим во всех приведенных представлениях является то, что риск включает неуверенность, произойдет ли нежелательное событие и возникнет ли неблагоприятное состояние. Заметим, что в соответствии с современными взглядами риск обычно интерпретируется как вероятностная мера возникновения техногенных или природных явлений, сопровождающихся возникновением, формированием и действием опасностей, и нанесенного при этом социального, экономического, экологического и других видов ущерба и вреда.

*Под **риском** следует понимать ожидаемую частоту или вероятность возникновения опасностей определенного класса, или же размер возмож-*

ного ущерба (потерь, вреда) от нежелательного события, или же некоторую комбинацию этих величин [7].

Применение понятия риск, таким образом, позволяет переводить опасность в разряд измеряемых категорий. Риск, фактически, есть мера опасности. Часто используют понятие «степень риска», по сути, не отличающееся от понятия риск, но лишь подчеркивающее, что речь идет об измеряемой величине.

Все названные (или подобные) интерпретации термина «риск» используются в настоящее время при анализе опасностей и управлении безопасностью (риском) технологических процессов и производств в целом.

2.2. Классификация рисков

Каждое нежелательное событие может возникнуть по отношению к определенной жертве – объекту риска. Соотношение объектов риска и нежелательных событий позволяет различать индивидуальный, технический, экологический, социальный и экономический риск [2; 5; 7]. Каждый вид его обуславливают характерные источники и факторы риска, классификация и характеристика которого приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Классификация и характеристика видов риска

Вид риска	Объект риска	Источник риска	Нежелательное событие
Индивидуальный	Человек	Условия жизнедеятельности человека	Заболевание, травма, инвалидность, смерть
Технический	Технические системы и объекты	Техническое несовершенство, нарушение правил эксплуатации технических систем и объектов	Авария, взрыв, катастрофа, пожар, разрушение
Экологический	Экологические системы	Антропогенное вмешательство в природную среду, техногенные чрезвычайные ситуации	Антропогенные экологические катастрофы, стихийные бедствия
Социальный	Социальные группы	Чрезвычайная ситуация, снижение качества жизни	Групповые травмы, заболевания, гибель людей, рост смертности
Экономический	Материальные ресурсы	Повышенная опасность производства или природной среды	Увеличение затрат на безопасность, ущерб от недостаточной защищенности

Индивидуальный риск обусловлен вероятностью реализации потенциальных опасностей при возникновении опасных ситуаций. Его можно определить по числу реализовавшихся факторов риска:

$$R_u = \frac{P(t)}{L(f)}, \quad (2.1)$$

где R_u – индивидуальный риск; P – число пострадавших (погибших) в единицу времени t от определенного фактора риска f ; L – число людей, подверженных соответствующему фактору риска f в единицу времени t .

В общем случае количественно (численно) индивидуальный риск выражается отношением числа пострадавших людей к общему числу рискующих за определенный период времени.

Другим комплексным показателем риска, характеризующим пространственное распределение опасности по объекту и близлежащей территории, является *потенциальный территориальный риск* – частота реализации поражающих факторов в рассматриваемой точке территории.

Потенциальный территориальный или потенциальный риск не зависит от факта нахождения объекта воздействия (например, человека) в данном месте пространства. Потенциальный риск, в соответствии с названием, выражает собой потенциал максимально возможной опасности для конкретных объектов воздействия (реципиентов), находящихся в данной точке пространства. Как правило, потенциальный риск оказывается промежуточной мерой опасности, используемой для оценки социального и индивидуального риска при крупных авариях.

Источники и факторы индивидуального риска приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Источники и факторы индивидуального риска

Источник индивидуального риска	Наиболее распространенный фактор риска смерти
Внутренняя среда организма человека	Наследственно-генетические, психосоматические заболевания, старение
Виктимность	Совокупность личностных качеств человека как жертвы потенциальных опасностей
Привычки	Курение, употребление алкоголя, наркотиков, иррациональное питание
Социальная экология	Некачественные воздух, вода, продукты питания; вирусные инфекции, бытовые травмы, пожары

Источник индивидуального риска	Наиболее распространенный фактор риска смерти
Профессиональная деятельность	Опасные и вредные производственные факторы
Транспортные сообщения	Аварии и катастрофы с участием транспортных средств, их столкновение с человеком
Непрофессиональная деятельность	Опасности, обусловленные любительским спортом, туризмом, другими увлечениями
Социальная среда	Вооруженный конфликт, преступление, суицид, убийство
Окружающая природная среда	Землетрясение, извержение вулкана, наводнение, оползни, ураган и другие стихийные бедствия

Технический риск – комплексный показатель надежности элементов техносферы. Выражает вероятность аварии или катастрофы при эксплуатации машин, механизмов, реализации технологических процессов, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений:

$$R_T = \frac{\Delta T(t)}{T(f)}, \quad (2.2)$$

где R_T – технический риск; ΔT – число аварий в единицу времени t на идентичных технических системах и объектах; T – число идентичных технических систем и объектов, подверженных общему фактору риска f .

Источники и факторы технического риска приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Источники и факторы технического риска

Источник технического риска	Наиболее распространенные факторы технического риска
Низкий уровень научно-исследовательских работ	Ошибочный выбор направлений развития техники и технологии по критериям безопасности
Низкий уровень опытно-конструкторских работ	Выбор потенциально опасных конструктивных схем и принципов действия технических систем. Ошибки в определении эксплуатационных нагрузок. Неправильный выбор конструкционных материалов. Недостаточный запас прочности. Отсутствие в проектах технических средств безопасности
Опытное производство новой техники	Некачественная доводка конструкций, технологии, документации по критериям безопасности

Источник технического риска	Наиболее распространенные факторы технического риска
Серийный выпуск небезопасной техники	Отклонение от заданного химического состава конструкционных материалов. Недостаточная точность конструктивных размеров. Нарушение режимов термической и химико-термической обработки деталей. Нарушение регламентов сборки и монтажа конструкций и машин
Нарушение правил безопасной эксплуатации технических систем	Использование техники не по назначению. Нарушение паспортных (проектных) режимов эксплуатации. Несвоевременные профилактические осмотры и ремонты. Нарушение требований транспортирования и хранения
Ошибки персонала	Слабые навыки действия в сложной ситуации. Неумение оценивать информацию о состоянии процесса. Слабое знание сущности происходящего процесса. Отсутствие самообладания в условиях стресса. Недисциплинированность

Экологический риск выражает вероятность экологического бедствия, катастрофы, нарушения дальнейшего нормального функционирования и существования экологических систем и объектов в результате антропогенного вмешательства в природную среду или стихийного бедствия. Нежелательные события экологического риска могут проявляться как непосредственно в зонах вмешательства, так и за их пределами.

$$R_O = \frac{\Delta O(t)}{O}, \quad (2.3)$$

где R_O – экологический риск; ΔO – число антропогенных экологических катастроф и стихийных бедствий в единицу времени t ; O – число потенциальных источников экологических разрушений на рассматриваемой территории.

Источники и факторы экологического риска приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Источники и факторы экологического риска

Источник экологического риска	Наиболее распространенный фактор экологического риска
Антропогенное вмешательство в природную среду	Разрушение ландшафтов при добыче полезных ископаемых; образование искусственных водоемов; интенсивная мелиорация; истребление лесных массивов
Техногенное влияние на окружающую природную среду	Загрязнение водоемов, атмосферного воздуха вредными веществами, почвы – отходами производства; изменение газового состава воздуха; энергетическое загрязнение биосферы

Источник экологического риска	Наиболее распространенный фактор экологического риска
Природное явление	Землетрясение, извержение вулкана, наводнение, ураган, ландшафтный пожар, засуха

Социальный риск характеризует масштабы и тяжесть негативных последствий чрезвычайных ситуаций, а также различного рода явлений и преобразований, снижающих качество жизни людей. По существу – это риск для группы или сообщества людей. Оценить его можно, например, по динамике смертности, рассчитанной на 1000 человек соответствующей группы:

$$R_C = \frac{1000 \cdot (C_2 - C_1)}{L} \cdot (t), \quad (2.4)$$

где R_C – социальный риск; C_1 – число умерших в единицу времени t (смертность) в исследуемой группе в начале периода наблюдения, например до развития чрезвычайных событий; C_2 – смертность в той же группе людей в конце периода наблюдения, например на стадии затухания чрезвычайной ситуации; L – общая численность исследуемой группы.

