

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

по дисциплине

**“ Управление рисками, системный анализ и моделирование ”**

Направление –20.04.01 «Техносферная безопасность»

Профиль подготовки: – «Пожарная безопасность»

квалификация «магистр»

Ростов-на-Дону

2019

Одобрено Ученым советом факультета безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии

УДК 504.75.06

Конспект лекций по дисциплине «Управление рисками, системный анализ и моделирование» - Ростов-на-Дону.: изд. ДГТУ, 2019 - 32 с.

Методическое пособие составлено в соответствии с программой дисциплины «Управление рисками, системный анализ и моделирование». Приведены рекомендации по изучению дисциплины, вопросы по выполнению самостоятельной работы, вопросы контрольных работ.

Составитель: Г.А. Сергеева, к.г.н.,доцент, ДГТУ.

Рецензент:

© Г.А.Сергеева, 2018

© Донской государственный технический университет (ДГТУ), 2019

**П Р Е Д И С Л О В И Е**

Целью изучения дисциплины «Управление рисками, системный анализ и моделирование» является углубление знаний в области научных исследований по проблеме управления риском, которая охватывает различные аспекты работы с риском, от идентификации и анализа риска до оценки его допустимости и определения потенциальных возможностей снижения риска посредством выбора, реализации и контроля соответствующих управляющих действий.

**ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ**

Данное методическое пособие составлено на основе и в полном соответствии с программой курса «Управление рисками, системный анализ и моделирование». Основной формой обучения по курсу является самостоятельная работа студентов-заочников с рекомендованными основными учебниками и пособиями, а также вспомогательной литературой. Следует помнить, что, работая с литературой, стоит внимательно относиться к употреблению терминологии и конспектировать материал только после его тщательной проработки и изучения. Необходимо помнить, что в конспекте должен быть изложен в полной мере ответ на поставленный вопрос.

Кроме того, учебным планом предусматривается самостоятельное выполнение работы в форме реферата. Контрольная работа, аккуратно оформленная и содержащая поля для замечаний рецензента, высылается в университет.

Во время лабораторно-экзаменационной сессии преподавателями университета читаются установочные и обзорные лекции по курсу.

К выполнению контрольной работы студент должен приступить только после проработки материала, исходя из соответствующей темы. Ответы на вопросы контрольной работы должны содержать развернутые предложения с ясными и точными формулировками. Однако студент адекватно передать смысл того, как он понял проработанный материал. Для оформления контрольной работы необходимо использовать отдельную тетрадь, разборчиво написав в ней текст работы, оставляя поля для замечаний. Ответы на вопросы следует излагать в том порядке, в котором они указаны в задании. На титульном листе контрольной работы выписывается номер зачетной книжки. Работа должна быть датирована, подписана студентом и представлена в Университет не позже, чем за 40-50 дней до начала сессии.

Если работа не зачтена, ее нужно выполнить второй раз в соответствии с замечаниями рецензента. Исправленные ответы приводятся в конце тетради. Контрольная работа, выполненная студентом не по своему варианту, не рецензируется и не засчитывается. На экзаменационную сессию нужно являться, имея при себе рецензию на выполненную контрольную работу.

**ЛИТЕРАТУРА**

а) *Основная литература:*

1. Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование:учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / П. Г. Белов. — М. : Издательство Юрайт, 2014. — 728 с. — Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс.

2. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование. Ч.1. Теоретический базис и прогнозирование. С.-Пб.: Изд-во Стратегия будущего, 2011.- 337 с.

3. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование. Ч.2. Программно-целевое регулирование. С.-Пб.: Изд-во Стратегия будущего, 2011.- 290 с.

4. Вишняков Я.Д. Общая теория рисков : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений /Я.Д.Вишняков, Н.Н.Радаев. — 2-е изд., испр. — М.: Издательский центр Академия, 2008. — 368 с.

5. Ваганов П.А. Как расчитать риск угрозы здоровью из-за загрязнения окружающей среды: Сб. задач.- [Из-во Санкт-Петербургского университета](http://www.ozon.ru/brand/3960857/), 2008 г.

5. Касьяненко А.А. Анализ риска аварий техногенных систем /А. А. Касьяненко К.Ю. Михайличенко — М.: Изд-во РУДН, 2008. – 182 с.

6. Брушлинский Н.Н., Клепко Е.А. К вопросу о вычислении рисков. // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.: ВИНИТИ. – 2004, вып. 1 – С. 71-73.

7. Шапкин А.С. Теория риска и моделирование рисковых ситуаций : учебник / А. С. Шапкин, В. А. Шапкин. — 5-е изд. — М. : Дашков и К, 2010. — 880 с.

10. [Теория риска и моделирование рисковых ситуаций : учебник / А. С. Шапкин, В. А. Шапкин. — 4-е изд. — М. : Дашков и К, 2009. 00221-2.](http://www.lib.tpu.ru/cgi-bin/zgate?follow+59328+RU%5CTPU%5Cbook%5C160561%5B1,12%5D+rus)

8. Н.Н.Брушлинский, Ю.М .Глуховенко, В.Б.Коробко, С.В.и др. Пожарные риски.- М.: Национальная Академия наук ПБ.-2004, вып. 1-С.47.

б) *Дополнительная литература:*

# 1. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. - М.: Академия, 2003. - 512 с.

2. Мышко Ф.Г. Экологическая безопасность. — М. : ЮНИТИ-Дана;Закон и право, 2003. — 175с.

3. Ивченко Б.П. Информационная экология. Ч.1, Оценка риска техногенных аварий и катастроф. Статистическая интерпретация экологического мониторинга. Моделирование и прогнозирование экологических ситуаций. — СПб. : Нордмед-Издат, 1998. — 208с. — ISBN 5-86581-023-6.

Интернет-ресурсы:

<http://www.mnr.gov.ru/> – сайт Министерства природных ресурсов и экологии РФ;

<http://www.zapoved.ru/> – особо охраняемые природные территории РФ;

<http://ecoportal.su/> - Всероссийский экологический портал;

<http://www.mchs.gov.ru/>

**УКАЗАНИЯ ПО РАЗДЕЛАМ ПРОГРАММЫ**

**Раздел 1. Исследование рисков. Основы системного анализа и моделирования сложных систем и процессов**

**Опасность, риск, уровень приемлемого риска. Анализ риска**. Техногенные аварии, катастрофы, пожары и стихийные бедствия, происходившие в России в последние годы, оказывают все возрастающее негативное воздействие и на социально-экономическую обстановку.

Одна из важных характеристик системы, от которых зависит ее существование и способность к самосохранению, – **опасность**.

Под термином «**опасность**» понимается такая ситуация в окружающей среде, когда при определенных условиях возможно возникновение нежелательных событий, явлений и процессов (опасных факторов), воздействие которых на человека и окружающую среду может привести к одному из следующих последствий или их совокупности:

– отклонению здоровья человека от среднестатистического значения;

– ухудшению состояния окружающей среды.

**Природная опасность** – состояние определенных частей литосферы, гидросферы, атмосферы или космоса, представляющее угрозу для людей, объектов экономики, техносферы и биотехносферы.

**Антропогенная опасность** – состояние, при котором негативные факторы, формирующиеся главным образом отходами хозяйственной деятельности человека (промышленности, сельского хозяйства, энергетики, транспорта, повседневной жизни человека, животных), создают угрозу здоровью населения и окружающей природной среде.

**Техногенная опасность** – состояние, при котором негативные факторы, формирующиеся в зонах действия технологических процессов, технических систем и объектов, создают угрозу здоровью промышленного персонала и населению.

Риск, возможная опасность какой-либо неудачи, возникшая в связи с предпринимаемыми действиями, а также сами действия, при которых достижение желаемого результата связано с такой опасностью.

Риск имеет два измерения: объективное и субъективное. Объективное измерение выражено количественно и выявляется с помощью ряда алгоритмических методик. Объективное понимание риска подразумевает наличие неопределенной возможности неблагоприятного исхода, не зависящей от воли и сознания лица, подверженного риску.

