



# **Теоретические ОСНОВЫ рискологии**

**СКИФ**



**Кафедра «Эксплуатация транспортных  
систем и логистика»**

**Лекционный курс**

**Автор**

**Короткий А. А.,**

**Панфилова Э. А.**

Ростов-на-Дону,  
2018

## **Аннотация**

Лекционный курс предназначен для студентов очной, заочной форм обучения направления 23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

## **Автор**

**Короткий Анатолий Аркадьевич –**

**д.т.н., профессор кафедры «ЭТСиЛ»**

**Панфилова Эльвира Анатольевна –**

**к.ф.н., доцент кафедры «ЭТСиЛ»**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Конспект лекции № 1.....	4
<b>Риск – как мера опасности и определение безопасности. ....</b>	<b>4</b>
Конспект лекции № 2.....	16
<b>Определение «безопасности» грузоподъемных машин как опасных промышленных объектов.....</b>	<b>16</b>
Конспект лекции № 3.....	23
<b>Обоснование приемлемого риска грузоподъемных машин. ....</b>	<b>23</b>
Конспект лекции № 4.....	25
<b>Алгоритмы и структура процесса идентификации опасностей грузоподъемных машин. ....</b>	<b>25</b>
Конспект лекции № 5.....	34
<b>Алгоритм метода экспертных оценок риска грузоподъемных машин.....</b>	<b>34</b>
Конспект лекции № 6.....	41
<b>Принятие решений и риск. Оправданное и неоправданное принятие риска на основе имитационных моделей.....</b>	<b>41</b>

## Конспект лекции № 1.

### Риск – как мера опасности и определение безопасности.

План лекции.

1. Соответствие угрозы и опасности.
2. Пространственный, временной и ситуационный факторы угрозы.
3. Мера опасности.

#### 1. Соответствие угрозы и опасности.

*Угроза* — это степень возможности реализации опасности для рассматриваемого объекта. Угрозы для конкретных объектов от реализации опасности характеризуются возможностью воздействия на них негативных факторов и причинения им в результате этого вреда. Угроза объекту от источников опасности определяется их относительным положением в пространстве и во времени (для стационарных объектов только в пространстве), распределением направлений ветра в течение года, характеристиками источника опасности, достигнутым уровнем защищенности и стойкости объектов и другими факторами. Она реализуется, если объект окажется в зоне действия опасности. В игровых задачах с противоположными интересами сторон возникает также ситуационный фактор угрозы, зависящий от соотношения числа угрожающих и подвергаемых объектов.

Опасности представляют угрозу объекту только тогда, когда могут причинить ему ущерб. Угроза для объектов возникает при размещении их в областях возможного действия негативных факторов опасных природных, техногенных и социальных явлений. Например, для людей угроза имеет место при работе на объекте повышенной опасности или в зоне загрязнения; для перемещающихся объектов — при нахождении в момент реализации опасного явления в зоне воздействия его негативных факторов; для фирмы — при ведении дел в опасной сфере бизнеса. Степень угрозы для объектов на некоторой территории (в сфере деятельности) в общем случае определяется по формуле: Если объект вывести за пределы опасной территории, то угрозы

для него не будет, хотя опасность территории сохранится.

Угроза для жизнедеятельности изменяется во времени: она может возникать, усиливаться, снижаться и исчезать вследствие изменения влияющих на ее степень факторов — пространственного, временного и ситуационного, а также степени опасности.

#### 2. Пространственный, временной и ситуационный факторы угрозы.

Пространственный и временной факторы угрозы связаны с тем, что как опасные явления, так и объекты воздействия некоторым образом распределены по времени и в пространстве.

**Пространственный фактор.** Этот фактор определяется положением объекта по отношению к источнику опасности. Он связан с локальным характером

## Теоретические основы рискологии

проявления источников опасности, случайным местоположением мест реализации многих источников, ослаблением уровней воздействующих факторов с удалением  $r$  от очага возникновения опасности. Чем ближе объекты и люди располагаются к источнику опасности (известному или предполагаемому), тем больше угроза (реальная или предполагаемая). Взаимное положение источников опасности и объектов воздействия их негативных факторов может быть различным. Рассматриваемый объект может с определенной вероятностью попасть в зону поражения или оказаться вне ее. Возможность (угроза) для объекта, размещенного на некоторой территории, подвергнуться воздействию негативных факторов опасного явления зависит от относительного положения областей возможного возникновения опасного явления, их частоты и площади зоны действия негативных факторов.

Степень угроз для жизнедеятельности от природных и техногенных опасностей в процессе приспособления к ним людей меняется. Из общих соображений пространственный фактор техногенной угрозы выше, чем природной. Действительно, в процессе освоения новых земель, выбора мест для расселения людей выбирают менее опасные территории. Техногенная же опасность напрямую связана с жизнедеятельностью человека и потому географически максимально приближена к нему.

В целом степень приспособленности городов к фоновому и локальному природному риску прямо пропорциональна их возрасту и обратно пропорциональна скорости их роста в последнем столетии (С.М.Мягков, 1995). Источником локального риска являются опасности с площадью возможного возникновения (например, карстовые процессы, наводнения), а фоновое — в остальных случаях. Например, ураганы возможны на всей территории европейской части России, а полоса ветра при ураганах может полностью накрыть территорию целой области. Известные техногенные угрозы постепенно снижаются по мере совершенствования технологий, принятия мер защиты, перемещения опасных производств за пределы населенных пунктов или даже в другие страны (из развитых в развивающиеся). Одновременно возникают новые. Одной из причин большого числа жертв самой крупной аварии на химическом производстве в Бхопале (Индия, 1984 г.) за всю историю развития мировой промышленности

явилась перенаселенность окрестностей предприятия, точнее, размещение опасного химического производства в густонаселенной местности.

Показателем пространственного фактора угрозы, используемого для его оценки, служит, в частности, доля площади рассматриваемой территории, поражаемой негативными факторами опасного явления, в случае, если опасное явление на данной территории произойдет.

Угроза для населения возникает только в том случае, если оно проживает в опасных районах, где возможно возникновение опасных явлений (например, в районах размещения, перемещения потенциально опасных объектов) или на загрязненных территориях. Для оценки угрозы районы возможного возникновения опасных явлений и проживания населения удобно совмещать на картографической основе. По карте с характеристиками опасности, застройки и плотностью населения можно определить степень угрозы. Например, для

## Теоретические основы рискологии

строительных работ разрабатывают карты зон затопления различной силы и частоты (или повторяемости). При детерминированном расположении источников опасности в целях исключения угрозы управляют пространственным фактором: ограничивают проживание населения и хозяйственную деятельность вблизи источников опасности (в зоне действия негативных факторов или их возможного действия в случае реализации опасного явления). Например, ограничивают хозяйственную деятельность вблизи действующих вулканов, в поймах рек, на побережьях морей, подверженных нагонным наводнениям. Для вредных и потенциально опасных объектов создают санитарно-защитные зоны, отселяют людей из загрязненных в результате техногенных аварий районов.

Рассмотрим такой частный случай пространственной угрозы, как *сейсмическая угроза*. Опасности землетрясений подвержено более 10% площади суши, на которой проживает половина населения Земли. Территория России также подвержена землетрясениям. Под сейсмической угрозой для элементов инфраструктуры следует понимать возможность воздействия на них поражающих факторов землетрясения. Угроза имеет место при их размещении в сейсмоопасных зонах. Для людей она может представлять опасность при дополнительном условии их нахождения в момент землетрясения в помещениях.

Этот фактор угрозы от источников опасности имеет значение для перемещающихся объектов (например, людей, транспортных средств с опасными грузами).

Для постоянно действующих вредных факторов (зоны загрязнения, вредные объекты, области с неблагоприятными климатическими условиями) временной фактор учитывается как доля времени, в течение которого люди находятся в зоне их действия

Для источников опасности, реализующихся в виде опасных явлений, временной фактор учитывают как вероятность того, что рассматриваемые объекты будут находиться в зоне действия их негативных факторов. В предположении пуассоновского потока опасных явлений их реализация в любой момент времени равновероятна и зависит лишь от частоты потока явлений и интервала времени, в течение которого объект находится в зоне действия негативных факторов. Поэтому степень угрозы подвергнуться воздействию негативных факторов опасного явления равна математическому

ожиданию их числа или вероятности их реализации в течение периода времени.

Опасности, с точки зрения создания угрозы, подразделяют на две группы: опасные явления, создающие негативные факторы непосредственно для людей (люди уязвимы к первичным поражающим факторам);

опасные явления, создающие поражающие факторы для зданий и сооружений; для людей угрозу представляют вторичные поражающие факторы, формирующиеся при разрушении зданий и сооружений (например, в случае землетрясения, взрыва в здании).

Для опасностей второй группы угроза для людей возникает при наличии угрозы для объектов техносферы и при условии их нахождения в момент опасного явления в зданиях и сооружениях. Степень угрозы, таким образом, зависит от

## Теоретические основы рискологии

продолжительности пребывания любого человека из некоторой совокупности людей в уязвимых по отношению к поражающим факторам опасного явления зданиях и сооружениях.

Угроза для людей может быть больше и меньше. Чем значительнее опасность и ближе размещение людей к ее источнику, продолжительнее время их пребывания в зоне действия (или возможного действия) негативных факторов, тем больше угроза. Ее степень характеризуется определенными показателями: для опасных явлений — условной вероятностью подвергнуться воздействию негативных факторов в случае реализации опасного явления в данном месте и в данное время (первичными поражающими факторами; вторичными поражающими факторами при условии нахождения в зданиях); для вредных объектов и зон неблагоприятных природных явлений, опасность которых характеризуется детерминированными уровнями воздействий (концентрациями вредных веществ, мощностями доз излучения), угроза для людей оценивается полученной ими дозой за время пребывания во вредной зоне. В дальнейшем риск причинения вреда здоровью определяется согласно зависимости «доза — эффект».

Угроза для людей изменяется с течением времени. С возрастанием опасности угроза также возрастает. В результате реализации мер по снижению опасности, защите объектов и людей угроза снижается. Управляют рисками для категорий лиц, подвергающихся повышенному риску, в частности, с помощью пространственного и временного факторов путем ограничения времени нахождения людей в зонах с повышенной вредностью (например, при работе с источниками ионизирующего излучения), работы вахтовым методом в районах с неблагоприятными климатическими условиями. Если существует прогноз момента наступления опасного явления, то для снижения угрозы людей выводят из зданий (в случае землетрясений), размещают в укрытиях (при угрозе урагана, торнадо), эвакуируют в безопасное место (при наводнениях). Степень угрозы для людей в определенном месте при возможности прогнозирования момента наступления опасного явления зависит от величины ошибки 1-го рода — вероятности того, что опасное явление в рассматриваемом интервале времени произошло, хотя не было предсказано и, следовательно, меры защиты не были реализованы. Чем точнее прогноз, тем меньше угроза для людей.

### 3. Мера опасности.

История формирования понятия «риск» говорит о том, что это понятие может иметь как субъективный, так и объективный смысл. Первый проявляется в отношении субъекта (человека, людей), второй – в отношении материального объекта, находящихся в ситуации возможного причинения им ущерба.

Осознание того, что риск есть мера опасности (п. 11, п. 16) – важнейший шаг в решении проблемы управления ситуацией в которой наличествуют потенциальные факторы, способные неблагоприятно воздействовать на человека, технические системы, общество и природу.

## Теоретические основы рискологии

Следует отличать ставшую уже классической меру объективной возможности появления каких-либо событий – вероятность от формирующейся в последние десятилетия более общей, чем вероятность, меры опасности – риска.

Риск сочетает в себе вероятность неблагоприятного события и объем этого события (потери, ущерб, убытки). Эти две как бы «элементарные» меры взаимосвязано фигурируют в мозгу субъекта при его действиях в условиях неопределенности, в условиях опасности. Строя комбинации этих элементарных мер, адекватных сложившейся ситуации, субъект оценивает уровень опасности и принимает решение на последующие действия (последнее относится к управлению риском).

То, что уровень опасности (например, общественной) прямым образом зависит от величины причиняемого ущерба, подтверждается положениями в том числе и уголовного права (Т.В. Кашанина, А.В. Кашанин. Основы российского права. – М.: Изд. Гр. ИНФРА, 1996. – 326 с.)

Указанная выше комбинация элементарных мер и представляет собой меру опасности, называемую риском. Такое толкование риска может быть подкреплено совершенно прозрачными логически непротиворечивыми выводами субъекта об опасности, находящегося в одной из трех идеализированных ситуаций.

Первая ситуация. Вероятность возможного события весьма большая, но ущерб субъекту, связанный с этим событием, почти равен нулю (или бесконечно мал). В этой ситуации субъект ясно понимает, что он не подвергается опасности (риск почти равен нулю).

Вторая ситуация. Ущерб от возможного события велик, но вероятность его появления почти равна нулю. Следовательно, опасности нет (риск равен нулю).

Третья ситуация. Вероятность события и ущерб от него почти равны нулю. Ситуация характеризуется как достоверное отсутствие опасности (почти абсолютная безопасность).

Во всех других случаях, когда вероятность и ущерб принимают конечные значения, субъект оценивает сложившуюся ситуацию как опасную, характеризуемую соответствующим риском.

В процессе проведения рассуждений использовалось понятие «мера». В философии мера – это категория, отражающая объективную связь количественных и качественных свойств предметов, явлений, ситуаций. Она (мера) означает, что определенному количеству всегда соответствует с необходимостью определенное качество, и наоборот. В связи с этим нередко мера определяется как предельное состояние, до которого предметы, явления, ситуации могут претерпевать количественные изменения, не переходя в новые качества.

В более строгом (математическом) толковании мера представляется [133] как некоторое обобщение понятий длины тела, площади фигуры, объема тела интуитивно соответствующее массе некоторого множества при определенном распределении этого множества по пространству. Например, вероятностная мера  $\mu$  (вероятность) в математике рассматривается как неотрицательная (счетно-аддитивная функция счетных множеств, которая равна единице на всем множестве (пространстве) возможных исходов (событий) и нулю, если множество,

### Теоретические основы рискологии

на котором эта функция определяется, является пустым ( $\mu(0) \equiv 0$ ). Сказанное можно выразить в концентрированном виде (табл. 3.1).

Используемое в табл. 3.1 понятие «событие» следует толковать так, как это делается в теории вероятностей.

Методология определения меры  $P$  (вероятности), как объективной возможности появления соответствующего события, изложена во многих работах по теории вероятностей [134]. В основном эта методология опирается на статистический или геометрический подходы [5]. Такая интуитивно интерпретирующая методология определения меры  $P$  обуславливает необходимость оценивания погрешностей процедуры интерпретации вероятности как статистической частоты событий. Следует заметить, что в отдельных работах «статистическая» частота подменяется «временной» частотой событий без каких бы то ни было обоснований и эта «временная» частота называется вероятностью. Такое определение вероятности воспринимается неверным.