Источники и наиболее распространенные факторы социального риска приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Источники и факторы социального риска

Источник социального риска	Наиболее распространенные факторы социального риска
Урбанизация экологически неустойчивых территорий	Поселение людей в зонах возможного затопления, образования оползней, селей, ландшафтных пожаров, извержения вулканов, повышенной сейсмичности региона
Промышленные технологии и объекты повышенной опасности	Аварии на АЭС, ТЭС, химических комбинатах, продуктопроводах и т. п. Транспортные катастрофы. Техногенное загрязнение окружающей среды
Социальные и военные конфликты	Боевые действия. Применение оружия массового поражения
Эпидемии	Распространение вирусных инфекций
Снижение качества жизни	Безработица, голод, нищета. Ухудшение медицинского обслуживания. Низкое качество продуктов питания. Неудовлетворительные жилищно-бытовые условия

Для целей экономического регулирования промышленной безопасности и страхования важным является такой показатель риска, как статистически ожидаемый ущерб в стоимостных или натуральных показателях.

Экономический риск может быть определен как произведение вероятности опасности рассмат

риваемого события или процесса на величину ожидаемого ущерба:

$$R_{\text{э}} = P \cdot U, \quad (2.5)$$

где $R_{\text{э}}$ – экономический риск; P – вероятность причинения ущерба за определенный период; U – ожидаемый ущерб в стоимостных или натуральных показателях.

Использование рассматриваемых видов риска позволяет выполнять поиск оптимальных решений по обеспечению безопасности. Для этого необходимо выбирать значения приемлемого риска.

Приемлемый риск сочетает в себе технические, экологические, социальные аспекты и представляет некоторый компромисс между приемлемым уровнем безопасности и экономическими возможностями его достижения, т. е. можно говорить о снижении индивидуального, технического или экологического риска, но нельзя забывать о том, сколько за это придется заплатить и каким в результате окажется социальный риск.

2.3. Анализ риска

При разработке проблем риска и технологической безопасности самое пристальное внимание уделяется системному подходу к учету и изучению разнообразных факторов, влияющих на показатели риска, именуемому анализом риска.

Анализ риска – процесс идентификации опасностей и оценки риска для отдельных лиц, групп населения, объектов, окружающей природной среды и других объектов рассмотрения [7].

Опасность – источник потенциального ущерба или вреда или ситуация с возможностью нанесения ущерба.

Идентификация опасности – процесс выявления и признания наличия опасности и определение ее характеристик.

Анализ риска – во многом субъективный процесс, в ходе которого учитываются не только количественные показатели, но и показатели, не поддающиеся формализации, такие как позиции и мнения различ-

ных общественных группировок, возможность компромиссных решений, экспертные оценки и т. д.

Многообразие видов производственной деятельности, специфика промышленных объектов, их принадлежность к самым различным отраслям отражает многоаспектность проблемы анализа риска.

Особенность анализа технологического риска заключается в том, что в ходе его рассматриваются потенциально негативные последствия, которые могут возникнуть в результате отказа в работе технических систем, сбоев в технологических процессах или ошибок со стороны обслуживающего персонала. Результаты анализа риска имеют существенное значение для принятия обоснованных и рациональных решений при определении места размещения и проектировании производственных объектов, при транспортировании и хранении опасных веществ и материалов. В процессе анализа риска находят широкое применение формализованные процедуры и учет разнообразных ситуаций, с которыми может столкнуться управляющий персонал в процессе своей деятельности, особенно при возникновении чрезвычайных обстоятельств. Неопределенность, в условиях которой во многих случаях должны приниматься управленческие решения, накладывает отпечаток на методику, ход и конечные результаты анализа риска. Методы, используемые в процессе анализа, должны быть ориентированы прежде всего на выявление и оценку возможных потерь в случае аварии, стоимости обеспечения безопасности и преимуществ, получаемых при реализации того или иного проекта.

Анализ риска имеет ряд общих положений независимо от конкретной методики анализа и специфики решаемых задач.

Во-первых, общей является задача определения допустимого уровня риска, стандартов безопасности обслуживающего персонала, населения и защиты окружающей среды.

Во-вторых, определение допустимого уровня риска происходит, как правило, в условиях недостаточной или непроверенной информации, особенно когда это касается новых технологических процессов или новой техники.

В-третьих, в ходе анализа в значительной мере приходится решать вероятностные задачи, что может привести к существенным расхождениям в получаемых результатах.

В-четвертых, анализ риска нужно рассматривать как процесс решения многокритериальных задач, которые могут возникнуть как компромисс между сторонами, заинтересованными в определенных результатах анализа.

Анализ риска может быть определен как процесс решения сложной задачи, требующий рассмотрения широкого круга вопросов и проведения комплексного исследования и оценки технических, экономических, управленческих, социальных, а в ряде случаев и политических факторов.

Анализ риска должен дать ответы на три основных вопроса:

- 1. Что плохого может произойти (идентификация опасностей)?*
- 2. Как часто это может случаться (анализ частоты)?*
- 3. Какие могут быть последствия (анализ последствий)?*

Основной элемент анализа риска – идентификация опасности (обнаружение возможных нарушений), которая может привести к негативным последствиям.

В общем виде процесс анализа риска может быть представлен как ряд последовательных событий.

1. Планирование и организация работ.
2. Идентификация опасностей:
 - выявление опасностей;
 - предварительная оценка характеристик опасностей.
3. Оценка риска:
 - анализ частоты;
 - анализ последствий;
 - анализ неопределенностей.
4. Разработка рекомендаций по управлению риском.

Первое, с чего начинается любой анализ риска, – это планирование и организация работ. Анализ риска проводится в соответствии с требованиями нормативно-правовых актов для того, чтобы обеспечить вход в процесс управления риском, однако более точный выбор задач, средств и методов анализа риска обычно не регламентируется. В документах подчеркивается, что анализ опасности должен соответствовать сложности рассматриваемых процессов, наличию необходимых данных и квалификации специалистов, проводящих анализ. При этом более простые и понятные методы анализа следует предпочитать более сложным методам, не до конца ясным и методически обеспеченным.

Поэтому на первом этапе необходимо:

- 1) указать причины и проблемы, вызвавшие необходимость проведения риск-анализа;
- 2) определить анализируемую систему и дать ее описание;
- 3) подобрать соответствующую команду для проведения анализа;
- 4) установить источники информации о безопасности системы;
- 5) указать исходные данные и ограничения, обуславливающие пределы риск-анализа;
- 6) четко определить цели риск-анализа и критерии приемлемого риска.

Следующий этап анализа риска – идентификация опасностей. Основная задача – выявление (на основе информации о данном объекте, результатов экспертизы и опыта работы подобных систем) и четкое описание всех присущих системе опасностей. Это ответственный этап анализа, так как невыявленные на этом этапе опасности не подвергаются дальнейшему рассмотрению и исчезают из поля зрения.

Существует целый ряд формальных методов выявления опасностей, о которых речь пойдет ниже. Здесь приводится предварительная оценка опасностей с целью выбора дальнейшего направления деятельности:

- 1) прекратить дальнейший анализ ввиду незначительности опасностей;
- 2) провести более детальный анализ риска;
- 3) выработать рекомендации по уменьшению опасностей.

Исходные данные и результаты предварительной оценки опасностей также должным образом документируются. В принципе процесс риск-анализа может заканчиваться уже на этапе идентификации опасностей.

При необходимости после идентификации опасностей переходят к этапу оценки риска.

Наконец, последний этап анализа риска технологической системы – разработка рекомендаций по уменьшению уровня риска (управлению риском) в случае, если степень риска выше приемлемой.

Результаты анализа риска используются при декларировании и экспертизе промышленной безопасности производственных объектов, обосновании технических решений по обеспечению безопасности, страховании, экономическом анализе безопасности по критериям «стоимость – безопасность – выгода», оценке воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и других процедурах, связанных с анализом безопасности.

2.4. Оценка риска

С анализом риска тесно связан другой процесс — оценка риска.

Оценка риска — процесс, используемый для определения величины (меры) риска анализируемой опасности для здоровья человека, материальных ценностей, окружающей природной среды и других ситуаций, связанных с реализацией опасности. Оценка риска — обязательная часть анализа. Оценка риска включает анализ частоты, последствий и их сочетаний [7].