Иными словами, неопределенность является объективной характеристикой соответствующей ситуации. Реакция людей на такие ситуации и их субъективное отношение к неопределенности являются следствием проявления риска, а не его компонентом. Подобная точка зрения вовсе не означает, что лицо, подверженное риску, не может влиять на его проявление. Однако это влияние возможно лишь за счет воздействия на окружающую среду как источник риска и не связано с изменением точки зрения на риск.

Субъективное измерение не может быть сведено к числам, но на практике оно часто перевешивает объективные подходы. Субъективное понимание риска должно предполагать наличие нашего отношения или нашей оценки имеющейся неопределенности. Иными словами, источник неопределенности лежит не в самой ситуации, а в субъективном отношении к ней.

***Классификация рисков***

Существует ряд признаков, позволяющих провести классификацию природных, социальных, финансовых, предпринимательских и прочих рисков. Вместе с тем единая классификация рисков отсутствует, что связано с их многообразием и невозможностью отнесения к различным сферам хозяйственной деятельности. Наряду с рисками, присущими большинству видов производства, существуют риски, характерные только для определенной сферы деятельности.

На основании литературных данных предложили следующую классификацию рисков:

• *по источникам риска* – **техногенный** риск, источником которого является хозяйственная деятельность человека, и **природный** риск, связанный с воздействием природных явлений (землетрясения, наводнения, ураганы и т.д.);

• *по виду источника риска для объекта воздействия* – **внешний** риск (риск, не связанный с деятельностью объекта), **внутренний** риск (зависящий от функционирования объекта) и **риск, связанный с человеческим фактором** (зависящий от ошибок конкретных лиц, персонала);

• *по уровню воздействия* – **локальный** и **глобальный**;

• *по масштабу воздействия* – **индивидуальный** и **коллективный**;

• *по времени воздействия* – **краткосрочный** риск (опасное воздействие не превышает по времени одного часа), **среднесрочный** и **долгосрочный** (последствия сказываются на протяжении долгого времени);

• *по частоте воздействия* – **постоянный** риск (риск воздействия существует постоянно), **периодический** (риск, возникающий время от времени) и **разовый** (риск, появляющийся при возникновении нестандартной ситуации);

• *по восприятию людьми* – **добровольный** риск (для персонала, работающего на опасном производственном объекте) и **принудительный** (для населения, живущего вблизи опасного производственного объекта);

• *по целесообразности* – **обоснованный** риск и **необоснованный** (безрассудный);

• *по отношению к сферам человеческой деятельности* – **коммерческий**, **социально-бытовой**, **политический**, **технологический** риски и **риск в природопользовании**;

• *по характеру наносимого ущерба* – **экономический**, **экологический** и **социальный** риски;

• *по степени допустимости* – **пренебрежимый**, **приемлемый**, **предельно допустимый**, **чрезмерный**.

Пренебрежимый риск имеет настолько малый уровень, что находится в пределах допустимых отклонений естественного (фонового) уровня.

Приемлемый риск допускает такой уровень риска, с которым мирятся, учитывая технико-экономические и социальные возможности общества на данном этапе развития. Величину приемлемого риска можно определить, используя затратный механизм, который позволяет распределять расходы общества на достижение заданного уровня безопасности между природной, техногенной и социальной сферами.

Необходимо поддержание сбалансированных затрат в указанные сферы, поскольку нарушение соотношения в пользу одной из сфер резко увеличит риск, и его уровень выйдет за границу приемлемого. Так, сокращение расходов на охрану окружающей среды в пользу техногенной и социальной сфер вызовет деградацию природы и снижение качества жизни человека в результате загрязнения атмосферы, воды, почвы.

Предельные значения степени риска имеют временные значения и с течением времени должны пересматриваться в сторону их снижения. Это определяется корректировкой методик по определению степени риска или их коренной переработкой.

Общепринятых значений уровня риска в мире пока нет. Разброс в пороговых значениях степени риска объясняется различным отношением к риску, уровнем развития промышленной безопасности в стране, а также различиями в методологии анализа риска.

Отечественные исследователи считают, что естественными границами риска для человека является диапазон между 10–2 (вероятность заболеваемости на душу населения) и 10–6 (нижний уровень риска от природной катастрофы или другой серьезной опасности), техногенный риск считается приемлемым, если он меньше 10–6.

Предельно допустимый риск представляет собой максимальный риск, который не должен быть превышен независимо от ожидаемой выгоды.

Чрезмерный риск характеризуется исключительно высоким его уровнем, который в подавляющем большинстве случаев приводит к негативным последствиям.

Достичь нулевого уровня риска невозможно. Пренебрежимый риск в настоящих условиях также не может быть обеспечен, так как отсутствуют технические и экономические предпосылки для этого.

**Системный анализ и моделирование. Система** –это такая совокупность элементов,объединенных общимиресурсами, связями, функциональной средой и целью существования, которая обладает свойствами, отсутствующими у отдельных элементов. Элементами будем считать всякие условно неделимые и самостоятельно функционирующие части системы.

**Классификация систем:**

1. По природе (происхождение):

1.1 Физические (естественные, материальные)

1.2 Абстрактные (искусственные, идеальные)

1. По составу:

2.1 Гомогенные (характеризуются однородностью и слабой связанностью похожих частей)

2.1.1 Технические

2.1.2 Организационные

2.2 Гетерогенные (образованы как бы «спаиванием» своих различных элементов)

2.2.1Человеко-машинные (эрготехнические)

2.2.2 Этногеоэтосистемы (От греч. Этнос – народ, Гея – земля, Этос – укад жизни)

1. По степени взаимодействия с окружающей средой (обмену потоками энергии, вещества и информации):

3.1 Открытые: (обмениваются со своим окружением всеми этими формами материи)

3.1.1 Диссипативные (Непрерывно рассеивают часть своей свободной энергии, в т.ч. и в виде тепла)

3.1.2 Равновесные

3.2 Закрытые (обмениваются лишь информацией)

3.3 Изолированные (ни одной из форм материи не обмениваются)

1. По сложности:

4.1 Простые

4.2 Сложные

4.3 Большие

Исследование двух последних невозможно без предварительного расчленения на компоненты (декомпозиции) с последующим элементов. Их отличительными свойствами считаются:

а) уникальность – аналоги заметно отличаются;

б) многоступенчатый состав – имеются подсистемы и компоненты;

в) случайный характер функционирования и реагирования на воздействие различных факторов;

г) многокритериальность оценки состояния; д) разрозненность образующих частей.

1. По изменчивости (отклику на воздействия различных факторов):

5.1 Статические (система с одним возможным состоянием)

5.2 Динамические (система с множеством состояний, в которой с течением времени происходит переход от состояния в состояние).

Для образования любой системы важную роль играет характер взаимодействия между подсистемами, а не их специфика. Поэтому самой важной характеристикой системы считается её структура – множество тех связей и элементов, которые играют наиболее важное значение при обеспечении энергетического, массового и информационного обмена как внутри системы, так и между нею и окружающей средой. В общем виде под структурой подразумевается способ организации целого из частей, некий вид упорядочения его отдельных элементов и связей.

Следующие существенные характеристики любой системы:

*Состав* –множество образующих систему элементов и компонентов. *Функциональная среда* –совокупность законов,алгоритмов и

параметров состояния системы, в соответствии с которыми она образуется, существует, развивается, а затем (рано или поздно) и гибнет.

*Морфология* –зафиксированная в пространстве,т.е.физическиреализованная, а потому и реально наблюдаемая совокупность взаимодействующих между собой звеньев их обобщенной структуры.

**Основные принципы общей теории систем**:

1. Любая система выступает как триединство цели, функции и структуры. При этом функция порождает систему, структура же интерпретирует ее функцию, а иногда и цель.

2. Система– больше, чем сумма образующих ее компонентов, поскольку обладает *эмерджентным* интегральным свойством, отсутствующим у ее элементов либо не выводимым из их свойств без остатка.

3. Система не сводится к сумме своих компонентов и элементов, а любое ее механическое расчленение на отдельные части приводит к утрате существенных свойств системы.

4. Система предопределяет природу ее частей. Появление в системе инородных частей завершается либо их перерождением или отторжением, либо гибелью самой системы.