Таблица 3.1

Оцениваемые ситуативные категории, их меры и области изменения мер.

Теоретические основы рискологии

п/п	Оцениваемая категория	ситуативная	Мера категории	Область изменения меры
.	Объективная возможность появления различных событий (исходов) в одной и той же ситуации		Вероятность (P)	$0 \leq P \leq 1$
.	Объективные отклонения материальных благ, связанные с появлением определенных событий	нормированные нематериальных и связанных с появлением определенных событий	Нормированный ущерб (W)*	$0 \leq W \leq 1$
.	Опасность как ситуация, при которой возможны события (исходы) и связанные с ними отклонения нематериальных и материальных благ человека, общества, государства		Риск (R)	$0 \leq R \leq 1$  (при условии нормирования ущерба)

\* Нормированный ущерб – это отношение ожидаемого ущерба от неблагоприятного события к некоторому нормативному значению (например, к всеобщему валовому продукту (ВВП), объему финансовых средств, определенных соответствующей статьей бюджета, годичной заработной платой человека и т.д.).

Определение меры W нормированного ущерба особенно с учетом последствий (вторичных эффектов), как известно, представляет сложную проблему. Однако эта проблема философски не такая тупиковая, как представляется автору, в сравнении с предыдущей. Определение меры W также сопровождается неопределенностями, подлежащими анализу в конкретных случаях оценивания исходов событий.

Наконец, рассмотрим функциональное представление меры R (риска). На основе постулируемого положения, что риск R является мерой опасности, функционально связанной с мерами P и W, можно сделать вывод, что вид функции риска  $R = f(P, W)$  зависит от воли экспериментатора или лица, принимающего решения (ЛПР).

Речь идет о том, что мера R может быть формально «сконструирована» на основе различных связностей, например, мультипликативно-аддитивной, мультипликативной, дробной и др. Но в любом случае она должна удовлетворять следующим требованиям:

- 1) адекватности психологическому механизму восприятия субъектом опасности;
- 2) измеримости (вычисляемости) по априорным и апостериорным данным, во многих случаях  $R_{с.э.}$  (социально-экономический риск) можно представить как функцию, зависящую главным образом от годового дохода на человека, тогда этот риск представляется по формуле (3.8);

Теоретические основы рискологии

3) чувствительности к воле (действиям) экспериментатора или лица, принимающего решения;

4) устойчивости изменения в зависимости от вариаций составляющих элементов (P, W).

Указанным требованиям удовлетворяют меры опасности, сконструированные в виде мультипликативно-аддитивных связностей, в которых вначале выполняются умножения элементарных значений мер P и W, а затем суммирование полученных произведений в непрерывной или дискретной формах (или в той и другой одновременно) с учетом всей имеющейся (априорной и апостериорной) информации о мерах P и W.

Такую связность выражает функция среднего (байесова) риска, приведенная в п. 7. Эта функция интерпретируется как одна из наиболее общих мер опасности.

Как следует из п. 7, функция рассматриваемого (байесова) риска представляется выражением:

$$\rho_{cp} = \int_{-\infty}^{\infty} \left[ \int_{-\infty}^{\infty} \Pi(\hat{f}(g), f) p(g/f) dg \right] p_o(f) df, \quad (3.30)$$

в котором подынтегральный сомножитель в квадратных скобках представляет собой, как указывалось в п. 7, условный риск.

В качестве примера интерпретации байесова риска рассмотрим опасность для грузоподъемных машин, связанную с таким природным явлением как землетрясение. Все положения и выводы этого рассмотрения могут быть распространены на интерпретацию риска как меры опасности, порождаемой любым другим природным явлением или техногенной аварией.

Поражающее воздействие землетрясения на грузоподъемные машины, находящиеся на заданном расстоянии от эпицентра землетрясения, оценивается интенсивностью I, выражаемой в баллах (см. ПБ 10-382-00 и СНиП II-7-81\* (2000 г.) [135, 86]).

Получаемое путем обработки результатов сейсмических измерений значение интенсивности I представим в виде:

$$I = I_0 + \Delta I, \quad (3.31)$$

где:  $I_0$  – объективно существующее значение интенсивности;  $\Delta I$  – аддитивная ошибка определения (измерения) интенсивности I. Эта ошибка подчиняется некоторому закону распределения, представляемому функцией условной (апостериорной) плотности вероятности:

$$p = (I/I_0). \quad (3.32)$$

Теоретические основы рискологии

Будем считать, что опасности подвергается грузоподъемная машина, которому землетрясение причиняет нормированный ущерб, выражаемый функцией:

$$W = W(\hat{I}(I), I_0 / \xi(I)), \quad (3.33)$$

где: торой:  $\hat{I}$  – оценка параметра  $I_0$ , получаемая по результатам обработки данных сейсмических измерений;  $\xi$  – характеристика уязвимости объекта по отношению к интенсивности  $I$ .

Обращаясь к формуле (3.30), устанавливаем, что функция (3.32) есть аналог функции  $p(g/f)$ , а функция (3.33) функции  $\Pi(\hat{f}(g), f)$ .

Подставив (3.32) и (3.33) во внутренний интеграл в выражении (3.30), получим условный риск:

$$R_{yc}(I_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} W(\hat{I}(I), I_0 / \xi(I)) p(I/I_0) dI, \quad (3.34)$$

выражающий ожидаемые средние потери, причиняемые объекту и рассчитываемые с использованием условной плотности вероятностей (3.32).

Поскольку область изменений  $I$  ограничена и может быть представлена отрезком  $[I_{min}, I_{max}]$ , где:  $I_{min}$ ,  $I_{max}$  – соответственно, минимальное и максимальное значения  $I$  (например,  $I_{min} = 1$  балл,  $I_{max} = 12$  баллов), то выражение (3.34) можно переписать в виде:

$$R_{yc}(I_0) = \int_{I_{min}}^{I_{max}} W(\hat{I}(I), I_0 / \xi(I)) p(I/I_0) dI. \quad (3.35)$$

Очевидно, из (3.35) можно получить средний (байесов) риск  $R_{cp}$ . Но для этого надо иметь функцию априорной плотности распределения параметра  $I_0$ , т.е.:

$$p_0 = p_0(I_0), \quad (3.36)$$

как аналог функции  $p_0(f)$  в выражении (3.30).

Функция (3.36) характеризует осведомленность (информированность) экспериментатора или ЛПР об интенсивности  $I_0$  до проведения ее расчета и оценивания (априорные представления, которые составляют по данным исторического опыта).

Подставив (3.36) в выражение (3.30) с учетом формулы (3.35), получим:

$$R_{cp} = \int_{I_{min}}^{I_{max}} R_{yc}(I_0) p_0(I_0) dI_0. \quad (3.37)$$

Теоретические основы рискологии

Если подынтегральные функции в (3.37) задаются в дискретной форме, то средний риск может быть выражен обычной суммой:

$$R_{cp} = \sum_{j=1}^n R_{ycj} p_{oj} . \quad (3.38)$$

Здесь значение  $p_o$  получается дискретизацией функции (3.36), т.е.:  $p_{oj} = p_o(I_{oj})$ ,  $j = \bar{1}, \bar{n}$ , а значение  $R_{ycj}$  в (3.38) – дискретизацией условного риска (3.35), т.е.:

$$R_{ycj} = R_{yc}(I_{oj}) = \sum_j W(\hat{I}_j(I_j), I_{oj} / \xi(I_{oj})) p(I_j / I_{oj}), \quad (3.39)$$

где: 
$$n = \frac{I_{max}}{\Delta}, \quad (3.40)$$

$\Delta$  – шаг дискретизации.

Подстановка  $R_{ycj}$  (3.39) в (3.38) приводит к выражению:

$$R_{cp} = \sum_i \left( \sum_j W_j p_j \right) p_{oi} , \quad (3.41)$$

где: 
$$W_j = W(\hat{I}_j(I_j), I_{oj} / \xi(I_{oj})), \quad (3.42)$$

$$p_j = p_j(I_j / I_{oj}). \quad (3.43)$$

Зависимости (3.35), (3.37), (3.38) и (3.41) представляют собой мультипликативно-аддитивные связности соответствующих мер опасности.

При  $j = 1$  в (3.38) получаем чисто мультипликативную связность элементарных мер опасности [81]:

$$R = R_{yc} p_o . \quad (3.42)$$

Далее, при  $W(\hat{I}(I), I_o / \xi(I_o)) = 0$  в (3.35) имеем:  $R_{yc}(I_o) \equiv 0$ , а при  $W(\hat{I}(I), I_o / \xi(I_o)) = \text{const} = C$ .

$$R_{yc}(I_o) = C \int_{I_{min}}^{I_{max}} p(I / I_o) dI. \quad (3.43)$$

Таким образом, в этом случае  $R_{yc}$  есть произведение константы на суммарную вероятность, равную  $[F(I_{max}/I_o) - F(I_{min}/I_o)]$ , где символ  $F$  означает функцию распределения вероятности, т.е. вероятности, определяемой как:

Теоретические основы рискологии

$$F(I/I_0) = \int_{-\infty}^I p(i/i_0) dI. \quad (3.44)$$

Если в (3.37)  $R_{yc}(I_0) = 0$ , то и  $R_{cp} = 0$ . При  $R_{yc}(I_0) = C$  из (3.37) получаем:

$$R_{cp} = C \int_{I_{min}}^{I_{max}} p_o(I_o) dI_o = C[F(I_{max} / I_o) - F(I_{min} / I_o)]. \quad (3.45)$$

Рассматривая в последнем случае (3.45) может сложиться впечатление, что риск  $R_{cp}$  тождественен вероятности, поскольку множитель  $C$  – безразмерная константа. Однако такое впечатление ложно. Последовательность процедуры определения  $R_{cp}$  (точно так же и  $R_{yc}$ ) говорит о том, что эта мера опасности есть не что иное как математическое ожидание нормированных потерь (ожидаемый нормированный средний ущерб). Чтобы высказать следующее важное положение, касающееся толкования риска как меры опасности, необходимо охарактеризовать два аспекта.

Первый аспект. Интенсивность (3.31) является функцией определяющих параметров – магнитуды  $M$ , глубины эпицентра землетрясения  $h$ , расстояния от эпицентра до точки наблюдения  $r$ , времени  $\tau = t - t_0$  ( $t$  – текущее мировое время,  $t_0$  – время начала землетрясения) [136]. Она может быть представлена как функция случайных параметров  $M, r, h, \tau$ , т.е. как:

$$I = I(M, r, h, \tau). \quad (3.46)$$

Следовательно, можно поставить задачу определения дифференциала – функции (3.46), входящего, например, в (3.35). Этот дифференциал представляется в виде:

$$dI = \frac{\partial I}{\partial y} dy, \quad (3.47)$$

где:  $y = [M, r, h, \tau]$  – вектор определяющих параметров;  
 $dy = [dM, dr, dh, d\tau]$  – дифференциал вектора определяющих параметров.

Подстановка (3.45) приводит, соответственно, к многомерному интегралу, взятие которого позволяет «осредниться» по указанным выше определяющим случайным параметрам.

Второй аспект. Выбор вида функции потерь:

$$W(\hat{I}(I), I_o / \xi(I_o)), \quad (3.48)$$

то есть меры ущерба, входящей в (3.34) и (3.41), является компетенцией экспериментатора, ЛПР либо эксперта.

### Теоретические основы рискологии

Опираясь на зависимости (3.34) и (3.38), а также учитывая рассмотренные выше аспекты, можно прийти к выражениям для индивидуального и социального рисков не только землетрясения [136], но и других опасных природных явлений или техногенных аварий грузоподъемных машин как ОПО [67, 124].

Чтобы быть последовательным, следует коснуться интерпретации риска, представляемого в виде вектора, имеющего следующие компоненты (показатели):

- ущерб от опасного фактора;
- вероятность возникновения опасного фактора;
- неопределенности представления ущерба;
- вероятности.

Как указывается в [125], риск, как мера опасности ОПО, представляется векторной величиной, составляющими которой являются четыре вышеуказанных компонента.

Представление риска ОПО векторной величиной объясняется в [125] тем, что для редких факторов (редких аварий с тяжелым ущербом, например, аварий типа Чернобыльской) отсутствует статистика (отсутствует закон распределения вероятностей появления редких факторов). Поэтому нельзя представить риск как «средне-математический ожидаемый ущерб». Остается характеризовать риск с помощью двух независимых компонентов – вероятности и ущерба.

По нашему мнению, это объяснение несостоятельно, так как, если нет статистики, то нет и вероятности. Если же эта вероятность определяется с помощью имитационных моделей, то можно построить закон распределения вероятности с использованием таких же моделей.

Представляется, что механизм оперирования риском, представляемый в виде вектора, сложен для психологического восприятия субъекта. Его введение на современном этапе пока не совсем обоснованно.

Наконец, выясним как «работает» мера опасности, представляемая мультипликативно-аддитивной связностью типа (3.34), (3.35), (3.37) для случаев, когда функции  $p(I/I_0)$ ,  $p(I_0)$  представляются, соответственно, дельта-функциями  $\delta(I)$ ,  $\delta(I_0)$  ( $\delta$  – функция Дирака), т.е. в случаях достоверных событий.

Подстановка  $\delta(I)$  вместо  $p(I/I_0)$  в (3.34) дает интегральные потери (суммарный нормированный максимально возможный ущерб). Подстановка  $\delta(I_0)$  в (3.37) приведет в итоге к тому же результату.

## Конспект лекции № 2.

### Определение «безопасности» грузоподъемных машин как опасных промышленных объектов.

Выполненный анализ известных определений и данное толкование риска как меры опасности не претендуют на абсолютную полноту освещения проблемы. Вместе с тем автор полагает, что представленное изложение позволит сузить неопределенность в представлениях о риске и, следовательно, более эффективно управлять им.

Целесообразно, высказать ряд конкретных положений, заключающихся в следующем:

1. Толкование риска как меры опасности ОПО вполне адекватно психологическим концепциям субъекта и общества, действующих в условиях неопределенности.

2. Применительно к проблемам оценивания (измерения) опасностей, связанных с чрезвычайными ситуациями природного, техногенного и социогенного характера, удовлетворительными и достаточно общими мерами этих опасностей являются меры, представляемые мультипликативно-аддитивными связностями вероятности неблагоприятных событий и объемов таких событий. Количественно эти меры опасности определяют ожидаемые средние объемы событий (средние ущербы). При этом ущерб можно толковать как любое отклонение нематериальных и (или) материальных благ человека, общества и государства от их номинальных (в частности, нормативных и правовых) значений.

3. Определение риска, данное в ГОСТ Р 22.0.02-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения», не полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к управляемым параметрам (целевым функциям, функционалам управления и др.) системы обеспечения природно-техногенной безопасности общества. Более адекватным по отношению к целям управления опасностью при ЧС определением риска было бы то, которое исходит из сущности мультипликативно-аддитивной связности объективной возможности неблагоприятных событий и объемов таких событий (см. (3.34), (3.35) и (3.37)).