Оценка риска — этап, на котором идентифицированные опасности должны быть оценены на основе критериев приемлемого риска с целью выделить опасности с неприемлемым уровнем риска, и этот шаг послужит основой для разработки рекомендаций и мер по уменьшению опасностей. При этом и критерии приемлемого риска, и результаты оценки риска могут быть выражены как качественно, так и количественно.

Согласно определению оценка риска включает анализ частоты и последствий. Однако, когда последствия незначительны и частота крайне мала, достаточно оценить один параметр.

Существуют четыре разных подхода к оценке риска.

Инженерный — опирается на статистику поломок и аварий, на вероятностный анализ безопасности: построение и расчет так называемых деревьев событий и деревьев отказов — процесс основан на ориентированных графах. С помощью первых предсказывают, во что может развиваться тот или иной отказ техники, а деревья отказов, наоборот, помогают проследить все причины, которые способны вызвать какое-то нежелательное явление. Когда деревья построены, рассчитывается вероятность реализации каждого из сценариев (каждой ветви), а затем — общая вероятность аварии на объекте.

Модельный — построение моделей воздействия вредных факторов на человека и окружающую среду. Эти модели могут описывать как последствия обычной работы предприятий, так и ущерб от аварий на них.

Первые два подхода основаны на расчетах, однако для таких расчетов далеко не всегда хватает надежных исходных данных. В этом случае приемлем третий подход: **экспертный** — вероятности различных событий, связи между ними и последствия аварий определяют не вычислениями, а опросом опытных экспертов.

В рамках четвертого подхода — *социологического* — исследуется отношение населения к разным видам риска, например с помощью социологических опросов.

Имеется много неопределенностей, связанных с оценкой риска. Анализ неопределенностей — необходимая составная часть оценки риска. Как правило, основные источники неопределенностей — информация по надежности оборудования и человеческим ошибкам, а также допущения применяемых моделей аварийного процесса. Чтобы правильно интерпретировать величины риска, надо понимать неопределенности и их причины. Анализ неопределенности — это перевод неопределенности исходных параметров и предложений, использованных при оценке риска, в неопределенность результатов.

2.5. Управление риском

В исследованиях по проблеме риска возникло отдельное направление работ под общим названием «управление риском».

Управление риском — это часть системного подхода к принятию решений, процедур и практических мер в решении задач предупреждения или уменьшения опасности промышленных аварий для жизни человека, заболеваний или травм, ущерба материальным ценностям и окружающей среде [2; 7].

Оценка и управление риском — это два аспекта, две стадии единого процесса принятия решения (в широком смысле слова), основанного на характеристике риска. Такая общность обусловлена их главной целевой функцией — определением приоритетов действий, направленных на уменьшение риска до минимума, для чего необходимо знать как его источники и факторы (анализ риска), так и наиболее эффективные пути его сокращения (управление риском). Основное различие между двумя понятиями заключается в том, что оценка риска строится на фундаментальном, прежде всего естественно-научном и инженерном изучении источника (например, химического объекта), факторов риска (например, загрязняющих веществ с учетом особенностей конкретной технологии и экологической обстановки) и механизма взаимодействия между ними. Управление риском опирается на экономический и социальный анализ, а также на законодательную базу, которые не используются при оценке риска. Управление риском имеет дело с анализом альтернатив

по минимизации риска, т. е. является, по сути, частным случаем класса многокритериальных задач принятия решения в условиях неопределенности. Оценка риска служит основой для исследования и выработки мер управления риском в соответствии с алгоритмом действий.

2.6. Качественная оценка риска

Качественные методы анализа риска позволяют определить источники опасностей, потенциальные аварии и несчастные случаи, последовательности развития событий, пути предотвращения аварий (несчастных случаев) и смягчения последствий.

Анализ риска начинают с предварительного исследования, позволяющего идентифицировать источники опасности. Затем проводят детальный качественный анализ [7].

Выбор качественного метода анализа риска зависит от цели анализа, назначения объекта и его сложности.

Качественные методы анализа опасностей включают:

- 1) предварительный анализ опасностей;
- 2) анализ последствий отказов;
- 3) анализ опасностей методом потенциальных отклонений;
- 4) анализ ошибок персонала;
- 5) причинно-следственный анализ;
- 6) анализ опасностей с помощью «дерева отказов»;
- 7) анализ опасностей с помощью «дерева событий».

Предварительный анализ опасностей заключается в выявлении их источника, определении системы или событий, которые могут вызывать опасные состояния, характеристике опасностей в соответствии с вызываемыми ими последствиями.

Предварительный анализ опасностей осуществляют в следующем порядке.

1. Изучают технические характеристики объекта, системы, процесса, используемые энергетические источники, рабочие среды, материалы и устанавливают их повреждающие свойства.

2. Устанавливают нормативно-техническую документацию, действие которой распространяется на данный технический объект, систему, процесс.

3. Проверяют существующую техническую документацию на ее соответствие нормам и правилам безопасности.

4. Составляют перечень опасностей, в котором указывают идентифицированные источники опасностей, повреждающие факторы, потенциальные аварии, выявленные недостатки.

В целом предварительный анализ опасностей представляет собой первую попытку выявить оборудование технической системы (в ее начальном варианте) и отдельные события, которые могут привести к возникновению опасностей. Этот анализ выполняется на начальном этапе разработки системы. Детальный анализ возможных событий обычно проводится с помощью дерева отказов, после того как система полностью определена.

Анализ последствий отказов – качественный метод идентификации опасностей, основанный на системном подходе и имеющий характер прогноза.

Анализ последствий отказов является методом, с помощью которого систематически на основе последовательного рассмотрения одного элемента за другим анализируются все возможные виды отказов или аварийные ситуации и выявляются их результирующие воздействия на систему.

Отдельные аварийные ситуации и виды отказов элементов позволяют определить их воздействие на другие близлежащие элементы и систему в целом.

Анализ последствий отказов осуществляют в следующем порядке:

- 1) техническую систему (объект) подразделяют на компоненты;
- 2) для каждого компонента выявляют возможные отказы;
- 3) изучают потенциальные аварии, которые могут вызвать отказы на исследуемом объекте;
- 4) отказы ранжируют по опасностям и разрабатывают предупредительные меры.

Результаты анализа последствий отказа представляются в виде таблиц с перечнем оборудования, видов и причин возможных отказов, с частотой, последствиями, критичностью, средствами обнаружения неисправности (сигнализаторы, приборы контроля и т. п.) и рекомендациями по уменьшению опасности.

В качестве примера в табл. 2.6 приведены показатели (индексы) уровня и критерии критичности по вероятности и тяжести последствий

отказа. Для анализа выделены четыре группы, которым может быть нанесен ущерб при отказе: персонал, население, имущество (оборудование, сооружения, здания, продукция и т. п.), окружающая среда.

Таблица 2.6

Матрица «вероятность – тяжесть последствий»

Отказ	Частота возникновения отказа в год	Тяжесть последствий отказа			
		катастрофического	критического	некритического	с пренебрежимо малыми последствиями
Частный	>1	A	A	A	C
Вероятный	10^{-2}	A	A	B	C
Возможный	$10^{-2}-10^{-4}$	A	B	B	C
Редкий	$10^{-4}-10^{-6}$	A	B	C	D
Практически невероятный	$<10^{-6}$	B	C	C	D

В табл. 2.6 применены следующие варианты критериев.

Критерии отказов по тяжести последствий:

- *катастрофический отказ* – приводит к смерти людей, существенно ущербу имуществу, наносит невосполнимый ущерб окружающей среде;
- *критический (некритический) отказ* – угрожает (не угрожает) жизни людей, приводит (не приводит) к существенному ущербу имуществу, окружающей среде;
- *отказ с пренебрежимо малыми последствиями* – отказ, не относящийся по своим последствиям ни к одной из первых трех категорий;

Категории (критичность) отказов:

A – обязателен количественный анализ риска или требуются особые меры обеспечения безопасности;

B – желателен количественный анализ риска или требуется принятие определенных мер безопасности;

C – рекомендуется проведение качественного анализа опасностей или принятие некоторых мер безопасности;

D – анализ и принятие специальных (дополнительных) мер безопасности не требуются.

Этим методом можно оценить опасный потенциал любого технического объекта. По результатам анализов отказов могут быть собраны

данные о частоте отказов, необходимые для количественной оценки уровня опасности рассматриваемого объекта.