5. Все компоненты и элементы системы взаимосвязаны и взаимозависимы. Воздействие на одну часть системы всегда сопровождается реакцией со стороны других.

6. Система и ее части непознаваемы вне своего окружения, которое целесообразно делить на ближнее и дальнее. Связи внутри системы и между нею и ближайшим окружением всегда более существеннее всех остальных.

**Основные принципы системной динамики**:

1. Поведение системы является следствием взаимодействия наиболее ее существенных элементов и связей между собой и окружающей средой.

2. Определяющее влияние на функционирование системы оказывают те звенья ее морфологии, которые включают в себя обратные связи

3. Состояние и обобщенная структура системы служат причиной, а не результатом происходящих в ней изменений

4. Проблемы создаются преимущественно внутри самой системы, а не в ее окружении

5. Изучить сложную систему – это значит установить наиболее

существенные отношения между ее элементами и окружающей их средой.

6. При исследовании сложной системы важнее разобраться с ее обобщенной структурой, чем пытаться количественно оценить и спрогнозировать все существенные характеристики

7. Цель изучения сложной системы - анализ действенности различных стратегий улучшения, а не априорная количественная оценка ее интегральных выходных характеристик.

**Модель и моделирование.** **Модель** –материальный или мысленно представляемый объект,которыйв процессе изучения замещает объект-оригинал, сохраняя некоторые его важные для данного исследования типичные черты.

**Моделирование** – процесс построения и использования модели. Другими словами, модель обычно играет роль некоторого заменителя реального объекта и используется для его изучения.

**Характеристики** моделей:

* *субъективность* –один и тот же объект воспринимается разными людьмипо-разному в зависимости от объема знаний, особенностей мышления, эмоционального состояния и т.д., поэтому и модели одного и того же объекта, созданные разными людьми будут отличаться между собой.
* *Относительная неполнота*,связанная с тем,что при создании моделиисследователь исходит из определенной цели, поэтому учитывает только факторы, существенные для достижения этой цели, поэтому любая созданная модель не тождественна оригиналу.
* *Адекватность –* если результаты исследования модели удовлетворяютцели, т.е. могут быть пригодными, например, для прогнозирования поведения или свойств оригинала, то говорят, что модель адекватна. Однако, учитывая заложенную при создании неполноту модели, можно утверждать, что идеально адекватная сложному объекту модель принципиально невозможна.
* *Сложность (или простота) –* из двух моделей,позволяющих достичьжелаемой цели, предпочтение должно быть отдано более простой. Адекватность и простота модели не противоречивые требования.
* *Предсказательность (потенциальность) –* важная характеристика,

пригодность модели для получения новых знаний об объекте-оригинале. Считается, что хорошая модель содержит в себе потенциальное знание, которое человек, исследуя ее, может приобрести и далее использовать в практических целях. Именно свойство потенциальности, называемое «богатством» модели, позволяет ей выступать в качестве самостоятельного объекта исследования.

*Предназначение –* характеристика модели,а точнее ее функции,радикоторых она создается. Самое важное предназначение модели **(1)** – это ее применение в целях исследования и прогнозирования поведения сложных процессов и явлений, в том числе и интересующих нас – техносферных. Второе **(2**) предназначение модели – это выявление с ее помощью наиболее существенных факторов, формирующих свойства объекта-оригинала. Например, исследуя движение тел в атмосфере, конструктор самолета может выяснить, что их ускорение существенно зависит от массы, формы и шероховатости поверхности, но практически не зависит от цвета последней. И наконец, **(3)** модель позволяет научиться управлять самим объектом, апробируя различные варианты воздействия на него. Например, получить первые навыки управления самолетом безопаснее на тренажере. **(4)** – особое значение приобретает задача прогнозирования состояния объекта под воздействием различных факторов. Например, при проектировании, изготовлении и эксплуатации любого сложного технического устройства необходимо уметь прогнозировать изменение надежности и безопасности его функционирования.

Итак, еще раз подчеркнем, для чего нужны модели и моделирование:

а) понять, как устроен конкретный объект-оригинал; каковы его структура, свойства, закономерности функционирования и развития;

б) научиться управлять объектом и процессом его функционирования, в том числе определять наилучшие для него управляющие воздействия при заданных целях и критериях;

в) прогнозировать прямые и косвенные последствия реализации способов и форм воздействия на моделируемый объект.

***Классификация моделей***

*Физическое* моделирование широко применяется в авиа-,автомобиле-,ракето-, судостроении. Например, при разработке нового летательного аппарата важны эксперименты с моделями в аэродинамической трубе. Исследование полученных там результатов их обтекания воздушным потоком позволяет найти наиболее рациональные формы корпуса самолета или ракеты или отдельных выступающих частей.

В основу *аналогового* моделирования положено совпадение математического описания различных предметов, процессов и явлений. Например, механические и электрические колебания, описываются одинаковыми аналитическими формулами, но относятся к качественно разным физическим процессам. Отсюда, изучение мех.колебаний можно вести с помощью эл.схемы, а обтекание жидкости заменить обтеканием газов и наоборот.

*Идеальное моделирование*. *Интуитивное* –моделирование в сознаниичеловека в форме мысленных экспериментов, сценариев, игровых ситуаций, основанное на жизненном опыте людей. Любое эмпирическое знание, полученное людьми из эксперимента или в процессе наблюдения без объяснения причин и механизмов явлений, можно считать интуитивным и использовать при моделировании.

*Семантическое* –смысловое моделирование,логически обосновано спомощью ряда исходных предположений, при этом предположения могут быть гипотезами, созданными на основе наблюдения за оригиналом. В отличие от интуитивного семантическое моделирование строится на знании внутренних механизмов явления. В данную группу входят вербальное (словесное) и графическое моделирование.

*Семиотическое* -знаковое моделирование является наиболееформализованным, т.к. использует не общеизвестные слова и наглядные изображения, а символы. Наиболее представительным подвидом данного моделирования является *математическое* – идеальное знаковое формальное моделирование на языке математики и математическими методами. Например, так называемая «операторная форма» математической модели: моделью называют оператор *А*, позволяющий по соответствующим значениям входных параметров *Х* установить выходные значения параметров объекта моделирования *У*. Записывается это следующим образом:

А:Х  У; Х х, У у,

Где х, у – множество значений входных и выходных параметров модели.

* + зависимости от способа исследования математические модели делятся на аналитические и алгоритмические. *Аналитическое* моделирование
* результаты в виде конкретных аналитических выражений с конечным числом арифметических операций. *Алгоритмические* модели могут учитывать практически любое число существенных факторов и используются для моделирования наиболее сложных объектов.

**Объектом** системного анализа и моделирования процессов втехносфере должна быть система «человек-машина-среда», а **предметом** – объективные закономерности возникновения и предупреждения техногенных происшествий при ее функционировании.

Для моделирования используются два типа моделей: описательные и нормативные.

*Описательные модели* (дескриптивные, познавательные) предназначены для описания свойств или поведения реальных объектов. Они являются формой представления знаний о действительности (план города, отчет о деятельности фирмы, психологическая характеристика личности).

Можно назвать следующие цели описательного моделирования в зависимости от решаемых задач:

• научные исследования – наиболее полно и точно отразить свойства объекта;

• управление – наиболее точно отразить свойства объекта в рабочем диапазоне изменения его параметров;

• прогнозирование – построить модель, способную наиболее точно прогнозировать поведение объекта в будущем;

• обучение – отразить в модели изучаемые свойства объекта.

Построение описательной модели происходит по следующей схеме: наблюдение, кодирование, фиксация (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Последовательность построения описательной модели

*Нормативные модели* (прескриптивные, прагматические) предназначены для указания целей деятельности и определенного порядка (алгоритма) действий для их достижения. Цель – образ желаемого будущего, т.е. модель состояния, на реализацию которого и направлена деятельность.

Алгоритм – образ (модель) будущей деятельности.

При нормативном моделировании обычно не используют слово «модель» – чаще говорят «проект», «план» (проекты машин, зданий; планы застройки; законы; уставы организаций и должностные инструкции, бизнес-планы, программы действий).