4. Создание правовых механизмов решения социально-экономических, информационных и других государственных проблем на основе методов управления рисками [137] (в том числе и проблемы обеспечения природно-техногенной безопасности населения) в условиях неопределенностей обуславливает целесообразность официального закрепления в соответствующих нормативных и правовых актах понятия риска как количественной меры опасности.

## Теоретические основы рискологии

Наконец, о соотношении понятий «опасность» и «безопасность». Понятие «безопасность» закреплено в Законе РФ «О безопасности». Оно толкуется как «состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз». Первая морфема слова «безопасность» (префикс «без») семантически определяет абсолютное отсутствие опасности для субъекта (объекта), что соответствует нулевому риску. Таким образом, понятие «безопасность» тождественно понятию «опасность» только при условии, что последняя, как таковая, отсутствует. Поэтому «безопасность» характеризуется как бы точечными, а не «интервальными» значениями меры опасности. В связи с этим корректно говорить об «управлении опасностью» и не совсем корректно об «управлении безопасностью», в лучшем случае – об «управлении риском», как мерой опасности [132, 138-140].

Постепенно происходит становление безопасности как отрасли научного познания, однако преждевременно говорить о ней как о сформировавшейся научной дисциплине. Пока нет устоявшейся терминологии, что в свою очередь обусловлено отсутствием упорядоченной, четкой и непротиворечивой системы понятий. Это ведет к путанице понятий, разнобою в нормативных документах и взаимному непониманию сторон в дискуссиях при рассмотрении претензий, прогнозировании и разработке планов, а также принятии решения. Употребляя термин «безопасность», участники обсуждения на самом деле часто имеют в виду разные понятия. И при этом каждый из них может быть по-своему прав [141].

Предложенные в отечественной литературе в последнее время определение понятия «безопасность» разнятся. Наиболее часто безопасность трактуется как состояние защищенности (однако при этом не раскрывается смысл понятия «защищенность»). Например, в работе [139] говорится, что безопасность – состояние защищенности отдельных лиц, общества и природной среды от чрезмерной опасности.

В работе [142] утверждается, что «Опасность и риск – синонимы..., а безопасность имеет противоположное значение. Эти категории выражают социально осмысленную оценку потери устойчивости: чем она выше, тем выше безопасность, меньше риск, и наоборот». В работе [140] о «безопасности» также говорится как о понятии, противоположном понятию «опасность», а затем утверждается, что «опасности суть ложные, превращенные или превратные формы нашего сознания дефицита собственных средств и методов работы ... За «опасностью» кроются характеристики наших систем деятельности, а не их материала – природного или технического». Тем самым отрицается объективная основа опасности.

Есть попытки определить безопасность как свойство предмета, исходя из предположения, о возможности выделить особый класс безопасных предметов.

Представляется, что попытки создать понятийную базу безопасности нельзя признать до конца удачными, так как не выстроен логически последовательный понятийный ряд и не уделено достаточного внимания относительной природе некоторых важных понятий. Следует также отметить, что о безопасности, как правило, говорится как о проблеме, относящейся только к человеческому обществу и природной среде как месту обитания человека, назначение которой состоит в обслуживании потребности последнего.

Попробуем выстроить логическую последовательность понятий, ведущую к определению понятия «безопасность грузоподъемных машин», основываясь на опыте привычных как для специалистов ядерной энергетики, так и специалистов других отраслей знания.

## Теоретические основы рискологии

Окружающий нас мир можно представить как совокупность систем, где подсистемой понимается выделенная по определенным признакам часть этого мира, внутри которой есть определенные связи, позволяющие рассматривать ее как целое по отношению к другим системам. Разбиение на системы зависит от выбора критериев и является, строго говоря, неоднозначным. Взаимодействие данной системы с другими и внутренняя динамика развития приводят к изменениям системы. Изменения можно определить как переход между ее состояниями. По отношению к какой-либо выделенной системе остальные системы, с которыми она взаимодействует или потенциально может взаимодействовать, образует «окружающую среду». Отвлекаясь от изменений в окружающей среде, порождаемых ее взаимодействием с данной системой, можно говорить о таком взаимодействии как о воздействии на данную систему. Вид элементов системы и взаимосвязи между ними определяют структуру и свойства системы, в том числе и такое свойство, как реакция на внешнее воздействие.

Для рассмотрения безопасности как системного понятия введем понятие «эксперт», который классифицирует происходящее с данной системой (или, как часто говорят, «объектом безопасности») изменения, определяя их как позитивные, негативные или нейтральные. Сам оценщик при этом может быть как вне, так и внутри системы. В зависимости от целевых установок эксперта одни и те же изменения могут трактоваться им как позитивные, так и негативные. Допустим, что интересующие эксперта изменения системы можно выразить некой величиной, в случае позитивных изменений называемой выгодой, негативных – убытком или потерями. Нейтральные изменения экспертом по определению игнорируются как не имеющие для него значения. Возможны ситуации, когда одна часть параметров системы меняется в позитивном, другая – в негативном направлении. Тогда общий эффект изменений системы с точки зрения эксперта определяется как разность выгоды и убытка.

Если нежелательные последствия преобладают и общий эффект негативен, то системе причинен ущерб. Определим: ущерб – негативный эффект происходящих в данной системе изменений.

Наличие опасности означает, что возможно такое внешнее воздействие или/и такое развитие внутренних процессов, в результате которых системе будет нанесен ущерб. Соответственно дадим определение: опасность – возможность того, что данной системе будет нанесен ущерб.

Имея в виду качественные различия типов, происходящих в системе неблагоприятных изменений и видов воздействия на нее, можно говорить о технической, экологической, пожарной, химической, радиационной и других видах частной или парциальной опасности и соответственно парциальном ущербе. Полный ущерб складывается из парциальных ущербов с поправкой на синергетические эффекты [143 - 147].

Причины, вызывающие опасность, могут быть связаны как с внешними системами, воздействующими на данную систему и являющимися внешними источниками опасности и/или вредными факторами, так и с процессами, протекающими внутри самой системы, и/или ее свойствами.

## Теоретические основы рискологии

Теперь введем понятие «ЛПР» (лицо, принимающее решение): оно может влиять на ситуацию, где есть возможность причинения ущерба. В своих действиях ЛПР руководствуется классификацией, даваемой экспертом. ЛПР может находиться как вне, так и внутри системы, о безопасности которой идет речь и, в частности совмещать функции оценки и управления, что часто и бывает. Например, человек, выбирающий ту или иную линию поведения, является для себя одновременно объектом безопасности, экспертом и ЛПР. Разная стратегия управления будет по-разному влиять как на вероятность имеющих значение для эксперта событий, так и на ущерб, причиненный этими событиями.

Для оценки эффективности ЛПР удобно ввести понятие «риск» как меру опасности, возможной при разной стратегии управления, включая риск при отсутствии управления. Определим: риск – мера опасности, характеризующая возможность причинения ущерба и его тяжесть. Тяжесть применительно к ущербу указывает на то, что тем или иным образом оценивается масштаб ущерба. Это определение включает в себя как частный случай широко применяемые на практике методы исчисления риска как математического ожидания ущерба, что близко к подходу, распространенному в зарубежной научной литературе. Так, в работе [148] принято, что «риск определяется нежелательными последствиями данной деятельности и вероятностью того, что они могут наступить». В терминах риска принято описать и опасность достоверных событий, например, опасность, обусловленную отходами производства.

Вообще говоря, понятия «опасность» и «риск» близки, хотя обычно опасность выступает как характеристика состояния или объекта (опасная дорога, опасный фактор и т.д.), риск – как характеристика действия (рискованное поведение, рискованный шаг и т.д.).

Поскольку любая организация общества неизбежно ведет к тому, что отдельные его члены зависят в том или ином смысле от решений, принимаемых другими, помимо добровольного риска, сознательно принимаемого членами общества, для них есть также вынужденный риск, обусловленный решениями, принятыми без учета их желания.

Классифицируя риск по различным признакам, можно вычленил тот или иной аспект задачи. Не претендуя на полноту, можно отметить следующие часто употребляемые способы классификации: по месту и времени – локальный и интегральный риск; по полноте охвата – парциальный и суммарный; по типу опасности и характеру повреждений (для парциального риска) – химический, радиационный и др.; по добровольности принятия – добровольный и вынужденный; по приемлемости – чрезмерный, приемлемый, ничтожный (пренебрежимый).

Приемлемость риска определяет эксперт, разбивая шкалу значений риска на три области. Одну из них образуют пренебрежимый, т.е. с точки зрения эксперта не имеющий значения риск, другую – риск столь большой, что эксперт считает его чрезмерным и неприемлемым. Между ними располагается третья группа – приемлемый риск, размер которого не столько мал, чтобы с ним не считаться, но в тоже время и не настолько велик, чтобы считать его чрезмерным. Понятие «приемлемого риск» последовательно используется в документах МКРЗ (см.: Радиационная защита. Рекомендации международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ). Публикация № 26. Пер. с англ. – М.: Атомиздат, 1978. – 88 с.), а также в концепциях, принятых правительствами ряда стран по защите окружающей среды [148].

## Теоретические основы рискологии

В настоящее время и обозримом будущем риск для любых земных систем не может быть сведен к нулю хотя бы уже потому, что есть конечная (и не пренебрежимо малая) вероятность столкновения Земли с крупным небесным телом, которое вызовет глобальную катастрофу. Поэтому, а также исходя из философской концепции об ограниченности на любой момент времени суммы знаний о мире, можно постулировать: какой бы ни была оснащённость системы, всегда найдется другая, воздействие которой вызовет ущерб. Не только в науке, но и в сфере практической техники все более осознаётся невозможность создать абсолютно безопасную промышленную технологию, тем более для производства, где требуется концентрация энергии или/и опасных веществ [59]. Поэтому не имеет смысла определять безопасность как полное отсутствие опасности, ибо такое определение бесполезно. Абсолютной безопасности нет, и сейчас невозможно представить, как ее можно обеспечить. С нашей точки зрения не имеет смысла и определять ее как обратную к опасности (или риску) величину по принципу «чем больше опасность, тем меньше безопасность», так как в этом случае понятие безопасности не имело бы независимого значения. Впрочем, в работе [139] вводится шкала безопасности, причем в качестве единиц измерения используются показатели здоровья человека и состояния окружающей среды. Одновременно вводится шкала опасности, где единицей измерения служит масштаб риска. Таким образом, шкалы опасности и безопасности при таком подходе разносятся и становятся непосредственно несопоставимыми.

Представляется более логичным трактовать безопасность для данной системы как такое состояние этой системы и систем, с ней взаимодействующих или потенциально взаимодействующих, при котором суммарный риск не превышает некоторого, вообще говоря, малого, порогового значения, определяемого экспертом в соответствии с принятой им системой ценностей. Поэтому логично считать, что (первый вариант определения понятия «безопасность») безопасность – пребывание данной системы в условиях несущественного риска. Это определение соответствует и буквальному смыслу слова «безопасность», т.е. без опасности. Однако в сложившихся к настоящему времени условиях высокой техногенной опасности [96, 149-151] и загрязнения природной среды такое определение было бы излишне идеализированным. Поэтому проблемы управления риском решаются сейчас в большинстве случаев исходя из того, что (второй вариант определения понятия) безопасность – пребывание данной системы в условиях приемлемого риска. В зарубежной литературе принцип приемлемого риска известен как принцип ALARA: т.е. так низко, насколько это достижимо в рамках разумного.

При любом из приведенных определений нет меры и соответственно шкалы безопасности; значение имеет лишь не превышение уровня риска, ограничивающего сверху область безопасности, или, иными словами, порога безопасности.

Подобно тому, как говорят об отдельных видах опасности, можно говорить о парциальной (пожарной, химической, радиационной, финансовой и др.) безопасности и соответствующих парциальных порогах.

Отметим, что в рамках излагаемой концепции в позиции объекта безопасности может быть любой предмет (система) – как одушевленный, так и неодушевленный, как разумный, так и неразумный. Позиция эксперта предполагает наличие разума, достаточного для классификации изменений состояний объекта безопасности, а позиция ЛПР – для выбора стратегии поведения (управления).

## Теоретические основы рискологии

Рассмотрим принцип относительности безопасности. Можно указать, по меньшей мере, на пять аспектов относительно безопасности. Рассматривая конкретные проблемы безопасности, нужно четко понимать, о безопасности какой системы идет речь, с каких позиций рассматриваются изменения в системе (кто эксперт), как определена область безопасности (приемлемый или только несущественный риск), какой порог безопасности; какова динамика процессов, влияющих на изменение оценок риска и установление порога безопасности (вечной безопасности нет).

При определении границ приемлемого риска (и это касается не только ядерного регулирования) большую роль играют характер общества, степень развития экономики, природные условия, традиции, степень интеграции в мировое хозяйство, предпочтения и склонности отдельных индивидуумов (особенно лиц, принимающих решение) и многие другие обстоятельства места и времени. Общий принцип, видимо, можно определить так: приемлемым является уровень риска техногенной деятельности, который общество готово принять ради получаемых экономических и социальных выгод. Это означает, что суммарный общественный эффект такой деятельности должен быть позитивным (объект безопасности и эксперт – общество в целом). Ясно, однако, что при этом ввиду относительности безопасности интересы отдельных индивидуумов или групп граждан затрагиваются неравномерно. В конце концов, задача определения порогов безопасности или уровней приемлемого риска представляет собой часть общей проблемы выбора оптимальных способов учета различных интересов и распределения средств.

Естественно, с течением времени многие факторы, влияющие на выбор приемлемого риска, меняются. Соответственно должны пересматриваться и границы безопасности. Если развитие идет по восходящей траектории от удовлетворительного к хорошему, от хорошего к лучшему, то со времени в качестве области безопасности, возможно, будет выбираться лишь область пренебрежимого риска.

Следует сказать, что защищенность нельзя понимать только как свойство объекта безопасности, ибо на самом деле понятие шире и предполагает: 1) наличие у объекта безопасности свойства высокой способности противостоять вредным воздействиям, благодаря которому риск может быть снижен до достаточно низкого уровня; или/и 2) присутствие внешних систем, воздействие которых на факторы опасности и/или сам объект безопасности обеспечивает аналогичный эффект снижения риска путем повышения способности объекта безопасности противостоять вредным воздействиям и/или путем компенсации причиненного ему ущерба.