Анализ опасностей методом потенциальных отклонений включает процедуру искусственного создания отклонений с помощью ключевых слов. Для этого разбивают технологический процесс или техническую систему на составные части и, создавая с помощью ключевых слов отклонения, систематично изучают их потенциальные причины и те последствия, к которым они могут привести на практике.

В процессе анализа для каждой составляющей опасного производственного объекта или технологического блока определяются возможные отклонения, причины и указания по их недопущению. При характеристике отклонения используются ключевые слова «нет», «больше», «меньше», «так же, как», «другой», «иначе, чем», «обратный» и т. п.

Применение ключевых слов помогает исполнителям выявить все возможные отклонения. Конкретное сочетание этих слов с технологическими параметрами определяется спецификой производства.

Примерное содержание ключевых слов следующее:

«нет» – отсутствие прямой подачи вещества, когда она должна быть;
«больше (меньше)» – увеличение (уменьшение) значений режимных переменных по сравнению с заданными параметрами (температуры, давления, расхода);

«так же, как» – появление дополнительных компонентов (воздух, вода, примеси);

«другой» – состояние, отличающееся от обычной работы (пуск, остановка, повышение производительности и т. д.);

«иначе, чем» – полное изменение процесса, непредвиденное событие, разрушение, разгерметизация оборудования;

«обратный» – логическая противоположность замыслу, появление обратного потока вещества.

Отклонения, имеющие повышенные значения критичности, далее рассматриваются более детально, в том числе при построении сценариев аварийных ситуаций и количественной оценки риска.

Степень опасности отклонений может быть определена количественно путем оценки вероятности и тяжести последствий рассматриваемой ситуации по критериям критичности аналогично методу анализа последствий отказов (см. табл. 2.6).

Анализ ошибок персонала является одним из важнейших элементов методологии оценки опасностей с учетом человеческого фактора, позволяющий охарактеризовать как ошибки, инициирующие или усугубляющие аварийную ситуацию, так и способность персонала совершить корректирующие действия по управлению аварией.

Анализ ошибок персонала включает следующие этапы:

- 1) выбор системы и вида работы;
- 2) определение цели;
- 3) идентификацию вида потенциальной ошибки;
- 4) идентификацию последствий;
- 5) идентификацию возможности исправления ошибки;
- 6) идентификацию причины ошибки;
- 7) выбор метода предотвращения ошибки;
- 8) оценку вероятности ошибки;
- 9) оценку вероятности исправления ошибки;
- 10) расчет риска;
- 11) выбор путей снижения риска.

Причинно-следственный анализ выявляет причины происшедшей аварии или катастрофы и является составной частью общего анализа опасностей. Завершается прогнозом новых аварий и составлением плана мероприятий по их предупреждению.

Причинно-следственный анализ включает следующие этапы:

- 1) сбор информации о точном и объективном описании аварии;
- 2) составление перечня реальных событий, предшествовавших аварии;
- 3) построение ориентированного графа – «дерева», начиная с последней стадии развития событий, т. е. с самой аварии;
- 4) выявляют логические связи «дерева»;
- 5) формулирование предупредительных мер с целью исключения повторения аварии данного типа или для недопущения аналогичных аварий.

Для выявления причинно-следственных связей между этими событиями используют логико-графические методы анализа «деревьев отказов» и «деревьев событий».

При анализе «деревьев отказов» выявляются комбинации отказов (неполадок) оборудования, инцидентов, ошибок персонала и нерасчетных внешних (техногенных, природных) воздействий, приводящих к головному со-

бытию (аварийной ситуации). Метод используется для анализа возможных причин возникновения аварийной ситуации и расчета ее частоты (на основе знания частот исходных событий). При анализе дерева отказа (аварии) рекомендуется определять минимальные сочетания событий, определяющие возникновение или невозможность возникновения аварии.

Анализ «дерева событий» – алгоритм построения последовательности событий, исходящих из основного события (аварийной ситуации). Используется для анализа развития аварийной ситуации. Частота каждого сценария развития аварийной ситуации рассчитывается путем умножения частоты основного события на условную вероятность конечного события (например, аварии с разгерметизацией оборудования с горючим веществом в зависимости от условий могут развиваться как с воспламенением, так и без воспламенения вещества).

Краткое изложение и сравнительные данные различных методов анализа риска представлены в прил. 2.

2.7. Количественная оценка риска

Для управлением риском его необходимо проанализировать и оценить.

Количественный анализ опасностей дает возможность определить вероятности аварий и несчастных случаев, величину риска, величину последствий.

Методы расчета вероятностей и статистический анализ являются составными частями количественного анализа опасностей. Установление логических связей между событиями необходимо для расчета вероятностей аварии или несчастного случая. Проведение количественного анализа требует высокой квалификации исполнителей, большого объема информации по аварийности, надежности оборудования, проведения экспертных работ, учета особенностей окружающей местности, метеоусловий, времени пребывания людей в опасных зонах и других факторов.

Количественный анализ риска позволяет оценивать и сравнивать различные опасности по единым показателям и наиболее эффективен:

- на стадии проектирования и размещения опасного производственного объекта;
- при обосновании и оптимизации мер безопасности;

- при оценке опасности крупных аварий на опасных производственных объектах, имеющих однотипные технические устройства (например, магистральные трубопроводы);
- при комплексной оценке опасностей аварий для людей, имущества и окружающей природной среды.

Общепринятой для количественного измерения опасностей является шкала, в которой используются единицы риска. При этом под термином «риск» понимают векторную, т. е. многокомпонентную величину, которая характеризуется ущербом от воздействия того или иного опасного фактора, вероятностью возникновения рассматриваемого фактора и неопределённостью в величинах как ущерба, так и вероятности.

Под термином «ущерб» понимаются фактические и возможные экономические потери и/или ухудшение экологической обстановки вследствие антропогенных воздействий.

Вероятность события равна отношению числа исходов, благоприятствующих событию, к общему числу исходов.

Вероятность события — это действительное число, лежащее в интервале 0–1. Так, например, при бросании обычной кости вероятность события «выпадение 7» равна нулю, вероятность события «выпадение 1 или 2» равна одной шестой, вероятность события «выпадение какого-нибудь числа между 1 и 6» равна единице.

Таким образом, можно определить *риск* как частоту реализации опасностей. Изучение статистических данных позволяет выявить частоту возникновения опасных событий. Количественная оценка риска — это отношение числа тех или иных неблагоприятных последствий к их возможному числу за определенный период.

Вероятность возникновения опасности — величина, существенно меньшая единицы. В терминах риска принято описывать и опасности от событий, происходящих с вероятностью, равной единице. Таким примером является загрязнение окружающей среды отходами конкретного предприятия. В этом случае риск эквивалентен ущербу и, соответственно, величина риска равна величине ущерба.

Количественная оценка риска представляет собой процесс оценки численных значений вероятности и последствий нежелательных процес-

сов, явлений, событий, а стало быть, к достоверности получаемых оценок надо подходить осторожно.

Для численной оценки риска используют различные математические формулировки. Обычно при оценке риска его характеризуют двумя величинами – вероятностью события P и последствиями X , которые в выражении математического ожидания выступают как сомножители.

Величина риска определяется как произведение величины нежелательного события на вероятность его наступления, т. е. как математическое ожидание величины нежелательных последствий:

$$R = P \cdot X, \quad (2.6)$$

где R – величина риска; P – вероятность последствий; X – последствия.

По отношению к источникам опасностей оценка риска предусматривает разграничение нормального режима работы R_n и аварийных ситуаций $R_{ав}$:

$$R = R_n + R_{ав} = P_n \cdot X_n + P_{ав} \cdot X_{ав}. \quad (2.7)$$

Когда последствия неизвестны, под риском понимают вероятность наступления определенного сочетания нежелательных событий:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i. \quad (2.8)$$

При необходимости можно использовать определение риска как вероятности превышения предела x :

$$R = P(\xi > x), \quad (2.9)$$

где ξ – случайная величина.

Техногенный риск оценивают по формуле, включающей как вероятность нежелательного события, так и величину последствий в виде ущерба U :

$$R = P \cdot U, \quad (2.10)$$

где P – вероятность нежелательного события; U – величина последствий в виде ущерба в стоимостных или натуральных показателях.

При угрозе материальным ценностям риск часто измеряют в денежном выражении.