Познавательные и прагматические модели можно классифицировать по характеру выполняемых функций, форме, зависимости объекта моделирования от времени.

Модели по форме делятся:

• на физические – материальные объекты, имеющие сходство с оригиналом (модель самолета, которая исследуется в аэродинамической трубе; модель плотины);

• словесные (вербальные) – словесное описание чего-либо (внешность человека, принцип работы устройства, структура предприятия);

• графические – описание в виде графических изображений (схемы, карты, графики, диаграммы);

• знаковые – описание в виде символов и знаков (дорожные знаки, условные обозначения на схемах, математические соотношения). Разновидностью знаковых моделей являются математические модели.

Математическая модель (или математическое описание) – это система математических соотношений, описывающих изучаемый процесс или явление.

**Раздел 2. Характеристика этапов системного анализа**

**Основные принципы системного анализа и моделирования опасных процессов.**Система «человек – окружающая среда – опасность». Особенности формализации и моделирования опасных процессов. Определение целей системного анализа. Формирование критериев.

Самым первым и важным этапом системного исследования техносферы считается эмпирический системный анализ рассматриваемых там проблемных ситуаций с обеспечением безопасности техносферы. Он основывается на изучении требований и сборе статистических данных по аварийности и травматизму, выявлении несоответствий между желаемым и действительным состояниями исследуемых опасных процессов, определении состава существенных факторов – тех свойств человекомашинной системы, которые наиболее часто фигурируют в анализируемых данных.

Важность данного этапа состоит в его значимости для последующих рассуждений: в случае недобросовестности проведения эмпирического системного анализа возможны так называемые ошибки третьего рода – неверные выводы при ошибочных исходных предположениях. И наоборот, качественное проведение сбора и обработки стат.данных обеспечивает адекватность отображения реальности, необходимую для дальнейшего моделирования, поскольку любые эмпирические данные – следствие объективно существующих законов природы и общества.

Следующим (после эмпирического системного анализа) этапом служит, проблемно-ориентированное описание объекта и цели моделирования – тех опасных техносферных процессов, которые могут сопровождаться появлением происшествий, а также выявление соответствующих закономерностей и оценка их параметров. Этот этап обычно включает четкое формулирование проблемной ситуации, идентификацию связанной с ней человекомашинной системы, уточнение характера ее взаимодействия с внешней средой, определение цели предстоящего моделирования и системного анализа, выбор соответствующих показателей и критериев.

При этом подразумевается следующее:

а) выявление сущности противоречий – породивших факторов, а также организаций или лиц, заинтересованных в их ликвидации;

б) уточнение цели моделирования – определение необходимых для этого изменений, соответствующих методов, показателей и критериев;

в) идентификация объекта – уточнение структуры, свойств и характера взаимодействия его элементов, определение учитываемых и игнорируемых факторов, а также параметров тех из них, которые наиболее существенны для появления и устранения происшествий.

Завершающий этап системного анализа и моделирования конкретных процессов в техносфере связан с проведением их теоретического системного анализа. Такое исследование должно быть направлено на уточнение представлений об условиях возникновения и предупреждения происшествий при функционировании человекомашинных систем.

Особое место при проведении теоретического системного анализа принадлежит моделированию процессов, связанных с возникновением происшествий в техносфере. Это обусловлено неприемлемостью экспериментального изучения тех аспектов, которые касаются жизни и здоровья людей, значительного ущерба материальным ценностям и природным ресурсам. В этих условиях только моделирование позволяет заблаговременно пополнить представления об условиях, закономерностях возникновения и предупреждения техногенных происшествий, компенсировать дефицит в соответствующих статистических данных.

Важным условием успешного завершения теоретического системного анализа опасных техносферных процессов является выявление объективных закономерностей и априорная оценка соответствующего риска. Подобный прогноз предполагает разработку моделей, пригодных для количественной оценки: а) вероятности появления конкретных происшествий – Q(); б) величины соответствующего ущерба от них людским, материальным и природным ресурсам – Y().

Что касается окончания всей процедуры, то она должна завершаться проверкой полученных на каждой ее итерации результатов на новизну и достоверность. Необходимость и особенности такой проверки проиллюстрированы на схеме текстом и линиями со стрелками, указывающими на сведения, нуждающиеся в дополнительном контроле. При этом также предполагается, что проведение всей процедуры системного анализа и моделирования процессов техносферы должно осуществляться непрерывно, с периодическим информированием должностных лиц системы обеспечения безопасности.

Этапы процесса моделирования:

Этап 1. Решение о создании новой модели следует принимать в случае отсутствия более простых путей решения возникшей проблемы (например, путем модификации существующей модели). Обычно необходимость в новых моделях возникает при проведении исследований на стыке различных отраслей, выполнении проектно-конструкторских работ на производстве и транспорте, создании там автоматизированных систем управления, планирования и контроля.

* этом случае *заказчиком* выступает организация, заинтересованная в новой модели и финансирующая работы по ее созданию. После принятия решения она осуществляет поиск наиболее подходящего исполнителя своего

заказа и предоставляет ему для обследования моделируемый объект. Эту миссию и последующие этапы моделирования чаще всего исполняет рабочая группа, включающая специалистов разного профиля – конструкторов, технологов, эксплуатационников, а также прикладных математиков и экспертов по системной инженерии безопасности.

Конечной целью этапа 1 служит разработка соответствующего технического задания, для этого необходимо предварительно:

* Тщательно обследовать собственно моделируемый объект с целью выявления его основных свойств и параметров
* Собрать и проверить доступные данные об объектах аналогах
* Проанализировать литературные источники и сравнить между собой построенные ранее модели данного объекта
* Систематизировать и обобщить весь накопленный материал, разработать общий план создания и использования комплекса моделей.

Предназначением данного этапа является формирование *содержательной* *постановки задачи*.При этом особую значимость приобретает составлениеперечня вопросов, на которые должна ответить новая модель. В случае разработки модели аварийности и травматизма в техносфере модель должна ответить на вопросы: а) выявить условия появления и предупреждения происшествий; б) вычислить вероятность их появления.

Этап 2. Следующим этапом служит *концептуальная постановка* задачи или семантическое моделирование исследуемого объекта. Этот этап выполняется рабочей группой без привлечения заказчика. В качестве исходной информации используются полученные к тому моменту сведения о моделируемом объекте и его аналогах, а также уточненные требования к будущей модели. В случае разработки модели аварийности и травматизма в техносфере исходными предпосылками будут: а) объектом моделирования должен быть случайный процесс, возникающий на производственном объекте и завершающийся появлением происшествий; б) каждое происшествие может возникать при выполнении конкретных технологических операций, из-за случайных ошибок персонала, отказов техники и нерасчетных для них внешних воздействий.

Этап 3. Должным образом оформленная концептуальная постановка задачи моделирования должна быть подвержена всесторонней проверке, а затем и предварительному (качественному) анализу. Цель данного этапа состоит в проверке обоснованности концептуальной постановки задачи и корректности ее оформления в виде соответствующей семантической модели. Это осуществляется членами рабочей группы, иногда с привлечением не входящих в нее экспертов.

Проверке подлежат все принятые ранее гипотезы и другие исходные предположения, касающиеся поведения моделируемого объекта. Особое внимание уделяется контролю состава и способов описания тех факторов, которые приняты существенными, а также те свойства и параметры объекта, которые исключены из рассмотрения.

Этап 4. Теперь рабочая группа приступает к построению мат.модели, а затем к выбору наиболее подходящего метода ее исследования. Наиболее предпочтительной считается аналитическая постановка и такое же решение моделируемой задачи (в этом случае используется арсенал мат.анализа). Особая ценность аналит. моделирования заключается в возможности точного решения поставленной задачи, в том числе нахождения оптимальных результатов.

* + в общем степень приближения результатов приближенными методами моделирования зависит от *погрешностей*, обусловленных преобразованием исходных математических соотношений в численные или имитационные алгоритмы, а также от ошибок округления, возникающих при выполнении любых расчетов на ЭВМ в связи с конечной точностью представления чисел в ее памяти.