## Теоретические основы рискологии

Для финансовой безопасности широко применяется страхование. Причем страховщик является внешней системой безопасности, гарантирующей компенсацию ущерба. Сам страховщик защищается от чрезмерного риска путем перестрахования. В этом случае уже перестраховщик находится в позиции внешней защитной системы в отношении страховщика, рассматриваемого как объект безопасности. Чтобы страховать риск компаний, эксплуатирующих ОПО, на мировых рынках страховых услуг созданы специальные картели [152, 153]. Методы управления риском являются научным инструментом, дающим возможность выбирать линию поведения в современном насыщенном техногенными опасностями мире. При этом используются методики исчисления имеющегося и будущего риска. Кроме того, широко применяются методы, позволяющие оценить эффективность мероприятий, которые проводятся на объекте безопасности или предполагают использование внешних защитных систем. Разработаны методы, дающие возможность оценить эффективность воздействия на внешние источники опасности, направленного на уменьшение порождаемых этими источниками угроз. В современной литературе последний способ известен как воздействие на источник опасности [155, 156].

Как понимать в рамках предлагаемой концепции смысл определения «безопасный» в часто употребляемых словосочетаниях безопасный предмет и безопасный объект? Ведь в силу принципа относительности безопасности всегда может найтись такая система (как объект безопасности), такие условия ее взаимодействия с данным безопасным предметом (объектом) и/или такое воздействие на этот предмет (объект), что риск окажется существенным. Тем не менее, употребление определения «безопасный» допустимо, если оно применяется в отношении предмета (объекта), эксплуатируемого в определенной области условий, когда связанное с ним повышение риска для заданного класса (или набора) объектов безопасности не приводит к выходу за пределы порога безопасности.

Проектируя, сооружая и эксплуатируя объекты технического назначения, следует четко отслеживать возникающие при этом отношения безопасности, которые могут иметь свою специфику для разных стадий жизненного цикла объекта. Разработка безопасных технических устройств и их применение в условиях, когда безопасность действительно может быть обеспечена, имеет большое значение и помогает понизить техногенный риск [61, 63].

Относительность безопасности даже в случае применения безопасных технических средств, в конечном счете, означает, что на практике следует считаться с разнообразием интересов различных затронутых данным техническим объектом сторон.

Нет необходимости отказываться от прочно вошедших в современный лексикон выражений типа более безопасная грузоподъемная машина, кран повышенной безопасности и т.п. В то же время хотелось бы отметить, что сопоставление, т.е. признание данного технического объекта более безопасным в сравнении с другими проводится, как правило, по уровню риска. Иными словами, сравнение на самом деле идет по шкале, измеряющей опасность.

В заключении укажем, что представленный системный взгляд на безопасность ОПО в отличие от большинства других работ (например, [139, 140, 142]) носит общий характер. Многие авторы определяют безопасность как состояние защищенности. Если же понимать защищенность так, как это сделано в настоящей работе, то понятие безопасности шире понятия защищенности.

## Теоретические основы рискологии

В работе [142] безопасность ОПО также рассматривается с системной точки зрения, и выделяются три позиции в обществе, характеризующие определенное положение некоторого субъекта-деятеля в ситуации обеспечения безопасности. Однако весь ход рассуждений и принятое понятие безопасности значительно отличаются от здесь изложенных.

В настоящей работе особое внимание уделено относительному характеру безопасности ОПО и отмечена важность выделения и всестороннего изучения различных отношений безопасности в случае принятия решений.

В силу системного подхода и относительного характера безопасности ОПО определение ее как свойства предмета является неточным, хотя понятие безопасный предмет можно использовать с учетом его относительности.

Порог безопасности ОПО определяет стандарт безопасности, хотя в рамках излагаемой концепции пока нет шкалы безопасности, можно сопоставлять стандарты безопасности в различных отраслях или разных странах. Более низкий уровень приемлемого риска, т.е. более жестко установленный порог безопасности дает основание говорить о более высоком стандарте безопасности.

## Конспект лекции № 3.

### Обоснование приемлемого риска грузоподъемных машин.

К основным факторам, влияющим на степень риска грузоподъемных машин относятся:

1. Уровень организационно-технических возможностей организации-страхователя по безаварийной эксплуатации ОПО;
2. Уровень качества эксплуатации ОПО;
3. Уровень, качество и периодичность контроля технического состояния ОПО;
4. Срок службы (остаточный ресурс) и соответствие состояния объекта требованиям действующих правил и норм по безопасности;
5. Уровень аварийности при эксплуатации ОПО в составе организации – владельца;
6. Наличие нарушений требований надзорных органов, допущенных организаций – владельцем при эксплуатации ОПО;
7. Технологические особенности ОПО;
8. Наличие и состояние систем и приборов безопасности, контроля и средств противоаварийной защиты;
9. Объем производства, уровень и состояние технологического процесса и основного технологического оборудования;
10. Наличие и состояние средств предотвращения аварий и борьбы с ними, средств автоматического и дистанционного управления технологическими процессами, средств связи, аварийной сигнализации и пожаротушения, систем аварийной вентиляции, освещения, энерго- и водоснабжения;

Теоретические основы рискологии

11. Месторасположения ОПО: подверженность внешним рискам, расстояние до близлежащих объектов (здания и сооружения соседних предприятий, жилые и общественные здания, железные и автомобильные дороги, лесные массивы, водоемы, котлованы и пр.);
12. Наличие соответствующих нормативных технических и методических документов, правил, рабочих инструкций и качество их исполнения;
13. Соблюдение требований к содержанию и оформлению отчетных документов.

Каждая категория грузоподъемных машин может характеризоваться дополнительными специальными факторами, влияющими на степень риска, которые должны быть учтены при идентификации объектов определенной категории (либо типов).

Процесс анализа риска грузоподъемных машин должен содержать последовательность следующих основных процедур: 1) обоснование приемлемого риска; 2) идентификация опасностей; 3) оценка риска с анализом неопределенности и точности результатов; 4) разработка рекомендаций по уменьшению риска; 5) управление риском.

Обоснование уровня приемлемого (допустимого) риска осуществляется на основании критериев, задаваемых нормативно-правовой документацией, либо полученных в результате анализа статистических данных по авариям (несчастным случаям) [101, 156]. Главным требованием к выбору уровня приемлемого риска является его обоснованность и определенность в зависимости от класса безопасности, категории сейсмостойкости и классификации грузоподъемных машин (табл. 3.2).

Таблица 3.2

**Рекомендуемые значения приемлемого (допустимого) риска в зависимости от класса безопасности, категории сейсмостойкости и классификации грузоподъемной машины**

Класс безопасности грузоподъемных машин	Категория сейсмостойкости грузоподъемных машин	Классификация грузоподъемных машин: гр – группа; п/гр – подгруппа	Показатель безопасности	
			Приемлемый риск аварии грузоподъемной машины сооружения в целом (1/год)	Приемлемый риск аварии системы подъема грузоподъемной машины сооружения (1/год)
1	I	грI/п/грА	$10^{-5}$	$10^{-6}$
2	II	грI/п/грБ	$10^{-4}$	$10^{-5}$
3	III	грI/п/грВ	$10^{-4}$	$10^{-4}$
4	III	грII	$10^{-3}$	$10^{-4}$

Критериями для определения уровня приемлемого риска должны служить:

- 1) Законодательство по промышленной безопасности;

Теоретические основы рискологии

- 2) Правила и нормы по безопасности [157 – 165];
- 3) Дополнительные требования специально уполномоченного органа (Ростехнадзора и его региональных органов) [166, 167];
- 4) Статистические сведения об авариях и несчастных случаях, а также их последствиях;
- 5) Опыт практической деятельности.

**Конспект лекции № 4.**

**Алгоритмы и структура процесса идентификации опасностей грузоподъемных машин.**

**Алгоритм идентификации опасностей грузоподъемных машин**

Процедурой идентификации опасностей является выявление (на основе представленной информации об объекте, данных экспертизы, опыта работы подобных систем, документирования частоты отказов и др.) и четкое описание всех присущих объекту опасностей в отношении самого объекта, персонала, имущества, третьих лиц и окружающей среды. На начальном этапе идентификации производится предварительный анализ опасности по установленным практикой и относящихся к конкретному типу грузоподъемных машин критериям с учетом статистических данных [60].

Идентификация опасностей включает в себя [168]:

- 1) Сведения об известных авариях (несчастных случаях) по причинам и типам грузоподъемных машин (табл. 3.3) [66].
- 2) Анализ условий возникновения и развития аварий (несчастных случаев) с выявлением возможных причин возникновения и развития аварийных ситуаций, с учетом технического состояния грузоподъемных машин, возможных ошибочных действий персонала, внешних воздействий природного и технического характера;
- 3) Определение сценариев возможных аварий (несчастных случаев);
- 4) Обоснование применяемых для оценки опасностей физико-математических моделей и методов расчета, в т.ч. метода вычислительного эксперимента и методов вероятностного анализа безопасности (ВАБ).

Таблица 3.3

**Фактические значения технического риска  $Q_T$  аварий грузоподъемных машин**

№ п/п	Объект риска	Мера риска, (1/год)*	Вид риска
1.	Грузоподъемные краны грI/п/грВ и грII	$4,4 \cdot 10^{-4*}$	Технический риск $Q_T$
1.1.	Мостовые краны	$8,7 \cdot 10^{-6}$	– // –
1.2.	Автомобильные краны	$2,2 \cdot 10^{-4}$	– // –

Теоретические основы рискологии

1.3.	Портальные краны	$3,8 \cdot 10^{-4}$	- // -
1.4.	Пневмоколесные краны	$5,7 \cdot 10^{-4}$	- // -
1.5.	Козловые краны	$8,7 \cdot 10^{-4}$	- // -
1.6.	Башенные краны	$2,2 \cdot 10^{-3}$	- // -
1.7.	Железнодорожные краны	$2,3 \cdot 10^{-3}$	- // -
1.8.	Гусеничные краны	$10,0 \cdot 10^{-3}$	- // -

\* среднее значение риска (1/год)

Рекомендуется рассматривать четыре группы опасностей:

- Опасность, связанная с ошибочными действиями персонала;
- Опасность, связанная с техническим состоянием грузоподъемных машин;
- Опасность, связанная с взаимодействием грузоподъемных машин и окружающей средой;
- Опасность, связанная с величиной поднимаемого груза и цикличностью (интенсивностью) работы грузоподъемных машин.

К первой группе опасностей относятся:

- 1) Опасности, связанные с нарушением должностных и производственных инструкций, в т.ч. Правил и норм по безопасности [157 - 163];
- 2) Опасности, связанные с отсутствием или неправильным составлением планов (проектов) производства работ (ППР);
- 3) Опасности, связанные с недостаточной квалификацией или допуском к работе не аттестованных работников (персонала);
- 4) Опасности, связанные с пренебрежением к эргономическим показателям грузоподъемных машин;
- 5) Опасности, связанные с внезапной потерей работоспособности, ухудшением самочувствия (здоровья) оператора и персонала.

Ко второй группе опасностей относятся:

- 1) Опасности, связанные с травмированием людей металлоконструкциями, узлами и агрегатами грузоподъемных машин;
- 2) Опасности, связанные с воздействием электрического тока;
- 3) Опасности, связанные с неисправностью механизмов, агрегатов и деталей грузоподъемных машин;
- 4) Опасности, связанные с неисправностью, отказом в работе или неправильной установкой приборов и устройств безопасности;
- 5) Пожароопасность.

Основные результаты идентификации и структура процесса идентификации ОПО приведены в п. 3.5.

Грузоподъемные машины эксплуатируются в комплексе с другими объектами (оборудованием, зданиями, объектами природного происхождения), и не исключено влияние таких объектов на безопасность эксплуатации грузоподъемных машин. В соответствии с этим к третьей группе опасностей относятся:

- 1) Опасности, связанные с неисправностью путевого оборудования и подкрановых рельсовых путей [169 - 172];

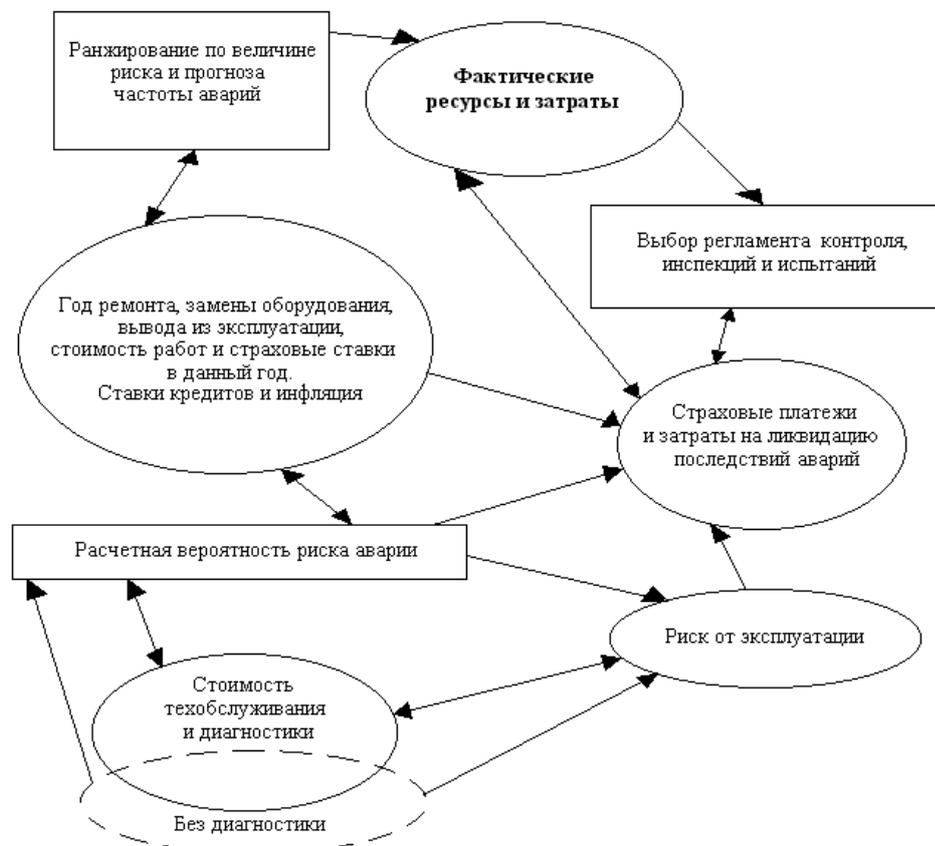
Теоретические основы рискологии

- 2) Опасности, связанные с неправильным расположением (установкой) грузоподъемных машин;
- 3) Опасности, связанные с метеорологическими (ветровыми) условиями [167, 173];
- 4) Опасности, связанные с сейсмичностью зоны эксплуатации грузоподъемных машин [86 - 90].

К четвертой группе опасностей относятся условия эксплуатации грузоподъемных машин: группы режима работы, время использования, возможность перегруза, либо поднятие «мертвого» груза и др., влияющих на развитие уже существующих опасностей (дефектов) [174-178].

Результатом идентификации опасностей является установление значимого перечня нежелательных событий, приводящих к аварии или несчастному случаю. Значительными признаются события, частота которых больше уровня приемлемого (допустимого) риска (см. табл. 3.3 гл. 3).