Если каждому нежелательному событию, происходящему с вероятностью P_i , соответствует ущерб U_i , то величина риска будет представлять собой ожидаемую величину ущерба:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i \cdot U_i . \quad (2.11)$$

Если все вероятности наступления нежелательного события одинаковы ($P_i = P, i = 1, n$), то

$$R = P_i \sum_{i=1}^n U_i . \quad (2.12)$$

Индивидуальный риск можно определить как ожидаемое значение причиняемого ущерба U за интервал времени T и отнесенное к группе людей численностью M человек:

$$R = \frac{U}{(MT)} . \quad (2.13)$$

Таким образом, величина риска существенным образом зависит от точности определения вероятности рассматриваемого события.

2.8. Приемлемый риск

Традиционный подход к обеспечению безопасности при эксплуатации технических систем и технологий базируется на концепции «абсолютной безопасности». Как показывает практика, такая концепция неадекватна законам техносферы. Эти законы имеют вероятностный характер, и абсолютная безопасность достигается лишь в системах, лишенных запасенной энергии. Требование абсолютной безопасности, подкупающее своей гуманностью, оборачивается трагедией для людей, потому что обеспечить нулевой риск в действующих системах невозможно, и человек должен быть ориентирован на возможность возникновения опасной ситуации, т. е. ориентирован на соответствующий риск.

Современный мир отверг концепцию абсолютной безопасности и пришел к концепции «приемлемого» (допустимого) риска. Если нельзя создать абсолютно безопасные технологии, обеспечить абсолютную безопасность, то, очевидно, следует стремиться к достижению хотя бы такого уровня риска, с которым общество в данный период времени сможет смириться.

***Приемлемый риск** – риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических соображений. Риск эксплуатации объекта является приемлемым, если ради выгоды, получаемой от эксплуатации объекта, общество готово пойти на этот риск [2].*

Вероятность смерти в течение года для индивидуума от опасностей, связанных с техносферой, $>10^{-6}$ считается недопустимой, $a < 10^{-8}$ — пренебрежимо малой. Приемлемый уровень риска выбирается в диапазоне $10^{-6}—10^{-8}$ в год, исходя из экономических и социальных причин.

Для сравнения: риск смерти человека, равный 10^{-6} , соответствует риску, которому он подвергается в течение своей поездки на автомобиле на расстояние в 100 км или полете на самолете на расстояние 650 км, или в течение 15 мин занимается альпинизмом и т. д.

В этих условиях, чтобы построить промышленное предприятие и ввести его в эксплуатацию, проектировщикам требуется количественно определить уровень риска его эксплуатации и доказать правительственным органам приемлемость этого риска. При лицензировании нового крупного промышленного предприятия также требуется предоставить топографическую карту риска, которому будет подвергаться человек, оказавшийся в зоне расположения этого предприятия. На этой карте должны быть указаны замкнутые кривые равного риска, каждая из которых соответствует следующим численным значениям вероятности смерти индивидуума в течение года: 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} (рис. 1).

Существует уровень риска, который можно считать пренебрежимо малым. Если риск от какого-то объекта не превышает такого уровня, нет смысла принимать дальнейшие меры по повышению безопасности, поскольку это потребует значительных затрат, а люди и окружающая среда из-за действия иных факторов все равно будут подвергаться почти прежнему риску. С другой стороны, есть уровень максимально приемлемого риска, который нельзя превосходить, каковы бы ни были расходы. Между двумя этими уровнями лежит область, в которой и нужно уменьшать риск, отыскивая компромисс между социальной выгодой и финансовыми убытками, связанными с повышением безопасности.

Пренебрежимо малым считается индивидуальный риск 10^{-8} в год. Таким образом, при проектировании и эксплуатации технических устройств риск на уровне 10^{-7} чел./год может быть принят допустимым при следующих условиях:

- 1) проблема риска проанализирована глубоко и всесторонне;
- 2) анализ проведен до принятия решений и подтвержден имеющимися данными в определенном временном интервале;

- 3) после наступления неблагоприятного события анализ и заключение о риске, полученные на основании имевшихся данных, не меняются;
- 4) анализ показывает и результаты контроля подтверждают, что угроза не может быть уменьшена ценой оправданных затрат.

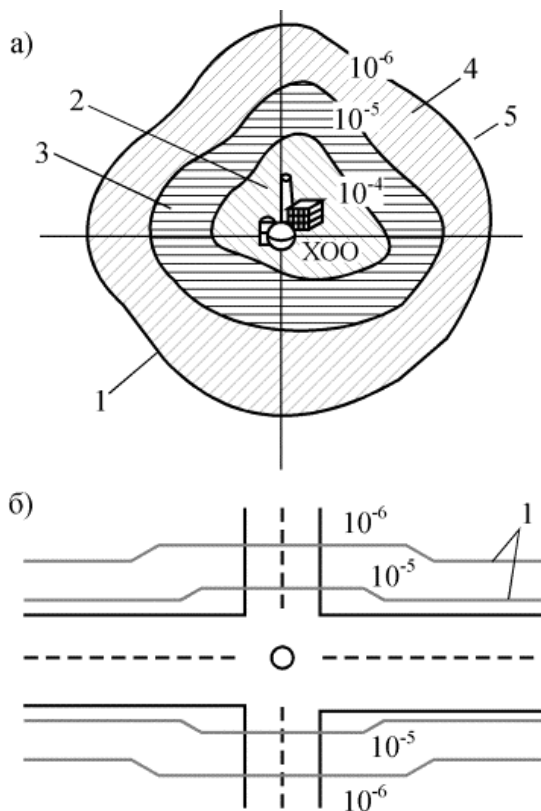


Рис. 1. Построение зон индивидуального риска для опасного предприятия (а) и транспортной магистрали (б), по которой осуществляется перевозка опасных грузов [2]: 1 – изолинии равного риска; 2, 3, 4, 5 – зоны чрезвычайно высокого, высокого, приемлемого и низкого риска

2.9. Рекомендации по выбору методов анализа риска

Рекомендации по выбору методов анализа риска для различных видов деятельности и этапов функционирования опасного производственного объекта представлены в табл. 2.7.

Методы могут применяться изолированно или в дополнение друг к другу, причем методы качественного анализа могут включать количественные критерии риска. По возможности полный количественный анализ риска должен использовать результаты качественного анализа опасностей.

Таблица 2.7

Рекомендации по выбору методов анализа риска [7]

Метод	Вид деятельности				
	Размещение (предпроектные работы)	Проектирование	Ввод или вывод из эксплуатации	Эксплуатация	Реконструкция
Анализ опасности и работоспособности	0	++	+	+	++
Анализ видов и последствий отказов	0	++	+	+	++
Анализ деревьев отказов и событий	0	++	+	+	++
Количественный анализ риска	++	++	0	+	++

В табл. 2.7 приняты следующие обозначения:

«0» – наименее подходящий метод анализа;

«+» – рекомендуемый метод;

«++» – наиболее подходящий метод.

2.10. Разработка рекомендаций по уменьшению риска

Разработка рекомендаций по уменьшению риска является заключительным этапом анализа риска. В рекомендациях представляются обоснованные меры по уменьшению риска, основанные на результатах оценок риска.

Меры по уменьшению риска могут иметь технический и (или) организационный характер. При их выборе решающее значение имеет

общая оценка действенности и надежности влияния на риск, а также размер затрат на их реализацию [7].

На стадии эксплуатации опасного производственного объекта организационные меры могут компенсировать ограниченные возможности для принятия крупных технических мер по уменьшению риска.

При разработке мер по уменьшению риска необходимо учитывать, что вследствие возможной ограниченности ресурсов в первую очередь должны разрабатываться простейшие и связанные с наименьшими затратами рекомендации, а также меры на перспективу.

В большинстве случаев первоочередными мерами обеспечения безопасности, как правило, являются меры предупреждения аварии.

Выбор внедряемых мер безопасности имеет следующие приоритеты:

1) меры уменьшения вероятности возникновения аварийной ситуации:

- уменьшение вероятности возникновения инцидента;
- уменьшение вероятности перерастания инцидента в аварийную ситуацию;

2) меры уменьшения тяжести последствий аварии:

- предусматриваемые при проектировании опасного объекта (например, выбор несущих конструкций, запорной арматуры);
- системы противоаварийной защиты и контроля (например, применение газоанализаторов);
- готовность эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации последствий аварий.