Этап 5. Для облегчения процессов моделирования используется ЭВМ, используются либо готовые прикладные программы и мат.алгоритмы, либо разрабатываются новые. Поэтому должны быть соответствующие специалисты.

Этап 6. Предполагается, что системное исследование включает качественный и количественный этапы. Цель качественного анализа – выявление общих закономерностей, связанных с функционированием моделируемого объекта. Цель количественного анализа достигается решением 2-х задач: а) прогнозированием соответствующих характеристик моделируемого объекта; б) априорная оценка эффективности различных стратегий его совершенствования.

Здесь же проводится проверка адекватности модели путем установления соответствия между результатами моделирования и какими-либо другими данными, непосредственно относящимися к решаемой задаче.

* качестве эталона сравнения рекомендуется использовать эмпирические данные (натурные эксперименты) либо подобные результаты, полученные в ходе решения так называемой тестовой задачи с помощью других моделей. Подобная проверка должна доказать не только правомерность принятых при моделировании гипотез, но и удовлетворительную (оговоренную техническим заданием) точность моделирования.

Следует различать качественное и количественное согласие результатов сравнения. В первом случае достаточно лишь совпадения некоторых характерных особенностей в распределении оцененных параметров, например, их знаков, тенденций изменения, наличия экстремальных точек и.т.д. Если эти требования соблюдаются, то уместно оценить совпадение на количественном уровне.

**Раздел 3. Моделирование технических систем и анализ происшествий с помощью диаграмм типа дерево**

**Моделирование и системный анализ происшествий с помощью диаграмм типа «дерево». Моделирование и системный анализ происшествий с помощью диаграмм типа «граф».**

Самое широкое распространение в моделировании опасных процессов получили диаграммы причинно-следственных связей, имеющие ветвящуюся структуру и называемые “деревом происшествия” и “деревом событий” – исходов интересующих нас происшествий. Под такими семантическими моделями подразумеваются не ориентированные, конечные и связные графы, не имеющие циклов. Из последнего следует, что каждая пара их вершин должна быть соединена таким образом, чтобы они одновременно не являлись началом одних и концом других замкнутых маршрутов (цепочек событий со связями между ними).

*Дерево происшествия.* Семантическая модель в форме деревапроисшествия обычно включает одно *головное событие*, которое соединяется с помощью конкретных логических условий с промежуточными исходными предпосылками, обусловившими в совокупности его появление.

Головное событие такого “дерева” представляет собой исследуемую аварию, несчастный случай или катастрофу, а его “ветвями” служат наборы соответствующих предпосылок, образующие их причинные цепи. “Листья” же дерева происшествия - исходные события-предпосылки (ошибки, отказы неблагоприятные внешние воздействия), дальнейшая детализация которых нецелесообразна.

*Дерево событий.* Подобно дереву происшествия,дерево событий-егоисходов также имеет одно событие, называемое *центральным*, и несколько исходящих из него ветвей. В качестве центрального события всегда рассматривается какое-либо происшествие (чаще всего - головное событие соответствующего дерева), а ветвей - сценарии причинения ущерба различным ресурсам, отличающиеся по условиям нежелательного высвобождения, распространения, трансформации и воздействия на них потоков энергии и вещества, высвободившихся в результате происшествия.

* + отличие от дерева происшествия, дерево событий - его возможных разрушительных исходов не имеет логических узлов "и" и "или". В сущности, данная семантическая модель представляет собой вероятностный граф (многоярусное дерево решений), построенное таким образом, что сумма вероятностей каждого разветвления должна составлять единицу. Иначе говоря, все события каждого уровня должны образовывать полную группу независимых событий.

***Построение “деревьев” происшествия и его исходов*** Существует способ формализации данной процедуры, основанный на использовании энергоэнтропийной концепции. Данный способ базируется на двух утверждениях: а) происшествия всегда связаны с нежелательным высвобождением, трансформацией, распространением и губительным воздействием потоков энергии или вещества на различные объекты, оказавшиеся под их влиянием; б) любое происшествие является одновременно и результатом разрушительного выброса накопленного где-либо энергозапаса, и следствием цепи соответствующих предпосылок.

Каждое из этих утверждений может быть использовано при создании рассматриваемых здесь моделей. В частности, для дерева происшествия – второе, а для дерева его исходов – первое. Из второго утверждения следует, что при определении *состава* элементов дерева происшествия и связей между ними, нужно руководствоваться следующими рекомендациями. Во-первых, данная модель должна состоять из одного, *головного* события - собственно происшествия (нежелательного высвобождения вещества или энергии) и множества предшествующих ему предпосылок - ошибок людей, отказов техники и неблагоприятных для них внешних воздействий. Во-вторых, в *структуру* этого дерева следует включать все те логически условные и безусловные связи между такими предпосылками, соблюдение которых необходимо и достаточно для возникновения конкретного разрушительного выброса энергозапаса.

*Учитываемые факторы.* Проведение работ на производстве итранспорте рассматривается как функционирование человекомашинных систем, а основными носителями опасности считать их токсичные и взрывоопасные вещества, источники ионизирующих излучений, движущиеся предметы и сосуды, работающие под высоким давлением. Следовательно, выявление возможных происшествий необходимо увязывать с логикой нежелательного высвобождения их энергии и вещества, т.е. с известными законами энергомассообмена и термодинамики.

* свою очередь старение, загрязнение, увлажнение, перегрев или переохлаждение таких элементов по естественным причинам или в результате внешних воздействий нужно учитывать в качестве *технических* *предпосылок* к возможным авариям.

Другой важной группой предпосылок к техногенным происшествиям следует считать *ошибочные действия*, непроизвольно или умышленно допущенные людьми при конструировании, изготовлении, монтаже, техническом обслуживании и ремонте техники.

***Качественный анализ моделей типа “дерево”*** Основные задачи качественного анализа состоят в выявлении закономерностей возникновения и снижения ущерба от происшествий, т.е. в установлении, например, тех цепочек событий соответствующего дерева, реализация которых приводит к появлению либо к не появлению его головного события, а также в количественной оценке вклада интересующих нас событий-предпосылок.

Наиболее удобны для качественного анализа дерева происшествия так называемые "минимальные сочетания предпосылок", под которыми подразумевается минимально необходимое и достаточное для достижения конкретного результата их множество. **Минимальное пропускное сочетание (МПС)** включает в себя наименьшее число тех исходныхпредпосылок дерева происшествия, одновременное появление которых достаточно для возникновения головного события (прохождения сигнала до него). Напротив**,** **минимальное отсечное сочетание** **(МОС)** формирует условия непоявления головного события. Это сочетание состоит из исходных событий рассматриваемого дерева, гарантирующих отсутствие происшествия, при условии не возникновения одновременно всех входящих него событий-предпосылок. *Особенностью* обоих типов минимальных сочетаний служит то, что они теряют присущие им свойства при удалении из каждого такого сочетания хотя бы одного события.

**Анализ значимости и критичности событий.** Для отражения вкладаконкретных предпосылок и их сочетаний в появление и предупреждение головного события дерева происшествия, вводятся показатели их значимости или критичности. Эти категории могут использоваться для определения приоритетности осмотра, технического обслуживания и профилактики неисправностей того технологического оборудования, которое является причиной появления более значимых отказов, а также указывать на необходимость тщательного контроля соответствующих алгоритмов деятельности персонала или параметров рабочей среды. Не менее важны результаты оценки значимости и критичности всех предпосылок при коррекции и оптимизации проектируемых изделий и технологий.

*Применимость критериев значимости.* Основной интерес критериизначимости и критичности исходных предпосылок представляют для выбора первоочередных мероприятий по предупреждению происшествий. При прочих равных условиях, наибольшую эффективность или экономию средств обеспечивают те из них, которые воздействуют на самые значимые и критичные события.

***Количественный анализ диаграмм типа “дерево”*** Подготовительным этапом к количественному анализу служит дальнейшая формализация рассматриваемой семантической диаграммы - аналитическое представление заданного ею процесса так называемой *структурной функцией*.В такой аналитической модели,помимо событий исвязей между элементами, в качестве исходных данных также используются параметры, характеризующие вероятность или частоту исходных предпосылок на конкретном интервале времени.