Идентификация опасностей завершается выбором дальнейших действий процедуры анализа риска: 1) прекращение дальнейшего анализа ввиду незначительности опасностей (частота выявленных критериев опасности меньше уровня приемлемого риска); 2) проведение более детального анализа риска и выработка рекомендаций по уменьшению риска (управлению риском).



**Рис. 3.2. Схема взаимосвязи факторов, влияющих на риск аварий грузоподъемных машин**

Схема взаимосвязи решающих факторов оптимизации объема и сроков диагностических работ, работ по ремонту, замене оборудования и техническому обслуживанию грузоподъемных машин приведена на рис. 3.2.

Теоретические основы рискологии

На основе анализа взаимосвязи и влияния решающих факторов на уменьшение риска, разрабатывается «Ведомость рекомендаций по уменьшению риска (управлению риском)» табл. 3.4.

Таблица 3.4

**Ведомость рекомендаций по уменьшению риска аварий (управлению риском) грузоподъемных машин**

№ п/п	Группа и факторы опасности	Нормативный документ по безопасности	Пункт нормативного документа	Рекомендации по уменьшению риска	Предельные сроки реализации рекомендаций
Меры организационного характера					
1					
2					
3					
...					
Меры технического характера					
1					
2					
3					
...					

Согласовано:

Председатель экспертной комиссии

Руководитель предприятия-владельца  
Опасного производственного объекта

\_\_\_\_\_

(подпись Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_

(подпись Ф.И.О.)

Члены экспертной комиссии:

\_\_\_\_\_

(подпись Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_

(подпись Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_

(подпись Ф.И.О.)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_  
(дата, год)

## **Структура процесса идентификации опасностей грузоподъемных машин.**

Основная задача идентификации опасностей. Основная задача этапа идентификации опасностей – выявление (на основе информации о безопасности данного объекта, данных экспертизы и опыта работы подобных систем) и четкое описание всех присущих системе опасностей. Это ответственный этап анализа, так как не выявленные на этом этапе опасности не подвергаются дальнейшему рассмотрению и исчезают из поля-зрения при проведении анализа риска [168].

На начальном этапе идентификации проводится предварительный анализ опасностей с целью выявления опасных подсистем (блоков) технологической системы промышленного объекта. При этом обосновываются критерии опасности подсистем на данном этапе. Результаты предварительного анализа риска аварий и применение методов идентификации опасностей дают возможность определить, какие элементы, блоки или процессы в технологической технической системе требуют более серьезного анализа и какие представляют меньший интерес с точки зрения безопасности.

Результат идентификации опасностей – перечень нежелательных событий, приводящих к аварии. Идентификация опасностей завершается также выбором дальнейшего направления деятельности. Это может быть:

- Решение прекратить дальнейший анализ ввиду незначительности опасностей;
- Решение о проведении более детального анализа риска;
- Анализ риска аварий (при значительной опасности);
- Выработка рекомендаций по уменьшению опасностей.

Процесс идентификации грузоподъемных машин как ОПО приведен на рис. 3.3.

Основные принципы идентификации опасностей. В процессе идентификации опасных сооружений как опасных производственных объектов рекомендуется учитывать основные принципы идентификации, которые отражают специфические особенности ПС как опасных производственных объектов.

1. Необходимо выявить все опасные производственные объекты в составе организации-страхователя (принцип зонирования опасных производственных объектов). При этом в качестве объединяющего критерия используют производственную площадку (или производственное здание), на которой осуществляется технологический (-ие) процесс (-ы).

Как правило, в качестве опасного производственного объекта рекомендуется выделять предприятие, расположенное на одной производственной площадке.

В случае если предприятие размещается на нескольких производственных площадках, удаленных друг от друга на расстояние 50 метров, каждая из площадок рассматривается как отдельный опасный производственный объект.

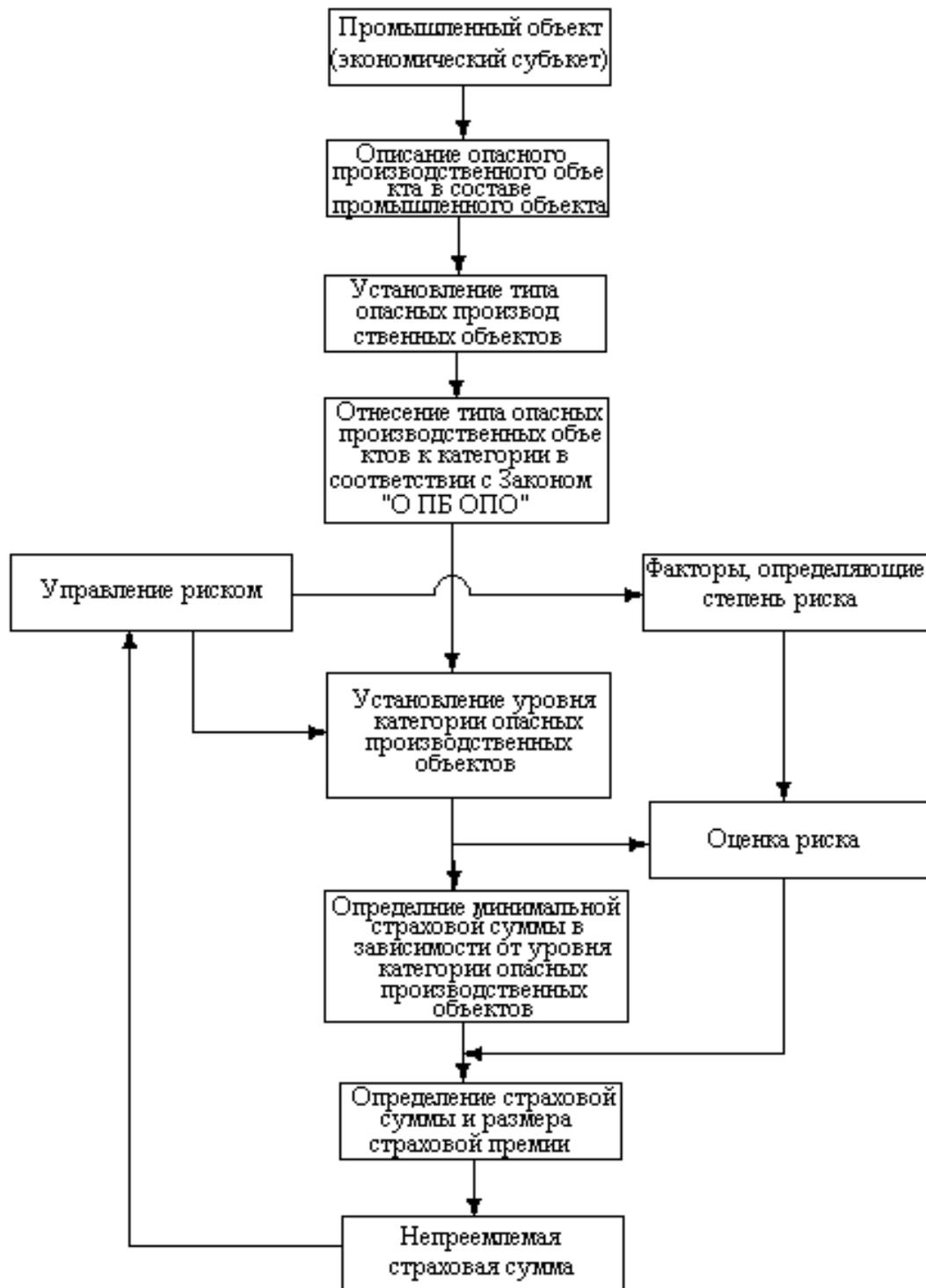
### Теоретические основы рискологии

2. Необходимо выявить и зафиксировать в заключении экспертизы все признаки опасности и тип каждого, опасного производственного объекта в составе организации страхователя (принцип полноты и достоверности идентификации опасных производственных объектов).

3. В случае если объект обладает несколькими признаками опасности, его рекомендуется относить к тому типу, для которого размер минимальной страховой суммы наибольший (принцип поглощения более опасным типом менее опасного).

Так, например, при одновременном наличии на объекте признаков опасности, характерных как для первого, так и второго (или третьего) типа опасных производственных объектов, такой объект относится к опасным производственным объектам первого (наиболее опасного) типа и минимальная страховая сумма для него составит 70 тысяч МРОТ. Или, при одновременном наличии на объекте признаков, характерных для второго и третьего типа опасных производственных объектов, такой объект относится к опасным производственным объектам второго типа и минимальная страховая сумма составит 10 тысяч МРОТ.

## Теоретические основы рискологии



**Рис. 3.3. Процесс идентификации грузоподъемных машин как ОПО**

4. В случае, если объект обладает несколькими признаками опасности, характерными для одного типа опасных производственных объектов размер минимальной страховой суммы не зависит от количества указанных признаков (принцип независимости).

### Теоретические основы рискологии

Так, например, при одновременном наличии на объекте нескольких признаков первого типа опасных производственных объектов (обращение двух(или более) видов опасных веществ – воспламеняющихся газов, токсичных веществ, высокотоксичных и прочее, в количестве каждого вещества, превышающем пороги, установленные Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»). Объект относится к опасным производственным объектам первого типа и минимальная страховая сумма составит 70 тысяч МРОТ.

Либо при наличии на объекте нескольких признаков третьего типа опасных производственных объектов (например, наличие стационарно установленных грузоподъемных механизмов, независимо от их количества, и использование оборудования, работающего под давлением более 0,07 МПа, также независимо от их количества) минимальная страховая сумма составит 1 тысячу МРОТ – как для опасного производственного объекта третьего типа.

Ниже приведем порядок оформления и представления результатов идентификации [168].

Основанием для осуществления идентификации опасных производственных объектов в рамках экспертизы промышленной безопасности является договор между заказчиком и экспертной организацией.

В качестве заказчика экспертизы промышленной безопасности в части идентификации опасных производственных объектов для целей страхования ответственности может выступать страховщик или страхователь.

Сроки проведения идентификации, как правило, определяются сложностью объекта экспертизы, но не должны превышать трех месяцев.

Результаты идентификации в рамках экспертизы промышленной безопасности оформляются в виде заключения экспертизы.

Заключение экспертизы оформляется в соответствии с требованиями Правил проведения экспертизы промышленной безопасности [179] и Положения о порядке утверждения заключений экспертизы [180]. В качестве приложения к заключению прилагаются идентификационные листы опасного производственного объекта, а также сводный лист учета опасных производственных объектов с целью страхования ответственности [181].

Заключение экспертизы оформляется в трех экземплярах. Два экземпляра заключения передаются заказчику, третий остается у экспертной организации. Экземпляр заключения может являться приложением к договору страхования. Результаты экспертизы может быть оспорено заказчиком в установленном порядке. Заказчик передает заключение экспертизы в центральный аппарат или территориальный орган Ростехнадзора для рассмотрения и утверждения в установленном порядке.

Теоретические основы рискологии

Оформленные с нарушениями результаты идентификации опасных производственных объектов, а также выданные заключения экспертизы промышленной безопасности в части идентификации для страхования ответственности, не отражающие (либо неверно отражающие) признаки и условия идентификации, могут быть признаны органами Ростехнадзора недействительными. Такие результаты идентификации не могут быть основой для заключения договора страхования.

Результаты идентификации, проводимой организацией, эксплуатирующей опасный производственный объект, оформляются по установленной форме идентификационного листа опасного производственного объекта (табл. 3.5).

При идентификации с целью страхования также оформляется Сводный лист учета опасных производственных объектов с целью страхования ответственности, заполняемый также по установленной форме [68].

Таблица 3.5

**Идентификационный лист опасного производственного объекта**

1. Опасный производственный объект (ОПО)	
1.1. Полное наименование объекта	
1.2. Местонахождение (адрес) объекта	
2. Признаки опасности объекта*	
2.1. Получение, использование, переработка, образование, хранение, транспортирование, уничтожение опасных веществ, указанных в приложении 1 к Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»	21
2.2. Использование оборудования, работающего под давлением более 0,07 МПа при температуре нагрева воды более 115°C	22
2.3. Использование стационарно установленных грузоподъемных механизмов, эскалаторов, канатных дорог, фуникулеров	23
2.4. Получение расплавов черных и цветных металлов и сплавов на основе этих расплавов	24
2.5. Ведение горных работ, работ по обогащению полезных ископаемых, а также работ в подземных условиях	
3. Тип объекта	
3.1. Объекты с опасными веществами в количестве, равном или превышающем количество, установленное приложением 2 к Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»	
3.2. Не относящиеся к объектам, указанным в п.п. 3.1 настоящего листа объекты с опасными веществами в количестве меньшем, предельного количества, установленного приложением 2 к Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»	
3.3. Не относящиеся к объектам, указанным в п.п. 3.1 и 3.2 настоящего листа объекты, обладающие признаками опасности, указанными в п.п. 2.1-2.5 настоящего листа	
4. Эксплуатирующая организация (в соответствии с учредительными документами)	
4.1. Полное наименование организации	
4.2. Почтовый адрес организации	

4.3. Телефон, факс	
4.4. Ведомственная принадлежность	

\* В п.п. 1.1, 1.2, 4.1-4.4 заполняется свободное правое поле, в правом поле п.п. 2.1-2.5. и 3.1-3.5 знаком V отмечаются коды нужных признаков опасности и типа объекта.

## Конспект лекции № 5.

### Алгоритм метода экспертных оценок риска грузоподъемных машин.

Процедура оценки риска состоит в сопоставлении выявленных опасностей критериям приемлемого риска. При этом как критерии приемлемого риска, так и, соответственно, результаты оценки риска могут быть выражены:

- Качественно (в виде текста, таблиц и др.);
- Количественно (в виде индексов, вероятности возникновения аварии, рублевого эквивалента и др.).

Качественную оценку риска применяют, как правило, для составления заключения о степени (уровне) безопасности грузоподъемных машин.

Количественную оценку риска целесообразно проводить для сравнения источников опасностей объектов (например, при сертификации), выборе приемлемых мер безопасности, а также при сравнении принимаемых проектных решений (проектов) грузоподъемных машин.

Оценка риска в общем случае включает в себя анализ частоты и анализ последствий аварий (несчастных случаев).

При незначительных последствиях (отказ с пренебрежимо малыми последствиями) или крайне малой частоте рассматриваемого события (частота меньше уровня приемлемого риска) достаточно оценить один параметр.

Оценка частоты опасности осуществляется на основе:

- Статистических данных по авариям и несчастным случаям в конкретной отрасли либо регионе;
- Исследования вероятности опасных событий методами вероятностного анализа безопасности (ВАБ), например, методом «дерева отказов» [182 - 184, 155].