При необходимости обоснования и оценки эффективности предлагаемых мер уменьшения риска рекомендуется придерживаться двух альтернативных целей их оптимизации:

- 1) при заданных средствах обеспечить максимальное снижение риска эксплуатации опасного производственного объекта;
- 2) обеспечить снижение риска до приемлемого уровня при минимальных затратах.

Для определения приоритетности выполнения мер по уменьшению риска в условиях заданных средств или ограниченности ресурсов следует:

- определить совокупность мер, которые могут быть реализованы при заданных объемах финансирования;

- ранжировать эти меры по показателю «эффективность – затраты»;
- обосновать и оценить эффективность предлагаемых мер.

2.11. Декларирование промышленной безопасности

В Российской Федерации с 1995 года проводится декларирование промышленной безопасности. Разработка декларации промышленной безопасности производится в соответствии с требованиями нормативно-технической документации, действующей на территории РФ. Основным документом является № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Опасный производственный объект – предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества (воспламеняющиеся, окисляющие, горючие, взрывчатые, токсичные вещества, представляющие опасность для природной среды); используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 МПа или при температуре нагрева воды более 115°C; используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры; получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на их основе; ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях в соответствии со ст. 2 и приложением 1 к Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ от 21.07.1997 г.

Декларируемый объект – опасный производственный объект, подлежащий декларированию согласно требованиям промышленной безопасности.

В соответствии с Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» разработка декларации промышленной безопасности проводится **в составе проектной документации** на строительство, расширение, реконструкцию, капитальный ремонт, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта.

Декларация промышленной безопасности опасного производственного объекта – документ, в котором представлены результаты всесторонней оценки риска аварии, анализа достаточности принятых мер по предуп-

реждению аварий и обеспечению готовности организации к эксплуатации опасного производственного объекта в соответствии с требованиями норм и правил промышленной безопасности, к локализации и ликвидации последствий аварии на опасном производственном объекте, а также результаты разработки мероприятий, направленных на снижение масштаба последствий аварии и размера ущерба, нанесенного в случае аварии на опасном производственном объекте.

Анализ риска аварий на опасных производственных объектах является составной частью управления промышленной безопасностью. Анализ риска заключается в систематическом использовании всей доступной информации для идентификации опасностей и оценки риска возможных нежелательных событий.

Результаты анализа риска используются при декларировании промышленной безопасности опасных производственных объектов, экспертизе промышленной безопасности, обосновании технических решений по обеспечению безопасности, страховании, экономическом анализе безопасности по критериям «стоимость – безопасность – выгода», оценке воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и других процедурах, связанных с анализом безопасности.

Методические указания **РД 03-418-01** являются основой для разработки методических документов (отраслевых методических указаний, рекомендаций, руководств, методик и т. п.) по проведению анализа риска на конкретных опасных производственных объектах [7].

Основные задачи анализа риска аварий на опасных производственных объектах заключаются в представлении лицам, принимающим решения:

- 1) объективной информации о состоянии промышленной безопасности объекта,
- 2) сведений о наиболее опасных, «слабых» местах с точки зрения безопасности,
- 3) обоснованных рекомендаций по уменьшению риска.

2.12. Моделирование риска

Анализ работы опасного производства показывает, что даже при нормальном функционировании влияние таких объектов на окружающую среду связано как с социально-психологическим воздействием на людей, так и с определенной потенциальной угрозой загрязнения атмосферы и прилегающей территории опасными веществами из-за недостаточно надежных технологий, малой эффективности работы фильтровентиляционных устройств и других причин.

С другой стороны, как показывает отечественная и мировая практика, добиться полностью безаварийной работы предприятий как химической промышленности, так и других отраслей не представляется возможным.

Повышение промышленной безопасности предусматривает осуществление технических и организационных мер, включающих мониторинг опасного объекта, разработку планов ликвидации аварий и плана действий в чрезвычайных ситуациях на территории объекта и за его пределами. Нет сомнения, что любой технологический процесс должен ориентироваться на технологии, позволяющие максимально снизить вероятность аварий и уменьшить выход опасных веществ во внешнюю среду.

В то же время нельзя не учитывать, что рациональное размещение объектов также является одним из способов обеспечения безопасности людей и окружающей среды. Любой район, в пределах которого размещается объект, имеет ту или иную численность населения, хозяйственную ценность. Поэтому представляется целесообразным оценку различных вариантов размещения объектов проводить по комплексу показателей, характеризующих состояние окружающей среды, особенности и потенциальную опасность объекта в случае аварийных ситуаций. Одним из таких показателей (критериев) является **риск запроектных** (не учтенных в проекте) **аварий**.

Риск запроектной аварии при функционировании опасного объекта состоит в том, что в случае ее возникновения существует определенная вероятность поражения окружающего населения. Чем меньше прогнозируемые последствия запроектной аварии, тем более благоприятна данная площадка для размещения объекта.

Сценарии аварий на опасных объектах достаточно сложны. При авариях возможен выход отравляющих веществ (ОВ) в газообразном и аэрозольном состояниях с образованием облака зараженного воздуха и его движением по направлению ветра, заражением почв, растительности, водоемов и т. д.

Так как газообразное и аэрозольное состояние ОВ является «боевым», то население, находящееся в зоне распространения облака или первичного заражения местности, может получить поражение различной степени тяжести.

Вероятность возникновения аварии определяется:

- особенностями технологического процесса;
- используемым оборудованием;
- степенью подготовленности персонала;
- временем, в течение которого функционирует данный технологический объект;
- интенсивностью технологических операций;
- техническими факторами (например, усталость металла);
- внешними неуправляемыми факторами (целенаправленная диверсия);
- человеческим фактором (ошибками эксплуатационного персонала).

Опасности, связанные с аварией, определяются:

- количеством освободившегося при аварии ОВ, его физико-химическими и токсическими свойствами;
- архитектурно-планировочными особенностями застройки и транспортными коммуникациями;
- метеорологическими условиями и характеристиками окружающей среды: особенностями рельефа, характерной растительностью, структурой и свойствами почвы, условиями залегания подпочвенных вод, близостью рек и водозаборных сооружений, гидрографическими условиями;
- самим фактором наличия окружающего населения.

Для количественной оценки последствий аварии требуется создавать математическую модель, позволяющую осмыслить поведение технической системы и с ее помощью оценить различные стратегии риска. Модель должна отражать важнейшие черты явления, т. е. в ней должны быть учтены все существенные факторы, от которых в наибольшей степени зависит функционирование системы. Вместе с тем она должна

быть по возможности простой и понятной пользователю, целенаправленной, надежной (гарантия от абсурдных ответов), удобной в управлении и обращении, достаточно полной, адекватной, позволяющей легко переходить к другим модификациям и обновлению данных.

При построении математической модели может быть использован математический аппарат различной сложности: алгебраические и дифференциальные уравнения, как обыкновенные, так и с частными производными. В наиболее трудных случаях, если функционирование системы зависит от большого числа сложно сочетающихся между собой случайных факторов, может применяться метод статистического моделирования.

Выходными параметрами функционирования математической модели риска запроектной аварии определяется математическое ожидание количества пораженных жителей, постоянно проживающих в районе, подвергаемом опасности при функционировании объекта, если на объекте или его технологических элементах произойдет в случайный момент времени любая теоретически возможная запроектная авария, вызванная теми или иными причинами.

Обобщенный алгоритм оценки риска методом статистического моделирования может состоять из следующих последовательных процедур:

Шаг 1. На основе равновероятного датчика случайных чисел устанавливается время, число и месяц возникновения аварии.

Шаг 2. Исходя из реализованных временных характеристик аварий и с учетом вероятности распределения метеоусловий за большой период времени для данной местности прогнозируют конкретный вектор значений метеоусловий, включающий температуру воздуха и почвы, стратификацию атмосферы, скорость и направление ветра (при разработке статистической модели аварии не представляет труда учесть фактическую розу ветров для любой точки со случайным месяцем, днем, временем аварии, конкретным направлением и скоростью ветра).

Шаг 3. На основе сформулированного перечня аварий и с учетом равновероятной природы их возникновения разыгрывается конкретный тип аварии, произошедшей на объекте, и ее исходные данные (количество освободившегося ОВ, площадь разлива, максимальная концентрация в зоне аварии и т. д.) с учетом конкретных метеоданных.