*Правила расчета параметров.* В процессе оценки числовыххарактеристик декомпозированного дерева происшествия, следует руководствоваться рядом правил:

* 1. Объединенные логическим условием "и" *n* предпосылок заменяют одним событием с вероятностью появления -*PК* (конъюнкция *-* ^):

*n*

*PК = P1P2P3 =*  *Pi* .

*i* 1

1. Соединенные логическим условием "или" *m* предпосылок заменяют одним событием c вероятностью *PД* (дизъюнкция *-* v), равной:

m

*PД =1-(1- P1)(1-P2)...(1-Pm) =1- П(1-Pi ),*

i =1

которая при *m* = 2 и *m* = 3, рассчитывается по таким зависимостям:

*Pm=2=P1+P2-P1P2; Pm=3=Р1+Р2+Р3-P1P2-P1P3-P2P3+P1P2P3*.

1. При известных структурных схемах безотказности техники, параллельно соединенные элементы соответствуют логическому условию "и" этого дерева, а последовательно соединенные - "или".
2. В случае объединения логическим условием "и" нескольких событий, одно из которых имеет близкую к единице вероятность, а другие - меньшую 0,01, допускается упрощение данной ветви путем отбрасывания события с большой вероятностью возникновения.
3. При объединении логическим условием "или" нескольких событий, одно из которых имеет близкую к нулю вероятность, а другие - на два-три порядка больше, также можно упрощать соответствующую ветвь, но отбрасывать нужно событие с малой вероятностью.

***Моделирование с помощью диаграмм влияния типа «граф»*** Вторым (после деревьев) типом диаграмм причинно-следственных

связей являются графы. Рассмотрим возможности использования этих диаграмм влияния для исследования аварийности и травматизма на производстве и транспорте.

*Граф* –геометрическая фигура,состоящая из конечного множестваточек (вершин) и соединяющих эти точки линий, если эти линии не ориентированы (т.е. не имеют направлений), они называются ребрами, если ориентированы (т.е. имеют направление) – дугами.

Существуют неориентированные графы (просто графы), в которых вершины соединяются ребрами и ориентированные графы (или орграфы), в которых вершины соединяются дугами.

Одним из достоинств диаграмм влияния является их легкость сопряжения с другими способами формализации и моделирования. На основе предварительно построенных диаграмм могут быть получены математические модели появления аварийности и травматизма. Однако для осуществления перехода от графических моделей к математическим нужна дополнительная символика. Поэтому переменные и константы, подразумеваемые узлами диаграммы влияния, в последующем будем обозначать символами, объединенными в множества:

U= {1, 2, 3, …, j, … u} - множество узлов или вершин диаграммы N= {v1, v2, vj, … vu} - множество переменных, им соответствующих Ωj= ω1, ω2, ω, …} - набор значений, принимаемых j-й переменной

Для обозначения отношений между переменными (узлами, вершинами) диаграммы влияния также следует использовать соответствующие массивы символов. Эти массивы могут быть представлены следующим образом:

Dij = {d1, d2, d3, …} - множество дуг (ребер), соединяющих узлы i и j.

Aj – вектор дуг предецессоров (выходящих из предшествующих узлу j и входящих в него

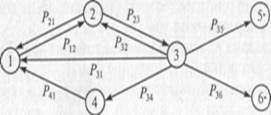
Вj - вектор дуг саксессеров (выходящих из узла j и связывающих его с последующими)

Pij – вектор мер возможности или вероятности переходов между i и j

Tij – вектор изменений ресурса (затрат средств или времени) при переходе из узла i в узелj.

При моделировании условий возникновения происшествий в техносфере будем использовать ориентированные графы, характеризующиеся определенным набором состояний рассматриваемой человеко-машинной системы и возможными переходами между ними. Графически состояния исследуемого процесса представляются точками, окружностями или другими промаркированными геометрическими фигурами, а переходы между ними – линиями со стрелками на одном конце. Если состояния графа не имеют саксессеров или способны временно приостанавливать моделируемый им процесс, то их иногда называют «поглощающие состояния», а помечаются они точками, расположенными внутри соответствующей геометрической фигуры.

Рассмотрим граф смены состояний:



На данном рисунке процесс возникновения происшествий в человекомашинной системе характеризуется шестью состояниями. Из них первые 4 являются проходными – безопасное, опасное, предаварийное, послеаварийное, а два последние – состояния системы после смертельного несчастного случая и ее состояния после катастрофы, а также девятью переходами с соответствующими вероятностями. (*или так:* *построим граф* *смены состояний человекомашинной системы, характеризуемое шестью состояниями - безопасным, опасным, предаварийным, послеаварийным и двумя состояниями после катастрофы, между ними возможны следующие переходы….)*

Следовательно, данный процесс может быть зарегистрирован как имеющий такие значения введенных нами параметров:

U= {1, 2, 3, 4, 5, 6}

V = {вышеприведенные наименования состояний – безопасное, опасное, предаварийное, послеаварийное, состояния после несчастного случая}

D = {1 – 2, 2 – 1, 2 - 3, 3 – 2, 3 – 1, 3 – 4, 3 – 5, 3 – 6, 4 - 1}

* = {Р12, Р21, Р23, Р32, Р31, Р34, Р35, Р36, Р41}

На основе данных параметров могут быть выведены математические формулы, устанавливающие зависимость между количественными показателями безопасности (о них говорили ранее) и основными параметрами человекомашинных систем. А полученные таким образом аналитические выражения могут быть использованы для априорной (предварительной) и апостериорной (статистической) оценки уровня безопасности техносферных процессов.

Для того чтобы добиться нужного поведения модели, необходимо определить круг элементов модели, на которые можно воздействовать,nа именно:

– изменить на определенное время значения показателей некоторых вершин орграфа;

– изменить на определенное время знак, весовой коэффициент или функцию определенной дуги или ряда дуг;

– изменить временное запаздывание на одной или нескольких дугах;

– добавить новую дугу в орграф;

– убрать имеющуюся в орграфе дугу (для этого достаточно приравнять к нулю весовой коэффициент при этой дуге);

– создать или убрать контур;

– добавить в определенное время новую вершину и инцидентные ей (т.е. входящие) дуги;

– убрать в определенное время новую вершину и инцидентные ей дуги.

Следует помнить, что за любыми изменениями в орграфе стоит одно или несколько определенных мероприятий. Одно мероприятие может повлечь за собой комплексное изменение в орграфе, поэтому важно тщательно анализировать все производимые изменения с точки зрения их целесообразности.

Главной задачей, определяющей успех при исследовании поведения системы с помощью орграфов, считается построение модели. Прежде всего, необходимо четко и корректно определить цель исследования.

Построение орграфа состоит из следующих этапов:

1. Выделение объекта исследования.

2. Определение контура, определение .2<0278027ее целостности.

3. Обозначение факторов (вершин орграфа), определяющих поведение системы.

4. Установление связей (весовые коэффициенты) между вершинами.

При этом необходимо иметь в виду, что описание самой системы возможно только при наличии описания этой системы как элемента более широкой системы. Именно такое описание системы в виде орграфа позволяет воздействовать на систему и через это воздействие проследить реакцию системы и применить методы управления этой реакцией.

**Раздел 4. Анализ риска. Основные понятия**

**Концепции и методы анализа риска.** Для оценки степени риска существуют два основных метода: количественный и качественный.

Главная задача *качественного анализа* – определить факторы риска, этапы и работы, при выполнении которых риск возникает, т.е. установить потенциальные зоны риска, после чего идентифицировать все возможные риски.

*Количественный анализ* риска применяется для определения численных размеров отдельных рисков и риска проекта в целом. При количественном анализе риска могут использоваться различные методы.

Наиболее распространенными являются: анализ чувствительности, анализ сценариев, анализ моделей (метод «Монте-Карло»).

Чем выше вероятность получения низкого дохода или даже убытков, тем рискованнее проект и, соответственно, тем выше должна быть норма его доходности.