Теоретические основы рискологии

В первую очередь оценку частоты опасности выполняют на основе статистических данных, при этом статистическая информация должна быть исчерпывающей (достоверной), относящейся конкретно к анализируемому объекту грузоподъемных машин. Суть количественной оценки частоты неблагоприятного события (аварии, несчастного случая) заключается в установлении наличия частоты возможных нарушений проектных решений при проектировании, монтаже, эксплуатации, ремонте, реконструкции и промышленной экспертизе грузоподъемных машин, относительно сложившейся фоновой частоты.

При отсутствии достоверной статистической информации, либо недостаточной ее представительности, рекомендуется использовать экспертные оценки и методы ранжирования риска, основанные на упрощенных методах оценки.

Качественные и количественные показатели частоты неблагоприятного события связаны соотношениями, приведенными в табл. 3.6.

Таблица 3.6

**Связь количественных и качественных показателей частоты неблагоприятного события**

№ п/п	Ожидаемая частота неблагоприятного события	Количественный показатель частоты (1/год)
1	Частое	Более 1
2	Вероятное	$1 \dots 10^{-2}$
3	Возможное	$10^{-2} \dots 10^{-4}$
4	Редкое	$10^{-5} \dots 10^{-6}$
5	Невероятное	Менее $10^{-6}$

Ранги риска отказов: А – обязателен количественный анализ риска; В – желателен количественный анализ риска; С – можно ограничиться качественным анализом; Д – анализ не требуется (см. табл. 3.12).

Суть качественной оценки частоты неблагоприятного события заключается в использовании логических методов анализа или экспертная оценка путем учета мнения специалистов в данной области, например методом экспертной оценки частоты опасного события.

Метод экспертной оценки частоты неблагоприятного события (опасности) заключается в статистической обработке баллов, выставленных группой квалифицированных специалистов-экспертов по значимым опасностям, установленным на этапе идентификации.

Теоретические основы рискологии

Процедура метода включает несколько этапов, суть которого состоит в следующем:

1. Создается совместным приказом специализированной организации и владельца опасного объекта экспертная комиссия из специалистов в области промышленной безопасности, прошедших аттестацию в системе экспертизы.
2. Устанавливается экспертами параметры шкалы опасности. (Наиболее часто применяемой является 10-ти бальная шкала).
3. Составляется членами комиссии опросные листы (табл. 3.7) для каждого эксперта с указанием значимых опасностей и диапазона (пределы изменения) изменчивости каждого фактора опасности в применяемой балльной шкале.

Таблица 3.7

**Ориентировочная форма опросных листов эксперта**

№ п/п	Факторы опасности (значимые)	Пределы изменения (в баллах)	Фактическая оценка значимости фактора опасности (в баллах)
1			
2			
...			
№			

4. Опросные листы раздаются каждому из экспертов. Эксперты, по каждому из внесенных в опросные листы фактору опасности, в установленном ранее диапазоне, проставляют фактический балл, характеризующий оценку (вес) фактора опасности.

5. Данные из опросных листов заносятся в сводную таблицу (табл. 3.8), где обрабатываются методами математической статистики:

Таблица 3.8

**Сводная таблица метода экспертной оценки**

№ п/п	Факторы опасности (значимые)	Оценка значимости фактора опасности				
		Экспертами			Средняя $f_1$	Относительная $Z_1$
		1-м	2-м	i-м		
1						

Теоретические основы рискологии

2						
...						
№						

5.1. Средняя оценка значимости фактора опасности  $f_i$  определяется как среднее арифметическое оценок всех специалистов-экспертов по формуле:

$$f_i = \frac{\sum_{i=1}^L f_{i1}}{L}, \quad (3.49)$$

где  $f_i$  – оценка значимости  $i$ -того фактора опасности 1-м специалистом-экспертом;  $L$  – число специалистов-экспертов;  $i$  – порядковый номер фактора опасности оценки ( $i = 1...n$ ).

5.2. Относительная оценка значимости фактора опасности, определяется как отношение средней оценки значимости каждого фактора (1) к сумме средних оценок значимости всех факторов:

$$Z_1 = \frac{f_1}{\sum_{i=1}^n f_{i1} L}, \quad (3.50)$$

где  $n$  – число факторов опасности.

6. Данные из табл. 3.7 и табл. 3.8 заносятся в табл. 3.9, после чего последние также обрабатываются методами математической статистики.

Таблица 3.9

**Итоговая таблица метода экспертной оценки**

№ п/п	Факторы опасности (значимые)	Относительная оценка значимости фактора опасности, Z	Фактическая оценка значимости фактора опасности $f_{i1}$
1			
2			
...			
№			

Теоретические основы рискологии

6.1. Определяется оценка индекса опасности, выставленная каждым специалистом-экспертом по опасному объекту в целом:

$$Q_i = \sum_{i=1}^n (f_{i1} \cdot Z_i), \quad (3.51)$$

где  $f_{i1}$  – фактическая оценка  $i$ -го фактора опасности, выставленная 1-м специалистом-экспертом.

6.2. Итоговая оценка индекса опасности производственного объекта определяется по формуле (3.52) с учетом (3.51):

$$Q_1 = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{L}. \quad (3.52)$$

7. На основании итоговой оценки индекса опасности производственного объекта по табл. 3.10 определяют качественные и количественные показатели частоты неблагоприятного события (опасности).

Таблица 3.10

**Связь индекса опасности производственного объекта с качественными и количественными показателями частоты опасности**

№ п/п	Индекс опасности	Качественный показатель опасности	Количественный показатель опасности
1	более 9	частое	более 1
2	6 – 9	вероятное	$1 \dots 10^{-2}$
3	3 – 6	возможное	$10^{-2} \dots 10^{-4}$
4	1 – 3	редкое	$10^{-4} \dots 10^{-6}$
5	менее 1	невероятное	менее $10^{-6}$

Качественная оценка частоты неблагоприятных событий может быть расширена до количественных параметров методами ВАБ [61-65].

Определение вероятности возможных последствий опасных событий и зон их действия предусматривает: 1) оценку числа пострадавших среди персонала и третьих лиц (летальный исход); 2) оценку величины возможного ущерба имущества физических и юридических лиц, а также окружающей среде.

Ущерб от последствий опасного события можно условно разделить на четыре категории (табл. 3.11), в зависимости от категории последствий опасного события.

Теоретические основы рискологии

Предварительный этап оценки риска грузоподъемных машин в зависимости от частоты и категории последствий опасного события завершается выбором дальнейших действий процедуры оценки риска на последующих этапах (табл. 3.12), где:

А – обязателен детальный анализ риска, требуются особые меры по обеспечению безопасности для снижения риска;

В – желателен детальный анализ риска, требуются меры безопасности;

С – рекомендуется проведение анализа риска и принятие мер безопасности;

Д – анализ и принятие мер по обеспечению безопасности не требуется.

**Таблица 3.11**

**Зависимость категории опасного события от ущерба**

№ п/п	Категория последствия опасного события	Категория ущерба	Ущерб от последствий опасного события
1	Катастрофическая	1	Несчастный случай (летальный исход) с персоналом либо третьими лицами: авария объекта I-ой категории: разрушения зданий и сооружений; невосполнимый ущерб окружающей среде и людские потери
2	Критическая	2	Несчастный случай (инвалидный исход) с персоналом либо третьими лицами: авария объекта II-ой категории; частичное разрушение зданий, сооружений; незначительный ущерб окружающей среде
3	Некритическая	3	Легкие травмы обслуживающего персонала: авария III-ей категории
4	С пренебрежительно малыми последствиями	4	Не относящийся по своим последствиям ни к одной из первых трех категорий

Теоретические основы рискологии

При оценке риска в условиях недостатка информации об анализируемом грузоподъемных машин, наличии человеческих ошибок при эксплуатации объекта, которые нельзя точно прогнозировать, появляются неопределенности (неточности) в результатах анализа риска. Источники неопределенностей должны быть идентифицированы и представлены в результатах анализа риска. Результатами идентификации неопределенностей должны являться выводы комиссии по анализу риска, а также мнения каждого специалиста в отдельности.

Таблица 3.12

**Варианты выбора оценки риска в зависимости от частоты и категории последствия опасного события (матрица «вероятность-тяжесть последствий»)**

Ожидаемая вероятность возникновения аварийных отказов (1/год)		Тяжесть последствий			
		Катастрофический отказ	Критический отказ	Некритический отказ	Отказ с пренебрежимо малыми последствиями
Частый отказ	$> 10^{-1}$	A	A	A	C
Вероятный отказ	$10^{-1} - 10^{-2}$	A	A	B	C
Возможный отказ	$10^{-3} - 10^{-4}$	A	B	B	C
Редкий отказ	$10^{-5} - 10^{-6}$	A	B	C	D
Практически невероятный отказ	$< 10^{-6}$	B	C	C	D

Заключительным этапом анализа риска грузоподъемных машин является разработка рекомендаций по уменьшению риска (управлению риском) [138].

## Конспект лекции № 6.

### Принятие решений и риск. Оправданное и неоправданное принятие риска на основе имитационных моделей

Отдельные вопросы управления и нормирования риска. Принятие риска в качестве одного из показателей безопасности технических систем грузоподъемных машин ставит перед специалистами несколько важных задач управления и нормирования, из которых следует выделять главные:

- 1) Обоснование критериальных значений риска;
- 2) Контроль риска;
- 3) Способы верификации расчетных методик оценки риска.

Среди подходов, предложенных для обоснования критериальных значений риска, наиболее приемлем метод экономического анализа безопасности, основанный на учете затрат на обеспечение безопасности и потерь от гипотетических аварий и максимально мыслимых аварий (ММА) [187, 188].

Нормирование безопасности путем задания риска целесообразно осуществлять с учетом рекомендаций ИСО/МЭК-51 «Руководящие положения по включению аспектов безопасности в стандарты» [165]:

- 1) С повышением технической сложности грузоподъемных машин возрастает роль безопасности;
- 2) Абсолютная безопасность грузоподъемных машин не может быть обеспечена, объект может быть только относительно безопасен;
- 3) Требования к уровню безопасности грузоподъемных машин, формирующиеся на основе критерия «приемлемого риска», связаны с социально-экономическим состоянием общества и являются производными этого состояния;
- 4) Определение риска грузоподъемных машин осуществляется путем выявления опасных факторов, влияющих на безопасность, и их количественной оценки;
- 5) Риск грузоподъемных машин не должен превышать уровня, достигнутого для сложных технических объектов с учетом природных воздействий (как правило,  $10^{-6}$ );
- 6) Риск грузоподъемных машин должен быть снижен настолько, насколько это практически достижимо в рамках соответствующих ограничений (принцип ALAP – As Low As Possible) [96, 57];

### Теоретические основы рискологии

7) Не должно быть составляющих риска грузоподъемных машин, резко превышающих другие (аналог принципа равнонадежности, применяемого при обеспечении надежности сложных комплексных технических систем).

При задании норм безопасности должны учитываться социально-этические факторы и уровень культуры безопасности, достигнутый обществом:

1) Индивидуальное отношение к возможности управления риском: индивидуум полагает более приемлемым риск при автомобильных гонках или на арене цирка, так как, возможно, считает, что в этой ситуации он управляет риском; в то же время башенный кран, расположенный рядом с его домом, порождает вынужденный риск;

2) Возможные масштабы последствий: население отрицательно относится к риску, который может привести к гибели 10 человек в одной подъемно-транспортной катастрофе, но принимает риск, связанный с 30 тыс. смертельных случаев в год, связанных с автотранспортными происшествиями;

3) Привычность риска: привычные риски, например, опасность получения травмы при работе с электроприборами без заземления, легче воспринимаются членами общества по сравнению с неизвестными рисками в результате работы ОПО, например, грузоподъемных машин перегружающего отработавшее ядерное топливо;

4) Распределение риска: часто источник опасности обеспечивает определенные выгоды обществу в целом (например, АЭС либо ТЭС, работающие на угле), а риск приходится на людей, живущих вблизи источника опасности.

В качестве реперного значения риска при нормировании безопасности может быть принято значение  $10^{-6}$  нежелательных событий в год, что соответствует средней частоте природных катастроф.

### 3.8. Принятие решений и риск

Во многих странах мира стремительно развивается психология экстремальных и чрезвычайных ситуаций (ЧС). Опыт экстремальных ситуаций исследован многими крупными специалистами [189-191].

## Теоретические основы рискологии

Традиционная психология рассматривала человека вне экстремальных и чрезвычайных ситуаций. Считалось, что наша сенсорная организация достаточна для того, чтобы мы могли адекватно отражать окружающий нас мир. Психологи имели дело с обычными психологическими состояниями людей. Они изучали эмоции и чувства, различные психические процессы (познавательные, волевые, коммуникабельные, эмоциональные). Скажем, специалистов интересовало, каковы пределы человеческой памяти, как влияет на восприятие и запоминание скорость передачи информации. Однако при этом выводы строились не для экстремальных условий.

За последние десятилетия психологи все чаще обращаются к таким психологическим состояниям, которые нарушают привычное течение внутренней жизни человека. С древнейших времен европейцам и азиатским врачам было известно, что в экстремальных ситуациях многообразие человеческих различий утрачивается. Люди, по сути дела, реагируют на опасность либо адекватно, либо пассивным способом [189-191].

Телеэкран, демонстрирующий хронику народного горя, показывает нам людей, вошедших в ступор. Но можно было увидеть и мечущихся, экзальтированных, пребывающих на пределе эмоций жертв ЧС.

Между тем тому, что жертвам ЧС нужна длительная психологическая помощь, практически не придается значения, хотя необходимы программы психологической реабилитации, рассчитанные на долгие сроки.

Такая помощь тем более необходима, так как в наше время тревожность становится чертой характера, а не временным состоянием. Во многом способствует этому наличие фонового риска.

Фактор фонового риска помимо соматической нагрузки несет и психическую, приводя к появлению стресса. К некоторым техногенным рискам у населения сформировались резко тревожные ожидания. Психологически это понятно. Подобные риски объединяет общее свойство: отсутствие непосредственно ощущаемого воздействия на здоровье при одновременном сознании опасности такого воздействия. Такая ситуация порождает излишнюю напряженность за будущее свое и своих детей и является одним из проявлений фонового стресса.

Фоновый риск и связанный с ним фоновый стресс являются "достижением" не одного только технического прогресса. Достаточно напомнить о том напряженно-тревожном состоянии, в котором находятся люди в связи с переходом всех областей деятельности в условия рыночной экономики. И в таком состоянии находятся даже весьма удачливые (на данный момент) субъекты.

### Теоретические основы рискологии

Здесь следует иметь в виду, что субъекты – носители информации в совокупности влияющей как на обработку результатов, так и на установление условия риска и принятие решений, подвержены влиянию как фонового риска, так и фонового стресса. Однако, чтобы избежать двусмысленности и восстановить истинную картину, следует, очевидно, вначале указать на то, что риск – это объективное явление, сопряженное с опасностью, вероятностью неблагоприятных последствий и лишь затем говорить об отражении этого явления в сознании человека и в технических документах.