Шаг 4. На основе, например, гауссовской модели распределения примеси и исходных данных, реализованных по пунктам 1, 2, 3, рассчитывается величина приведенной зоны поражения той или иной степени тяжести и ее положение (конфигурация, директриса следа облака и т. д.) на конкретной местности.

Шаг 5. На основе известного математического ожидания распределения населения вокруг объекта моделируется конкретное распределение населения в момент аварии; вычисляются общее количество человек, попавших в приведенную зону поражения той или иной степени тяжести.

Полученное таким образом значение оценки риска, характеризующееся количеством людей, пораженных в результате аварии той или иной степени тяжести, является единичным значением, т. е. единичной реализацией. Для получения статистически достоверных результатов необходимо получить как можно большее количество реализаций – N (естественно в разумных пределах, например, $N = 1000$) путем «прогона» на ЭВМ математической модели, разработанной согласно вышеописанному алгоритму, N раз. В дальнейшем по N реализациям проводят оценки математического ожидания и среднеквадратического отклонения числа пораженных той или иной степени тяжести на данном объекте при запроектной аварии.

2.13. Применение теории риска в технических системах

Проектирование сложных технических систем и конструкций выполняется на основе численных методов (например, строительной механики) с использованием ЭВМ. Однако вычисленные на основе таких расчетов параметры и характеристики (например, усилия) следует рассматривать как приближенные, которые отличаются от действительных. Отклонения расчетных параметров от действительных представляют собой случайные величины, которые зависят от условий задачи. Путем применения теории риска можно оценить неточности, возникающие при расчете и проектировании конструкций. Вероятностный метод вычисления риска позволяет получить новую информацию о том, какое влияние на величину риска оказывают разные источники неопределенности в процессе расчета и проектирования конструкции и как это отражается на окончательном проекте. Однако при использовании

численных методов возникают неточности расчета, оценка которых приобретает особое значение при определении вероятного риска. В инженерных задачах исходные данные часто бывают далеко не полными. Так, например, величина внешних сил изменяется во времени, свойства материала, из которого сделана конструкция, также определяются как средние и имеют разброс, коэффициент надежности может быть определен вероятностным методом. Возникают термины «допустимый предел», «инженерное решение», которые подтверждают отсутствие достаточной точности в исходных данных. В результате для описания вероятности разрушения конструкции возникает понятие «риск», которым характеризуют полученное решение. В состав крупных сооружений входят объекты, имеющие различную степень ответственности в обеспечении безопасности, например, в гидротехническом узле наиболее ответственным объектом является плотина, менее ответственными — здания, трубопроводы и т. д. Однако желательно принимать для всех объектов одинаковую меру риска. Принцип сбалансированного риска требует, чтобы все объекты, входящие в состав сооружения, проектировались на одинаковую степень риска.

При решении многих инженерных задач приходится определять риск, который возникает как результат облегчения той или иной конструкции. Риск определяется на основе обработки статистическими методами большого числа наблюдений. Величина риска зависит от ожидаемой выгоды. Как правило, повышение величины риска приводит к снижению расходов на создание конструкции и увеличению ожидаемой выгоды. Но вместе с тем это повышение может повлечь за собой разрушение конструкций в более короткий срок. Поэтому определение принимаемой величины риска является весьма ответственной задачей, которая может быть правильно решена только путем проведения глубокого статистического анализа.

Рассмотрим подробнее физический смысл числового выражения риска. Наиболее полные статистические данные имеются для риска, которым характеризуются несчастные случаи в разных областях производства. Так, например, риск, характеризуемый числом 10^{-3} случаев на одного человека в год, является совершенно неприемлемым. Уровень риска 10^{-4} требует принятия мер и может быть принят только в том случае, если другого выхода нет. По данным, приведенным в работах

американских ученых, риск в автомобильных авариях достигает уровня $2,8 \cdot 10^{-4}$. Уровень риска 10^{-5} соответствует естественным случайным событиям, например, несчастным случаям при купании в море, для которых риск исчисляется $3,7 \cdot 10^{-5}$. Несчастные случаи, обусловленные риском 10^{-6} , относятся к такому уровню, на который имеется более спокойная реакция, так как считается, что избежать этого риска может каждый, соблюдая элементарные правила предосторожности.

Аналогичным образом величина риска может быть установлена и для каждой конструкции с учетом срока службы, ее значения для общей прочности всего сооружения, а также стоимости, срока восстановления и т. д.

Очень часто для оценки риска принимается частота возникновения аварийных ситуаций, например, число случаев разрушения плотин в год и их негативные последствия — число несчастных случаев, вызванных этой аварией.

При проектировании принимаются решения, которые могут увеличить или уменьшить величину риска в процессе эксплуатации конструкции. Для того чтобы оценить влияние неточностей, допущенных при проектировании, следует для данной конструкции оценить вероятные пути, в результате которых может произойти разрушение. Для простейшей конструкции очень часто можно предвидеть единственный путь вероятного разрушения и тогда задача упрощается. Однако для сложных конструкций и сооружений разрушение может развиваться разными путями, имеющими присущую им вероятность. Решая технические задачи, необходимо учитывать риск, возникающий в результате неточностей при выборе исходных данных, принятых в расчетах. При определении допустимого риска необходимо учитывать вероятность благоприятного и неблагоприятного результата в эксплуатационных условиях проектируемого технического объекта. Такой подход позволит принять сознательное окончательное решение при выборе оптимального варианта с учетом риска.

Величина риска определяется на основе общих математических методов: теории вероятностей, математической статистики и теории игр. Как правило, риск существует объективно, независимо от того, учитывается он в проектах или нет. Для измерения величины риска, соответствующего данному варианту решения, проектировщик должен исследовать вли-

яние отдельных факторов, от которых зависит окончательное решение. Определение риска особое значение приобретает при проектировании новых сооружений и сложных агрегатов и обеспечивает общий технический прогресс. Правильное использование теории риска очень часто приводит к тому, что проектируемый объект может обойтись дешевле и принести дополнительные выгоды. Очень часто понятие риска связывают с оценкой возможного ущерба. Однако при этом не учитывается возможная выгода, получаемая в результате принятого риска. Поэтому для правильного понимания сущности вопроса рекомендуют определять риск как возможность отклонения принятого решения от той величины, которая соответствует условиям эксплуатации объекта.

В специальной литературе рассматривается также очень подробно экономический риск, связанный с планированием промышленного производства. Этот вид риска называют хозяйственным, он включает в определенной степени указанные выше виды риска. Величина хозяйственного риска определяется обычно на основании опыта прошлого путем соответствующей обработки накопленных статистических данных, которые экстраполируются на проектируемый объект. Однако построение логических схем на основе теоретических положений с использованием математических моделей очень часто помогает найти численное выражение для ожидаемого риска.

Стоимость сооружения тесно связана с принятой при проектировании величиной риска. При большом риске снижается стоимость первоначальных затрат на строительство сооружения, однако в дальнейшем при неблагоприятном стечении обстоятельств в сооружении могут возникнуть повреждения, ликвидация которых связана с дополнительными расходами. Малая величина риска, принятая при проектировании, потребует усиления конструкций, а это повышает стоимость сооружения. Если в процессе дальнейшей эксплуатации сооружения не произойдет неблагоприятного стечения обстоятельств, с расчетом на которые при строительстве выполнялись усиления конструкций для того, чтобы предотвратить повреждение их отдельных элементов, то первоначальное удорожание конструкций за счет их усиления оказывается ненужным. Таким образом, увеличение риска приводит к удешевлению конструкций, а снижение риска вызывает удорожание строительства.

Контрольные вопросы

1. Какой смысл имеет понятие «риск»?
2. Какие основные виды рисков возникают в технической сфере? Какие факторы определяют каждый из них?
3. В чем заключается процесс анализа риска?
4. Перечислите этапы анализа риска. В чем заключается каждый из них?
5. Как проводится оценка риска?
6. Какие существуют подходы к оценке риска?
7. Как осуществляется управление риском?
8. Как проводится качественная оценка риска?
9. Как проводится количественная оценка риска?
10. Раскройте понятие «приемлемый риск».
11. Какие рекомендации по выбору методов анализа риска вы знаете?
12. Какие меры принимаются для уменьшения риска?
13. Назовите цель разработки декларации промышленной безопасности.
14. Раскройте общие принципы моделирования риска.
15. Каково значение применения теории риска в технических системах?