При выборе из нескольких возможных вариантов вложения капитала часто ограничиваются абстрактными рассуждениями типа «этот проект кажется менее рискованным» или «в этом случае прибыль больше, но и риск, вроде бы, больше». Между тем степень риска в большинстве случаев может быть достаточно точно оценена; также может быть определена величина доходности предлагаемого проекта, соответствующая данному риску.

Опираясь на полученные результаты, потенциальный инвестор может не только выбрать наиболее привлекательный для него способ вложения денег, но и значительно сократить степень возможного риска.

**Пожарные риски, их виды. Пожарный риск как функция многих переменных.**

В мире существует множество явлений (в широком смысле слова), потенциально способных нанести тот или иной вред какому-либо объекту защиты. Эти явления могут быть самой разной природы: шаровые молнии, цунами, короткие замыкания, вирусы, дефолты, вооруженные конфликты, террористические акты и пр. Именно они и олицетворяют собой понятие опасности. Поэтому, опасность – это явление любой природы (физической, химической, биологической, экономической, социальной и др.), способное нанести вред обществу, окружающей среде, любому объекту защиты.

Во-вторых, любая опасность носит, как правило, потенциальный характер и в реальности проявляется далеко не всегда.

Риск и является мерой возможности реализации конкретной опасности.

Поскольку слово «риск» практически всегда ассоциируется с возможностями каких-то потерь, утрат (имущества, финансов, здоровья, жизни, репутации и др.) в результате реализации опасности, то в большинстве случаев размеры этих потерь поддаются количественной оценке, могут быть измерены в каких-то единицах, хотя в ряде ситуаций это сделать невозможно.

Например, риск потери человеком доброго имени, хорошей репутации вследствие каких-то его неблаговидных поступков (реализации неправильного поведения) количественно измерить нельзя. Поэтому риски можно разделить на «качественные», которые нельзя измерить, и количественные», которые измерить можно.

Риск является количественной характеристикой возможности реализации данной опасности. Каждую опасность может характеризовать много различных рисков, оценивающих разные стороны и параметры этой опасности. Например, с одной стороны, - частоту ее реализации, с другой – характер и размеры последствий реализации опасности.

Каждый риск в зависимости от многих обстоятельств и факторов может изменять свои значения, то есть подвержен определенной динамике. Поэтому, выявляя роль отдельных факторов, влияющих на уровень риска, можно попытаться целенаправленно воздействовать на них, то есть управлять риском. Следовательно, мы можем в определенной степени управлять опасностью, угрожающей какому-либо объекту защиты (системе), ослаблять ее негативное воздействие.

Однако, очевидно, что принципиально невозможно все риски, связанные с тем или иным объектом защиты, свести к нулю. Это объясняется как перманентной неполнотой и относительностью научных представлений об опасностях и рисках, так и ограниченными инженерно-техническими и экономическими возможностями общества.

Риск только можно попытаться уменьшить до такого уровня, с которым общество (на данном этапе его исторического развития) вынуждено будет согласиться (психологически будет готово его принять). каждый риск в зависимости от многих обстоятельств и факторов может изменять свои значения, то есть подвержен определенной динамике. Поэтому, выявляя роль отдельных факторов, влияющих на уровень риска, можно попытаться целенаправленно воздействовать на них, то есть управлять риском. Следовательно, мы можем в определенной степени управлять опасностью, угрожающей какому-либо объекту защиты (системе), ослаблять ее негативное воздействие.

Однако, очевидно, что принципиально невозможно все риски, связанные с тем или иным объектом защиты, свести к нулю. Это объясняется как перманентной неполнотой и относительностью научных представлений об опасностях и рисках, так и ограниченными инженерно-техническими и экономическими возможностями общества.

Общепринятый способ вычисления риска как произведения вероятности опасного события на средний ущерб от него нельзя считать универсальным, поскольку в действительности он носит весьма частный характер.

По существу вся мировая и отечественная научная литература, посвященная изучению проблемы рисков и безопасности исходит из единственного формализованного определения понятия риска *R*, а именно:

*R*  *P* *U* , (4.1)

где *Р* - вероятность наступления какого-то деструктивного события, а *U* -математическое ожидание(среднее значение)ущерба от него. Выражение (4.1) можно записать и в интегральной форме, но сущность его от этого не изменится.

При этом, под вероятностью в этих случаях понимают какую-либо частотную характеристику наступления данного неблагоприятного события, имеющую определенную размерность, хотя вероятность случайного события всегда является безразмерной величиной.

Уже это замечание свидетельствует об определенной уязвимости, некорректности выражения (1). К тому же, на наш взгляд, оно является только одной из многих форм определения понятия риска, характеризующей в данном случае ущерб (любого рода) от реализации конкретной опасности. Проиллюстрируем это на примере. Пусть *Nоб* - число объектов определенного вида. Предположим, что за *Т* лет на них произошло *Nобпож* пожаров, суммарный ущерб от которых составил *Супож* рублей (или других денежных единиц).

* таком случае, риск *RП* возникновения пожара на объектах данного вида вычисляется по формуле:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *RП*  | *N* | *пож* |  | *пожар*  | | (4.2) |  |
|  | *об* |  |  |  |  |
| *NобТ* | |  |  |
|  |  | *объект*  *год*  | |  |  |

средний ущерб от одного пожара, очевидно, равен

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | *С* | *пож*  *у* |  | *руб*  | | (4.3) |  |
| *Су*  | | |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  | *пож* |  |  |
|  |  |  | *Nоб* | |  | *пожар*  | |  |  |

Эта величина тождественна величине *U* в равенстве (4.1).

Тогда, риск *Rу* ущерба от одного возможного пожара на объекте данного вида за год будет равен:

Rу = Rп · = = [ ], (4.4)

то есть, Rn·Cу [].

Это одна из многих форм определения понятия риска, которая не может претендовать на универсальность (см. выражение (4.2), определяющее риск возникновения пожара на конкретном объекте).

Очевидно, что индивидуальный и социальный риски оказаться в условиях пожара, риск получить травму при пожаре, риск погибнуть при пожаре и многие другие риски нельзя определить с помощью формулы (4.1), но вполне можно это сделать с помощью формул, аналогичных формуле (4.2).

Более того, существует множество задач из различных областей науки практики, в которых для определения (вычисления) значения риска реализации какой-либо опасности нужно применять широкий спектр научных методов, относящихся к теории вероятностей, теории надежности, различных теорий прочности, механики разрушений, исследования операций и др

Пожарный риск – количественная характеристика возможности реализации пожарной опасности (и ее последствий), измеряемая, как правило, в соответствующих единицах.

Управление пожарным риском – разработка и реализация комплекса мероприятий (инженерно-технического, экономического, социального и иного характера), позволяющих уменьшить значение данного пожарного риска до допустимого (приемлемого) уровня.

* + основным пожарным рискам мы будем относить следующие:
* риск *R*1 для человека столкнуться с пожаром (его опасными факторами) за единицу времени. В настоящее время удобно этот риск измерять в единицах [],

|  |  |
| --- | --- |
| * риск *R*2 для человека погибнуть при пожаре (оказаться его жертвой).   Единица измерения имеет вид [] |  |

* риск *R*3 для человека погибнуть от пожара за единицу времени

[].

Очевидно, что эти риски связаны соотношением

*R*3= *R*1· *R*2.

Риск *R*1 характеризует возможность реализации пожарной опасности, а риски *R*2 и *R*3 - некоторые последствия этой реализации.

В качестве пожарных рисков, характеризующих материальный ущерб от пожаров, можно использовать, например, следующие риски:

* риск *R*4 уничтожения строений в результате пожара,

[]

* риск *R*5 прямого материального ущерба от пожара,

[].

Кроме вышеперечисленных пожарных рисков можно рассматривать риски травмирования при пожарах как гражданских лиц, так и пожарных (причем возможна детализация рисков по видам травм); риски возникновения пожаров по различным причинам (молния, поджог, короткое замыкание в электросети, печное отопление, игры детей и пр.); риски возникновения и развития пожаров в зданиях различного назначения, различной этажности, разной степени огнестойкости и пр.