Все авторы, употребляющие понятие «принятие риска», сходятся в главном: во-первых, оно означает, что риск существует независимо от его восприятия, осознания субъектом деятельности, т.е. как объективный фактор; во-вторых, субъект может выбрать рискованную альтернативу, но может и воздержаться от такого выбора, отдав предпочтение такому варианту действия, который не сопряжен с опасностью, риском, и, наконец, в-третьих, выбор в данном случае осуществляется сознательно, ибо можно бессознательно встать на путь рискованного поведения, но принять риск можно только осознавая его присутствие в данной ситуации.

Людам с достаточно высоким уровнем интеллектуального развития свойственно ограничение крайних типов (импульсивного и инертного) и преобладание более уравновешенных типов решения. И еще – не следует смешивать принятие решения в условиях оценки риска с принятием рискованного решения. Первое понятие значительно шире по объему, чем второе, так как принятие решения в условиях риска может означать выбор как рискованной альтернативы, так и альтернативы, не сопряженной с опасностью, риском.

В зависимости от их характера принято разделять следующие типы решений [77, 190, 191]:

- 1) Принимаемые в условиях определенности (когда имеется жесткая связь каждого из вариантов решения с одним конкретным известным исходом);
- 2) Принимаемые в условиях риска (когда каждая из имеющихся альтернатив может приводить к ряду возможных исходов, имеющих разные, причем известные субъекту, вероятности появления);
- 3) Принимаемые в условиях неопределенности (когда каждая альтернатива может привести к множеству возможных исходов, причем вероятности этих исходов неизвестны);

## Теоретические основы рискологии

4) Принимаемые в условиях противодействия (когда исход принятого решения зависит от выбора стратегии разумным противником). Величина риска объективно может быть определена в том случае, если удастся выяснить вероятности наступления благоприятных и неблагоприятных последствий. В случае стратегических решений подобная возможность ограничена. Поэтому при выборе таких решений большую роль играют субъективные факторы: чувство ответственности, уровень интеллектуального развития субъекта, исход исполнения целевой функции и др.

Например, вероятность того, что оператор грузоподъемника АГП-22. 04, ТВ-22, ТВ-26 и др. пойдет на рискованное действие, находится в обратной зависимости к его оценке степени связанного с этим риска. Но здесь возникает другой вопрос: допустимо ли говорить о принятии риска, если субъект не воспринимает, не осознает его, не подозревает о его присутствии? Попытку дать ответ на этот вопрос сделали Т. Роккуэл и соавторы, введя понятие об объективном и субъективном принятии риска [192]. Первый термин обозначает такое принятие риска, которое осуществляется без осознания субъектом величины и вероятности неблагоприятного исхода ситуаций, а второй – констатирует субъективную диспозицию к принятию риска. Оба этих подхода редко существуют в "чистом" виде, а находятся в сложном взаимодействии друг с другом.

Существует также понятие о «полезности риска» (его не следует смешивать с понятием об ожидаемой полезности). Действительно, человека, способного к принятию рискованных решений, характеризует определенная степень уверенности в себе, в физической или социальной адекватности, конкурентоспособности, либо как форма самовыражения.

Нормативная модель принятия риска выражается формулой ожидаемой ценности

$$M(x) = P(A) \cdot (A) - P(B) \cdot (B), \quad (3.53)$$

где  $M(x)$  – математическое ожидание ценности ( $x$ );  $P(A)$  – вероятность выигрыша;  $P(B)$  – вероятность возможности потери;  $x(A)$  и  $x(B)$  – величина ожидаемого выигрыша и возможность неблагоприятных последствий.

Нормативные модели имеют большое значение для разработки алгоритмов принятия оптимальных решений. Вместе с тем нельзя не видеть и ограниченности таких моделей, обусловленной их абстрактностью. Как известно, эти модели отвечают на вопрос: «Как следует действовать вообще для достижения оптимального (рационального) решения?» Но ведь то, что для одного субъекта является оптимальным, для другого может не быть таковым, ибо у разных индивидов могут быть различные наборы и уровни актуальных потребностей и, соответственно с этим, разные цели, стремления и оценки риска.

## Теоретические основы рискологии

Поэтому наряду с анализом и учетом нормативных моделей эксперты все более интенсивно концентрируют свои усилия на изучении так называемых дескриптивных моделей, описывающих реально используемые варианты решений принятия риска. Данная категория моделей имеет целью описание фактически функционирующих стратегий принятия решений в условиях риска или неопределенности. Еще в 1738 г. Б. Бернулли [193] указал на то, что человек производит выбор не в соответствии с принципом максимизации объективно ожидаемой ценности, а исходя из субъективно ожидаемой ценности или полезности. Модель ожидаемой полезности (исхода) выражается формулой

$$MI = \sum_{i=1}^n P_i U_i, \quad (3.54)$$

где  $P_i$  – объективная вероятность  $i$ -го исхода;  $U_i$  – полезность  $i$ -го исхода.

Преимущество модели (3.54) состоит в том, что она более дифференцированно трактует поведение различных индивидов: она допускает наличие у разных людей различных «полезностей» того или иного исхода выбранной альтернативы. Однако очевидно, что модель (3.54) не может полностью объяснить принятие рискованных решений различными индивидами (субъектами). Для ее усовершенствования в формуле (3.54) заменим фактор объективной вероятности субъективной. Проблема, которая возникает при использовании новой модели, состоит в том, что в формуле (3.54) имеются две неизвестные величины  $P_i$  (в новом варианте – субъективная вероятность) и  $U_i$ . Ввиду этого изолированное измерение полезности и субъективной вероятности невозможно, если не удастся сделать одну из них константой.

В рамках теории субъективно ожидаемой полезности был проведен ряд исследований, посвященных изучению предпочтений при выборе субъектом задач с риском, имеющих одинаковую величину математического ожидания, но отличающихся своими дисперсиями. Обнаружилось, что в 44% случаев дисперсия является для субъекта более важной характеристикой выбора, чем математическое ожидание, в связи с чем ее иногда даже используют в качестве показателя величины риска: чем большей дисперсией обладает ситуация выбора, тем больше считается уровень ее риска.

### 3.9. Оправданное и неоправданное принятие риска на основе имитационных моделей

## Теоретические основы рискологии

Тенденция идти на рискованные действия оператора в системе «человек – машина» очевидно, связана с высокой самооценкой, с излишней уверенностью в себе, а также в благоприятном исходе предпринимаемого действия. Чувство же уверенности находится в определенной связи с самоконтролем поведения. Предпочтение следует отдавать сбалансированному, равновесному соотношению между чувством уверенности и самоконтролем. Если такой баланс соблюден, будем считать, что мы имеем дело с добровольным риском [186].

В качестве объективного критерия для данной классификации может служить ожидаемая ценность рискованного действия. Вместе с тем важное место при определении оправданности-неоправданности таких решений занимает вопрос о субъекте оправданного риска.

Возможно, что в некоторых случаях лицо, принимающее риск, таковым будет считать себя: то, что соответствует его личным потребностям, является в его глазах оправданным. Однако мы не вправе придерживаться столь односторонней точки зрения, рассматривая отношение к риску какого-либо отвлеченного индивида. И вполне естественно, что в этом случае в качестве субъекта определения оправданности риска должно выступать общество в целом, а критерием оправданности риска – социальные интересы и нормы поведения.

Обратимся к вопросу о связи понятий «уровень притязаний» и «принятие риска». Определенная связь между ними действительно существует, во всяком случае – в ситуациях квалификативного типа, где субъект, принимая то или иное решение, должен в силу самого характера такой ситуации учитывать при этом свои возможности. И очевидно, что во многих случаях принятие довольно рискованного решения обуславливается тем, что у субъекта в данной ситуации возникает более высокий уровень притязаний (т.е. он более высоко оценивает свои возможности в отношении успешной реализации данного решения).

У каждого человека имеются, по крайней мере, два мотива, которые во взаимодействии определяют его уровень притязаний в отношении того или иного задания: мотив достижения успеха и мотив избежания неудачи. У разных людей соотношение и взаимодействие этих двух мотивов неодинаковы.

Конечно, в зависимости от преобладания того или иного из указанных мотивов, испытуемый будет по-разному вести себя в ситуации, где ему предлагают сообщить свой уровень притязаний. Субъект, у которого преобладает мотив достижения успеха, демонстрирует уровень притязаний в средней зоне, связанной с умеренной степенью риска. Индивид, у которого доминирует мотив избежания неудачи, выбирает самые легкие из вариантов, но, как ни парадоксально, именно такой субъект иногда может поставить перед собой такую цель, где у него шансы на успех минимальны [194].

## Теоретические основы рискологии

Следует отметить, что уровень притязаний входит в ситуацию принятия риска в качестве одной из составляющих. Правда, это справедливо лишь в отношении ситуаций, в детерминацию которых включены умения и навыки самого субъекта. С другой стороны, очевидно, что оценка уровня притязаний того или иного индивида еще не означает оценки отношения к риску, так как сама ситуация, в которой выясняется уровень притязаний, не содержит элемент риска. Как уже отмечалось выше, исходом выбора той или иной альтернативы здесь служит определенная оценка адекватности (или неадекватности) цели.

Давно замечено, что люди рискуют в самых разнообразных ситуациях. Вопрос заключается в том, насколько устойчивыми и обобщенными являются те тенденции принятия риска, которые испытуемые проявляют при переходе от выполнения одной задачи, сопряженной с риском, к другой такой задаче.

Связь между отношением к риску и личностными свойствами привлекает возрастающее внимание специалистов по экстремальным ситуациям, стремящихся понять сущность межличностных различий в отношениях людей к риску и таким путем построить целостное представление о структуре личности, в котором отношение к риску нашло бы свое место в решении проблемы безопасности жизнедеятельности [195].

В конце концов, личность, имеющая разные склонности к принятию рискованных решений, может действовать в разных областях. И если это экстремальные виды спорта или игра в рулетку, то результат касается в основном только личности. Если та же личность принимает рискованные решения в политической, экономической и, особенно, технической сферах, результаты будут касаться интересов значительных групп людей и даже общества в целом.

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» предусматривает требования о необходимости анализа риска опасных производственных объектов (ОПО). В «Методических указаниях по проведению анализа риска...», РД 08-120-96 содержится общая методология оценки риска, которая включает анализ частоты, анализ последствий неблагоприятных событий и анализ неопределенностей результатов, а также отмечается, что меры уменьшения вероятности аварии должны иметь приоритет над мерами уменьшения последствий аварий [196].

В предыдущих главах мы уже коснулись проблемы априорной оценки техногенного риска, возникающего при эксплуатации ОПО, описав суть проблемы, задачу и основные положения предлагаемого решения. Напомним, что в [197] для нахождения техногенного риска  $R_A$  было предложено соотношение:

$$R_A = P(A) \left[ \sum_{i=1}^k P(C_i | A) y_i \right], \quad (3.55)$$

### Теоретические основы рискологии

где  $R_d$  – техногенный риск (условные денежные единицы);  $P(A)$  – вероятность происшествия;  $y_i$  – ущерб ОПО или сторонним объектам;  $P(C_i|A)$  – вероятность реализации аварии (события  $A$ ) по  $i$ -му сценарию;  $k$  – число возможных сценариев аварии.

В научных публикациях, например, [63] часто под техногенным риском подразумевают не произведение частоты нештатного события и ущерба от него, а саму величину вероятности наступления происшествия на опасном производственном объекте (поломка, авария, инцидент, несчастный случай). Ниже и мы будем пользоваться такими упрощениями [197, 198].

К сожалению, известные и рекомендуемые к применению в нормативных документах методики количественной оценки техногенного риска, например, «поточные графы», «деревья происшествий», «деревья отказов», «деревья событий» имеют ряд дискуссионных положений [199, 200]. Во-первых, они чрезвычайно трудоемки и требуют высокой квалификации исполнителей. Во-вторых, для их реализации необходимы многочисленные количественные исходные данные. Указанные недостатки являются непосредственной причиной того, что эти методы пока не находят широкого практического применения, и как следствие, количественная оценка при принятии техногенного риска опасных производственных объектов зачастую подменяется простыми видами качественного анализа.

Временный выход из сложившейся ситуации может быть найден созданием экспертной системы оценки техногенного риска опасных производственных объектов, вычислительным ядром которой является имитационная модель процесса возникновения происшествий, особенно в человеко-машинных системах [186, 201].

Подробнее остановимся на методике оценки и применения первого сомножителя (вероятности происшествия  $P(A)$ ) правой части равенства (3.55), для того, чтобы помочь в повседневной работе специалисту уровня ИТР по надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов сориентироваться среди достаточно большого числа возможных мероприятий по улучшению безопасности конкретного ОПО и выбрать из них оптимальные – по критерию "затраты-результаты".

Для оценки величины  $P(A)$  в (3.55) может быть построена имитационная модель [201, 202] процесса развития происшествия. Объект моделирования – человеко-машинная система, которая является сложной уже хотя бы из-за наличия человека-оператора (крановщика) и представляет собой общий случай возможных подъемных транспортно-технологических процессов. Рассмотрим подробнее наиболее важные пять требований к модели.

1. Полезность. Определяется точностью результатов и затратами на их получение.

Теоретические основы рискологии

2. Точность оценки  $P(A)$  должна совпадать со статистическими данными до двух порядков.
3. Чувствительность модели к изменению свойств факторов опасности должна быть такова, чтобы моделируемое качественное соотношение эффективностей мероприятий совпадало с наблюдающимися на практике.
4. Вычислительная сложность алгоритма получения  $P(A)$  в (3.23) должна позволять решать оптимизационные задачи выбора мероприятий улучшения безопасности большой размерности (десятки мероприятий) на персональной ЭВМ за приемлемое время (не более суток).
5. Устойчивость к неточным исходным данным.

При моделировании возможны два подхода: «от реального мира» – описание всех элементов, связей и аспектов функционирования объекта моделирования в полном объеме, например, методом деревьев отказов, либо деревьев событий [182, 74]; «от запросов» – построение упрощенной модели, описывающей только те элементы, связи и аспекты функционирования, которые наиболее существенны для решения поставленной задачи. Согласно принципу несовместимости Л. Задэ (Лотфи Задэ – профессор технических наук Калифорнийского университета в Беркли, основатель нечеткой логики (первые публикации 1965 г.)), утверждающего, что для систем, сложность которых превосходит некоторый порог, точность и практическая ценность информации становятся почти исключаящими друг друга характеристиками, а использование первого подхода входит в противоречие с перечисленными выше требованиями. Поэтому при построении модели использовался подход «от запросов».

Максимальный вклад в формирование предпосылок аварийности вносят факторы опасности, относящиеся к человеку (70%), поэтому в качестве моделируемого аспекта был взят типовой алгоритм деятельности человека-оператора [199]. Моделируется выстраивание и обрыв цепочки предпосылок происшествия с учетом влияния свойств системы на качество выполнения человеком основных этапов операторской деятельности. Это влияние является наиболее существенной связью между элементами системы и описывается логико-лингвистическими моделями [104] развития происшествия в человеко-машинной системе, формализацией которых являются модели, представляющие собой стохастические деревья (класс диаграмм влияния) [198].