Библиографический список

1. Алымов, В.Т. Техногенный риск. Анализ и оценка : учеб. пособие / В.Т. Алымов, Н.П. Тарасова. – М. : Академкнига, 2007. – 118 с.
2. Ветошкин, А.Г. Надежность технических систем и техногенный риск : учеб. пособие / А.Г. Ветошкин. – Пенза : Изд-во ПГУАиС, 2003. – 155 с.
3. Кулагин, О.А. Принятие решений в организациях / О.А. Кулагин. – СПб. : Сентябрь, 2001. – 148 с.
4. Ларичев, О.И. Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ решений / О.И. Ларичев, Б.М. Мошкович. – М. : Наука: Физматлит, 1996. – 208 с.
5. Меньшиков, В.В. Опасные химические объекты и техногенный риск : учеб. пособие / В.В. Меньшиков, А.А. Швыряев. – М. : Химия : фак-т Моск. ун-та, 2003. – 254 с.
6. Орлов, А.И. Теория принятия решений : учеб. пособие / А.И. Орлов. – М. : Экзамен, 2005. – 656 с.
7. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. – Введ. 01-10-2001. – М. : Промышленная безопасность, 2001. – 38 с.
8. Турунтаев, Л.П. Теория принятия решений : учеб. пособие / Л.П. Турунтаев. – Томск : Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2007. – 197 с.
9. Хенли, Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска / Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото ; пер. В.С. Сыромятников, Г.С. Демина. – М. : Машиностроение, 1984. – 528 с.
10. Эддоус, М. Методы принятия решений / М. Эддоус, Р. Стэнфилд ; пер. И.И. Елисеева. – М. : Аудит : ЮНИТИ, 1997. – 590 с.

Описание нормативного процесса принятия решений

Этапы принятия решений	Содержание этапов
1. Определение проблемы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить симптомы проблемы 2. Установить причины возникновения проблемы 3. Выявить управляемые факторы, которые могут повлиять на решение проблемы
2. Постановка цели принятия решения	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сформулировать глобальную цель, достижение которой решает проблему 2. Разделить глобальную цель на подцели 3. Сформулировать цели принятия решений 4. Определить критерии выбора альтернатив
3. Анализ факторов, влияющих на принятие решения	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить перечень всех факторов (переменных), влияющих на принятие решения 2. Собрать информацию о значениях этих факторов и выявить среди них неопределенные факторы 3. Установить природу, источники возникновения и диапазоны возможных значений неопределенных факторов 4. Рассмотреть влияние неопределенных факторов на решение проблемы
4. Разработка альтернатив	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сформировать исходное множество альтернатив (идей, гипотез, предположений), направленных на решение проблемы 2. Определить множество допустимых решений 3. Сократить число допустимых решений путем исключения «заведомо непригодных» альтернатив 4. Определить множество эффективных решений (если это возможно)
5. Оценивание альтернатив	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить состав атрибутов (показателей эффективности или качества) для оценивания альтернатив 2. Определить тип шкалы для измерения каждого показателя 3. Определить количественные и качественные показатели 4. Тщательно продумать все возможные последствия каждой альтернативы и оценить их с помощью модели процесса реализации решений
6. Выбор альтернативы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить тип задачи принятия решения 2. Выполнить постановку задачи и разработать методы ее решения 3. Сравнить все альтернативы между собой с учетом значений всех атрибутов и влияния неопределенных факторов 4. Определить оптимальное или удовлетворительное решение

Этапы принятия решений	Содержание этапов
7. Реализация решения	1. Согласовать решение с исполнителями и руководителями других организаций (или подразделений), заинтересованных в решении проблемы
	2. Утвердить принятое решение у вышестоящего руководителя (владельца проблемы)
	3. Разработать план реализации решения
	4. Сформулировать задачи исполнителям, распределить полномочия, ответственность и организовать взаимодействие между ними
	5. Мотивировать исполнителей на выполнение поставленных задач
	6. Осуществлять текущий контроль процесса реализации решения
8. Контроль результатов	1. Измерить фактические результаты (значения атрибутов) принятого решения
	2. Передать информацию о результатах руководителю, отвечающему за решение проблемы (если это необходимо)
	3. Сравнить фактические и требуемые результаты между собой с учетом масштаба допустимых отклонений
	4. Оценить реальную эффективность решения

**Краткое изложение и сравнительные данные
различных методов анализа риска**

Метод	Характеристика	Преимущества	Недостатки
1. Предварительный анализ опасностей	Определяет опасности для системы и выявляет элементы для проведения анализа последствий по видам отказов и построения дерева отказов. Частично совпадает с методом анализа последствий по видам отказов и анализом критичности	Является первым необходимым шагом	Нет
2. Анализ последствий отказов	Рассматривает все виды отказов по каждому элементу. Ориентирован на аппаратуру	Прост для понимания, широко применим и стандартизован, непротиворечив. Не требует применения математического аппарата	Рассматривает неопасные отказы, требует много времени, часто не учитывает сочетания отказов и человеческого фактора
3. Анализ ошибок персонала	Позволяет охарактеризовать ошибки персонала, инициирующие или усугубляющие аварийную ситуацию	Хорошо стандартизован, прост для использования и понимания. Не требует применения математического аппарата	Часто не учитывает эргономику, отказы с общей причиной и взаимодействие систем
4. Анализ с помощью дерева отказов	Начинается с инициирующего события, затем отыскиваются комбинации отказов, которые его вызывают	Широко применим, эффективен для описания взаимосвязей отказов, ориентирован на отказы: позволяет отыскивать пути развития отказов системы	Большие деревья отказов трудны в понимании, не совпадают с обычными схемами протекания процессов и математически неоднозначны. Метод требует использования сложной логики
5. Анализ с помощью дерева событий	Начинается с инициирующих событий, затем рассматриваются альтернативные последовательности событий	Дает возможность определить основные последовательности и альтернативные результаты отказов	Непригоден при параллельной последовательности событий и для детального изучения

Метод	Характеристика	Преимущества	Недостатки
6. Анализ опасностей методом потенциальных отклонений	Расширенный вид анализа последствий отказов, который включает причины и последствия изменений основных переменных параметров производства	Рекомендуется для крупных химических предприятий	Нуждается в технической документации, слабо описан в литературе
7. Причинно-следственный анализ	Начинается с критического события и развивается с помощью дерева последствий в прямой последовательности, с помощью дерева отказов — в обратной последовательности	Чрезвычайно гибок и насыщен, обеспечен документацией, хорошо демонстрирует последовательные цепи событий	Диаграммы типа причина — следствие быстро вырастают до слишком больших размеров. Обладают многими из недостатков, присущих методам анализа с помощью дерева отказов

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	4
1.1. Решение. Принятие решений.....	4
1.2. Классификация решений.....	5
1.3. Общие сведения о теории принятия решений.....	8
1.4. Участники процесса принятия решений.....	13
1.5. Классификация задач принятия решений.....	16
1.6. Этапы принятия решений.....	25
1.7. Факторы, влияющие на процесс принятия решений.....	34
Контрольные вопросы	40
2. РИСК И ЕГО ОЦЕНКА.....	42
2.1. Понятие риска.....	42
2.2. Классификация рисков.....	43
2.3. Анализ риска.....	48
2.4. Оценка риска.....	52
2.5. Управление риском.....	53
2.6. Качественная оценка риска.....	54
2.7. Количественная оценка риска.....	59
2.8. Приемлемый риск.....	62
2.9. Рекомендации по выбору методов анализа риска.....	65
2.10. Разработка рекомендаций по уменьшению риска.....	65
2.11. Декларирование промышленной безопасности.....	67
2.12. Моделирование риска.....	69
2.13. Применение теории риска в технических системах.....	72
Контрольные вопросы	76
Библиографический список.....	77
Приложения.....	78

Учебное издание

Слесарев Денис Юрьевич

ОЦЕНКА РИСКА
И ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Учебное пособие

Редактор *Е.Ю. Жданова*

Технический редактор *З.М. Малявина*

Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*

Дизайн обложки: *Г.В. Карасева*

Подписано в печать 20.11.2012. Формат 60×84/16.

Печать оперативная. Усл. п. л. 4,82.

Тираж 100 экз. Заказ № 1-04-12.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