Все эти пожарные риски представляют интерес, в частности, для страховых компаний, для фирм, производящих противопожарное оборудование, для проектировщиков зданий и сооружений и других специалистов.

Существуют десятки пожарных рисков, характеризующих те или иные аспекты пожарной опасности.

* этим рискам, по нашему мнению, необходимо добавить еще десятки других рисков, характеризующих эффективность противопожарного оборудования, обоснованность противопожарных норм, эффективность организации противопожарных служб в городах и др.

Здесь речь идет о рисках несрабатывания пожарной сигнализации, пожарной автоматики, нехватки воды для пожаротушения, позднего прибытия пожарных автомобилей к месту пожара и многих других.

Пожарных рисков существует очень много и все их нужно уметь анализировать для успешного противостояния пожарной опасности.

Пожарные риски, во-первых, характеризуют возможность реализации пожарной опасности в виде пожара и, во-вторых, содержат оценки его возможных последствий (а также обстоятельств, способствующих развитию пожара). Следовательно, при их определении необходимо знать частотные характеристики возникновения пожара на том или ином объекте, а также предполагаемые размеры его социальных, экономических и экологических последствий, обусловленных теми или иными обстоятельствами.

**Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое система и из чего она состоит?
2. Существуют ли в природе системы как таковые?
3. Какие основные признаки используются для классификации систем?
4. В чем состоят принципиальные отличия между сложными
5. и простыми системами?
6. Какой (гомогенной или гетерогенной) системой является фабрика?
7. Охарактеризуйте статистические и динамические системы.
8. Какая существует классификация систем?
9. Назовите основные виды математических моделей?
10. Приведите примеры систем.
11. Дайте определение метода экспертных оценок.
12. Как вычисляется риск (индивидуальный, групповой)?
13. Понятие и краткая характеристика систем.
14. Особенности организации и динамики систем.
15. Обобщенная структура системного анализа и синтеза.
16. Понятие и краткая характеристика моделей.
17. Классификация моделей и методов моделирования.
18. Обобщенная структура моделирования процессов в техносфере.
19. Сущность системного подхода к исследованию процессов в техносфере.
20. Особенности формализации и моделирования опасных процессов.
21. Основные понятия и виды диаграмм влияния.
22. Правила построения дерева происшествия и дерева событий.
23. Перечислите возможные источники информации для идентификации рисков процессов и систем?
24. Охарактеризуйте индивидуальные и групповые экспертные методы выявления рисков. В чем их преимущества и недостатки?
25. Охарактеризуйте методы построения деревьев событий и деревьев отказов.
26. Дайте характеристику диаграммы «причин-последствий».
27. В чем заключаются особенности метода анализа критичности?
28. .Дайте характеристику сценарного анализа.
29. Какими методами можно оценить величину вероятности события?
30. Опишите основные подходы к оценке ущерба.
31. Какие четыре стадии можно выделить в процессе причинения техногенного ущерба? Для каких целей может быть построена модель на каждом из этапов?
32. Перечислите виды ущерба. Чем прямой ущерб отличается от косвенного?
33. В какой форме может быть выражен ущерб?
34. Охарактеризуйте методы оценки ущерба.
35. Каким образом рассчитывается величина риска?
36. Что понимается под субъективной вероятностью?
37. Дайте характеристику метода аналогий. В каких случаях он используется как метод расчета риска?
38. Что понимается под «картой рисков»?
39. Дайте характеристику «матрицы рисков».
40. Перечислите основные принципы управления рисками.
41. Что включает в себя процесс управления рисками?
42. Какими свойствами должна обладать система управления рисками в организации?
43. Охарактеризуйте основные этапы управления рисками на предприятии.
44. Управление пожарными рисками

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

**Общие указания**

К выполнению контрольной работы следует приступить после тщательного изучения рекомендованных источников литературы.

В результате самостоятельного изучения дисциплины необходимо выполнить контрольную работу, которая состоит из 5 вопросов, всего приведено 50 вопросов. Студент выполняет контрольную работу с таким сочетанием вариантов, номер которого соответствует последней цифре номера его зачетной книжки.

Ответы на вопросы контрольной работы должны быть сформулированы достаточно подробно и содержать физический смысл излагаемого материала.

**ВОПРОСЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

1. Опасности в техносфере.
2. Концепции риска.
3. Концепции анализа риска.
4. Виды и задачи анализа риска.
5. Порядок проведения анализа риска.
6. Методы анализа риска.
7. Качественная оценка риска.
8. Количественная оценка риска.
9. Последовательность реализации методов моделирования. Критерии подобия.
10. Категории опасности.
11. Причины и факторы аварийности и травматизма.
12. Общие принципы предупреждения происшествий.
13. Системы «человек-машина-среда».
14. Последовательность исследования ЧМС.
15. Эмпирический системный анализ.
16. Сущность метода моделирования. Понятие модели.
17. Классификация моделей. Математические модели, их виды
18. Основные этапы построения математической модели. Проверка адекватности модели.
19. Понятие сложной системы. Технические, биологические, социальные, социально-экономические системы.
20. Примеры социально-экономических систем и процессов. Подходы к построению моделей их организации, функционирования и управления
21. Понятие информации, требования к ней. Место и роль информации в процессе моделирования и управления сложными системами
22. Сбор, обработка и анализ статистических данных как основной метод получения информации
23. Случайные события и случайные величины как элементы процесса функционирования экстренной, аварийно-спасательной службы.
24. Случайные события. Вероятность случайного события
25. Свойства вероятности случайного события
26. Общий способ задания любых случайных величин
27. Основные числовые характеристики случайных величин
28. Сумма и произведение двух случайных событий
29. Правило сложения вероятностей. Следствия из него
30. Понятие оперативной обстановки в городе
31. Формализация и моделирования опасных процессов.
32. Правила построения дерева событий и дерева происшествий.
33. Логические символы.
34. Правила применения логических символов.
35. Подготовка исходных данных для расчетов по моделям типа дерево «событий».
36. Расчеты по моделям типа дерево «событий».
37. Анализ расчетов по моделям типа дерево и основы управления рисками.
38. Общие принципы поддержания требуемого уровня безопасности.
39. Основные принципы анализа и моделирование надежности технических систем
40. Методы управления снижением риска отказов технических систем.
41. Экономические показатели управления риском. Приемлемый риск.
42. Оценка рисков отказа техники в период нормальной эксплуатации.
43. Оценка рисков отказа техники в период постепенных отказов.
44. Основные принципы анализа, модели и методы поддержания готовности персонала к обеспечению безопасности.
45. Модели и методы поддержания готовности персонала к обеспечению безопасности
46. Триада «Опасность – риск – безопасность».
47. Пожарные риски, их виды
48. Пожарный риск как функция многих переменных
49. Управление пожарными рисками
50. Алгоритм обеспечения пожарной безопасности любого объекта защиты.

**РАЗЛИЧНЫЕ СОЧЕТАНИЯ ВАРИАНТОВ ВОПРОСОВ**

**ПО КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ**

Вариант контрольных вопросов определяется по последней цифре номера студенческого билета. Например, номер студенческого билета 38224: последняя цифра 4, ей соответствует вариант № 4.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Номера вопросов | | | | |
| 1 | 1 | 11 | 21 | 31 | 41 |
| 2 | 2 | 12 | 22 | 32 | 42 |
| 3 | 3 | 14 | 23 | 33 | 43 |
| 4 | 6 | 13 | 24 | 34 | 44 |
| 5 | 7 | 15 | 25 | 35 | 45 |
| 6 | 4 | 16 | 26 | 36 | 46 |
| 7 | 5 | 17 | 27 | 37 | 47 |
| 8 | 8 | 18 | 28 | 38 | 48 |
| 9 | 9 | 19 | 29 | 39 | 49 |
| 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |

**Содержание**

Предисловие………………………………………………………….……....3

Общие указания...............................................................................................3

Литература........................................................................................................3

Указания по разделам программы .………………………………..……......5

Вопросы для самоконтроля......…………………………………….…........29

Контрольной работы ..............…………..............…………………….........31