Такое моделирование, в известной степени, менее чувствительно к неточности и нечеткости исходных данных, а также позволяет одновременно учитывать десятки разрозненных входных параметров. В свою очередь, сама экспертная система позволяет снизить квалификационный уровень пользователя, а также уменьшить трудоемкость выполняемых оценочных работ.

Теоретические основы рискологии

Опираясь на энергоэнтропийную концепцию аварийности и травматизма [199] и известный принцип неопределенности сложных систем [203, 204], разработана логико-лингвистическая (имитационная) модель процесса возникновения происшествий, которая является своего рода компромиссом между точностью получаемых количественных оценок и неопределенностью исходных данных. Отличительными особенностями рассматриваемой модели являются:

- 1) Имитация зарождения и обрыва причинной цепи предпосылок возникновения происшествия;
- 2) Учет до 30 факторов, влияющих на безопасность человеко-машинных систем (табл. 3.13);
- 3) Использование метода Монте-Карло для количественной оценки вероятности возникновения происшествия в человеко-машинной системе;
- 4) Возможность диагностирования таких состояний системы «человек – машина – рабочая среда», как гомеостазис, опасная и критическая ситуации, адаптации к неблагоприятным событиям.

В основу идеи моделирования положен учет влияния психофизиологических свойств человека-оператора, факторов надежности машины-оборудования, комфортности рабочей среды и влияния уровня технологии на качество выполнения человеком основных этапов операторской деятельности, к которым относятся:

- 1) Восприятие и дешифровка информации о ходе выполнения операции;
- 2) Структурирование и стратификация полученных данных;
- 3) Обнаружение отклонений процесса от требований технологии;
- 4) Оценка необходимости и способов вмешательства человека;
- 5) Сравнение альтернативных действий и выбор из них конкурентоспособных;

Таблица 3.13

**Состав и характеристики учитываемых факторов опасности**

Компонент	Код	Наименование фактора опасности	«Индекс опасности»
Рабочая среда	C01	Комфортность по физико-химическим параметрам рабочей среды	0v1
	C02	Качество информационной модели о состоянии среды	0v2
	C03	Возможность внешних опасных воздействий	2v0

Теоретические основы рискологии

	C04	Возможность внешних неблагоприятных воздействий	1v0	
Человек – оператор	H01	Пригодность по физиологическим показателям	0v1	
	H02	Технологическая дисциплинированность	0v2	
	H03	Качество приема и декодирования информации	0v1v2v3	
	H04	Навыки выполнения работы	0v1	
	H05	Качество мотивационной установки	0v1	
	H06	Знание технологии работ	0v1	
	H07	Знание физической сущности процессов в системе	0v1	
	H08	Способность правильно оценивать информацию	0v1	
	H09	Качество принятия решения	0v1v2	
	H12	Самообладание в экстремальных ситуациях	0v1	
	H13	Обученность действиям в сложных условиях обстановки	0v1	
	H14	Точность корректирующих действий	0v1v2	
	Машина – оборудование	M01	Качество конструкции рабочего места оператора	0v1
		M02	Степень учета особенностей работоспособности человека	0v2
M03		Оснащенность источниками опасных и вредных факторов	2v0	
M04		Безотказность прочих элементов	0v1	
M05		Безотказность других ответственных элементов	0v2	
M06		Длительность действия опасных и вредных факторов	1v0	
M07		Уровень потенциала и вредных факторов	1v0	
M08		Безотказность приборов и устройств безопасности	0v1	
Технология	T01	Удобство подготовки и выполнения работ	0v1	

Теоретические основы рискологии

	T02	Удобство технического обслуживания и ремонта	0v2
	T03	Сложность алгоритмов оператора	1v0
	T04	Возможность появления человека в опасной зоне	1v0
	T05	Возможность появления других незащищенных элементов в опасной зоне	1v0
	T06	Надежность технологических средств обеспечения безопасности	1v0

- 6) Определение степени их приемлемости и эффективности;
- 7) Принятие и реализация решения на корректировку операции при необходимости [204].

В самом общем виде работу имитационной модели можно свести к нахождению точечного значения функциональной зависимости между оценками факторов опасности, которые исходя из результатов статистической обработки данных по аварийности и травматизму (см. табл. 3.13), и вероятностью Q неблагоприятных событий в человеко-машинной системе, т.е.:

$$Q = f(x_1, x_2, \dots, x_k), \tag{3.56}$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_k$  – формализованные оценки факторов опасности.

Неявный вид зависимости (3.56) определяется особенностями функционирования имитационной модели процесса возникновения происшествия в человеко-машинной системе, который характеризуется следующими основными особенностями:

1. Производственная деятельность человека потенциально опасна, так как связана с энергопотреблением (выработкой, хранением, преобразованием тепловой, механической, электрической, химической и других видов энергии).
2. Производственная опасность проявляется в результате несанкционированного или неуправляемого выхода энергии, накопленной в технологическом оборудовании (происшествие).
3. Возникновение происшествий является следствием развития причинной цепи предпосылок, инициаторами и составными частями которой являются ошибочные действия работающих, неисправности и отказы технологического оборудования, а также нерасчетные воздействия на них внешних факторов.

Именно реализация вышеприведенных принципов и изложена в рассматриваемой имитационной модели (рис. 3.4).

Теоретические основы рискологии

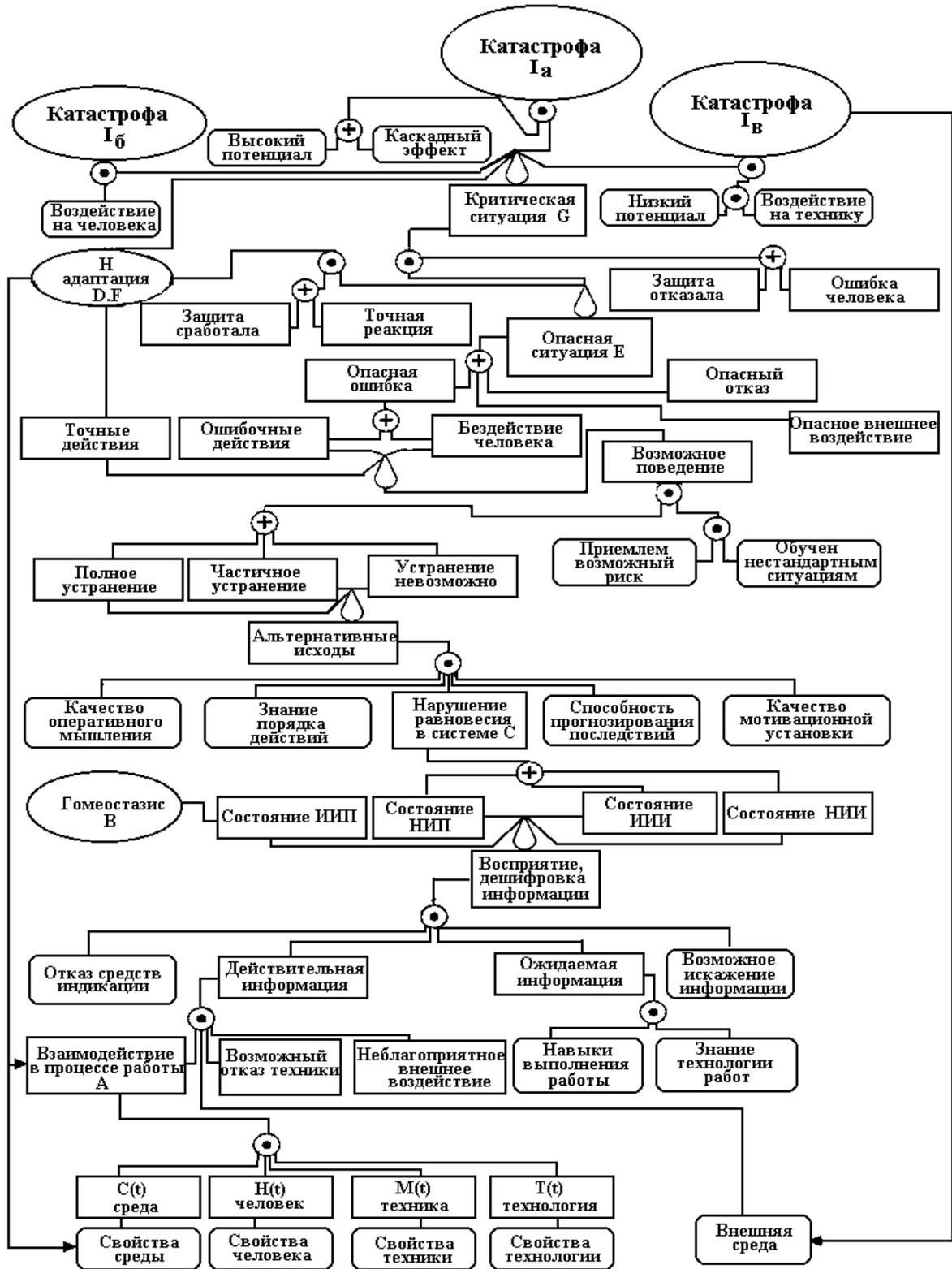


Рис. 3.4. Логико-лингвистическая модель развития происшествий в человеко-машинной системе [196, 198] вычисляется частота возникновения происшествия [196, 198].

Теоретические основы рискологии

В частности, «возмущениями» в модели служат ошибки, отказы и неблагоприятные внешние воздействия, появление которых имитируется стохастическим выбросом в сеть определенной для каждого фактора числовой информации (см. последнюю колонку в табл. 3.13) с распределениями, зависящими от первоначальных оценок факторов опасности  $x_1, x_2, \dots, x_k$  в (3.56). Такие «возмущения» в соответствии с логикой сети выстраиваются в причинную цепь предпосылок, которая может как обрываться (сработала защита, оператор устранил ошибку – умножение на ноль), так и приводить к «модельному» происшествию (ненулевое значение накопленного суммарного индекса опасности в головных событиях –  $I_a, I_b, I_v$ , см. рис. 3.4). Число благоприятных и неблагоприятных исходов моделирования фиксируется и затем по их отношению.

Для формализации исходных данных по факторам опасности рекомендуется использовать систему балльных оценок, опирающуюся на универсальную лингвистическую шкалу («очень низко», «низко», «средне», «хорошо» ... – всего 11 разрядов – оттенков), что позволяет унифицировать как качественные, так и количественные исходные данные. Такой подход находит все большее применение при решении вопросов анализа риска [205].

Применение экспертной системы при оценке факторов позволяет выдавать пользователю необходимые разъяснения с опорой на действующие ГОСТы и нормативные документы. Например, для оценки фактора С01 «Комфортность по физико-химическим параметрам рабочей среды крановщика» используется следующий набор продукционных правил:

- ЕСЛИ** Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны = 2,1 – 4,0 ПДК
- И** Эквивалентный уровень шума на рабочем месте = Превышение ПДУ до 10 дБА
- И** Электрические поля промышленной частоты = < ПДУ (для всего рабочего дня)
- И** Уровень общей вибрации = Допустимо
- И** Параметры световой среды = Вредно (1 степень)
- И** Показатели микроклимата = Допустимо
- ТО** Комфортность по физико-химическим параметрам рабочей Среды = Средняя.

Заключительная лингвистическая оценка фактора С01 для конкретного опасного производственного объекта определяется с помощью ГОСТ Р 2.2.755-99 «Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса» и сводной табл. 3.14.

Таблица 3.14

**Лингвистическая оценка С01 «Комфортности по физико-химическим параметрам рабочей среды»**

Теоретические основы рискологии

<b>Фактические условия труда по ГОСТ Р 2.2.755-99</b>	<b>Оценка условий труда по ГОСТ Р 2.2.755-99</b>	<b>Лингвистическая оценка</b>
> 1 фактора 4,0	4,0	Очень, очень низкая
1 фактор 4,0 > 1 фактора 3,4	4,0	Очень низкая
1 фактор 3,4 > 1 фактора 3,3	3,4	Низкая
1 фактор 3,3 > 1 фактора 3,2	3,3	Ниже среднего
1 фактор 3,2 > 2 факторов 3,1	3,2	Средняя
2 фактора 3,1	3,1	Выше среднего
1 фактор 3,1	3,1	Хорошая
> 10 факторов 2,0	2,0	Очень хорошая
до 10 факторов 2,0	2,0	Высокая
все факторы 1,0	1,0	Очень высокая

Основным требованием к оформлению результатов анализа риска грузоподъемных машин является четкое и понятное выполнение расчетов и формирование выводов. Это необходимо для того, чтобы при повторном анализе и при проверке ранее полученных результатов все действия по проведению анализа риска могли бы произвести специалисты-эксперты, которые не участвовали в первоначальном анализе.

Процесс анализа риска должен документироваться отчетом. Документация по проведению анализа риска должна содержать следующие разделы:

1. Титульный лист.
2. Список исполнителей с указанием должностей, научных званий, степеней и организации, которую они представляют.
3. Аннотация.
4. Оглавление.
5. Описание анализируемого объекта (общая информация).

Теоретические основы рискологии

6. Исходные данные по опасностям и их источники, в том числе данные по аварийности исследуемого объекта (или ему подобным).
7. Обоснование приемлемого риска.
8. Результаты идентификации опасности с их описанием. Для прогнозирования последствий необходимо оценить физические эффекты нежелательных событий (пожары, взрывы, разрушения, выбросы токсичных веществ и др.). В связи с этим необходимо использовать модели аварийных процессов и критерии поражения изучаемых объектов воздействия, понимать их ограничения.
9. Результаты оценки риска с анализом неопределенностей и точности результатов, связанных с оценкой риска. Как правило, основные источники неопределенностей – недостатки информации по надежности оборудования (высокая погрешность значений) и человеческим ошибкам, а также принимаемые предположения и допущения используемых моделей аварийного процесса. Следует правильно интерпретировать неопределенности и их причины. Анализ неопределенности – это перевод неопределенности исходных параметров и предположений, использованных при оценке риска, в неопределенность результатов. Источники неопределенности должны быть идентифицированы и представлены в результатах.
10. Рекомендации по уменьшению степени риска или управлению риском. При необходимости, на заключительном этапе определяется степень риска всего объекта путем анализа и обобщения показателей риска выявленных событий.
11. Описание системы оповещения об аварии (несчастном случае), средств и мероприятий по защите людей и оказание медицинской помощи.
12. Заключение.
13. Нормативные ссылки и список используемой литературы.
14. Приложение, содержащее проект производства (организации) работ с указанием числа работающих, зон действия поражающих факторов в случае возникновения аварии и информационный лист со сведениями об опасностях производственного объекта, ответственных лицах, основных характеристиках последствий и способах оповещения об опасности.