

Модуль 1
Теоретические основы
безопасности

Лекция 3
Анализ опасностей

Рассматриваемые вопросы

- 1. Системный анализ эргостических систем
- 2. Виды анализа опасностей
- 3. Анализ риска

Эрготические системы

- **Система** – это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов.
- **Системой**, которая изучается в безопасности жизнедеятельности, является система «**человек — жизненная среда**» (Ч-С).
Система одним из элементов которой является человек называется **эрготической**.
- Свойства системы, которые не проявляются на уровне ее отдельных элементов называются **эмерджентными**.
- Эмерджентные свойства лежат в основе системного анализа.

Эргостические технические системы

- Помимо систем «Ч-С» БЖД рассматривает эргостические системы, одним из элементов которых является Машина т.е. системы «Ч-М-С».
- В настоящее время практически **любое производство можно рассматривать как систему «Ч-М-С»**. Такая система также является эргостической

Роли человека в системе безопасности

- Человек – объект безопасности (защита).
- Человек – источник опасности (причина).
- Человек - создатель безопасности (средство достижения безопасности).
- Человек - информатор (информационная роль).
- Человек – анализатор опасности (анализаторная роль).
- Человек – преподаватель (обучающая роль).

Факторы опасности

- - это различные факторы среды.
- Это условия среды на которые организм реагирует.
- **Факторы** бывают - **биотические и абиотические.**
- **Факторы** бывают - **травмирующие и вредные.**
- В системах «Ч-М-С» опасности **могут возникать как по вине элемента Машина, так и по вине Человека.** В последнем случае говорят о «**человеческом факторе**».
- **Факторы создают условия деятельности.**
- Многие факторы, постоянно оказывающие воздействие на человека, являются неблагоприятными для его здоровья и активной деятельности.

Человеческий фактор в системе безопасности

- Не компетентность
- Не внимательность
- Недостаток образования
- Недостатки профессионального отбора
- Не совпадение параметров техники с антропометрическими, биофизическими, физиологическими параметрами человека
- Психологическая несовместимость (испуг, желание скрыть ошибку).

Взаимодействие элементов системы «Ч-М-С»

- **Взаимодействие** человека с элементами системы может быть:
 - Локальным
 - Региональным
 - Межрегиональным
 - глобальным .

Условия деятельности человека в таких системах могут быть :

- ❖ комфортными
- ❖ Допустимыми
- ❖ Опасными
- ❖ Чрезвычайно опасными.

Взаимодействие человека со средой обитания может быть **позитивным** (при комфортном и допустимом состоянии) и **негативным** (при опасном и чрезвычайно опасном).

Классификация условий деятельности

- **Комфортные** (оптимальные) условия деятельности и отдыха. К данным условиям человек приспособлен в большей степени. Проявляется наивысшая работоспособность, гарантируются сохранение здоровья и целостность компонентов среды обитания.
- **Допустимые.** Характеризуются отклонением уровней потоков веществ, энергии и информации от номинальных значений в допустимых пределах. Данные условиях труда не оказывают негативное воздействие на здоровье, но **приводят к дискомфорту и снижению работоспособности и продуктивности деятельности. Не вызывают необратимые процессы у человека и среды обитания.** Допустимые нормы воздействия закрепляются в санитарных нормах

- **Опасные.** Потоки веществ, энергии и информации превышают допустимые уровни воздействия. **Оказывают негативное воздействие на здоровье человека.** При длительном воздействии вызывают заболевания и **приводят к деградации природной среды.**
- **Чрезвычайно опасные.** Потоки за короткий срок могут нанести травму или привести к смерти, вызывая необратимые разрушения в природной среде.

Типы взаимодействий в системе Ч-М-С

- Результат взаимодействия человека со средой обитания может изменяться в широких пределах: от позитивного до катастрофического
- Негативный результат взаимодействия определяют опасности
- Взаимодействие может быть **штатным и внештатным**
- **Внештатное взаимодействие** может выражаться в виде:
 - ✓ ЧП
 - ✓ Несчастного случая
 - ✓ Отказа
 - ✓ Интендента

- **ЧП** - Нежелательное, незапланированное событие в системе «Ч-М-С» нарушающее **обычный** ход вещей и происходящее в относительно короткий период действия
- **Отказ** - ЧП, заключающееся в нарушении работоспособности компонента системы
Машина
- **Инцидент** – вид отказа связанный с неправильными действиями или поведением человека
- **Несчастный случай** – ЧП, заключающееся в повреждении организма человека

Пути достижения безопасности в системе Ч-М-С

- **Безопасность можно обеспечить двумя путями:**
- устранением источников опасности;
- повышением защищенности от опасностей,
- Повышением способности надежно противостоять опасностям.

ВЫВОДЫ

- 1 Жизнедеятельность осуществляется в эргостических системах.
- 2. В эргостических системах человек выполняет **различные функции**: является объектом защиты, источником опасности, информатором, анализатором, преподавателем, создателем средств обеспечения безопасности.
- 3. Эмерджентные свойства эргостических систем могут быть источником опасности.
- 4. Часто в эргостических системах причиной реализации опасностей является **«человеческий фактор»** (недостаток профотбора и образования, некомпетентность, невнимательность, психическое состояние).
- 5. факторы, как условия среды, создают **условия деятельности** в эргостических системах (комфортные, допустимые, опасные, чрезвычайно опасные).

2. Системный анализ эргостических систем

Системный анализ безопасности

1. Любой объект или явление может быть представлен как системное образование.
2. Для того, чтобы выявить причины, влияющие на появление нежелательных для человека событий, используют **методы системного анализа и элементы логики.**

Цель системного анализа

- - **Выявление причин**, влияющих на проявление нежелательных событий.
- - **разработка предупредительных мероприятий**, уменьшающих вероятность их возникновения.
- **Системный анализ безопасности жизнедеятельности** - позволяет создать методологические средства, которые используются для определения опасностей.

Принципы системного анализа

- **использует инженерные и управленческие принципы для:**
 - ❖ - обеспечения необходимой безопасности,
 - ❖ - своевременного выявления риска реализации опасности,
 - ❖ - разработки и применения средств предотвращения и контроля этих опасностей

Основные концепции анализа безопасности систем

- 1. Концепция проб и ошибок
- 2. концепция системного инжиниринга
- 3. концепция безопасности систем

Методические подходы безопасности систем

- **1. Создание правил безопасности после того, как произошла авария, несчастный случай , ЧС.**
- **2. Моделирование возможной ситуации и предотвращение ее с помощью использования разных контрольных операций.**

Анализ риска

- 1. может осуществляться **априори** – до того как произойдет нежелательное событие или
- **Апостериорно** после свершения нежелательного события
- Оба этих анализа дополняют друг друга.

Безопасное самочувствие

- Важное место в системе безопасности человека занимает его безопасное самочувствие. Какие параметры его обуславливают?
- Ощущение опасности человеком зависит от: - - **ситуации, уровня социального и духовного развития личности; и общественного устройства.**
- Согласно оценкам экспертов ООН большинство людей в мире связывают ощущение опасности с будничными повседневными заботами, а не с возможностью глобальных катастроф и международных конфликтов.
- **Поэтому защита жилья, рабочего места, благосостояния, здоровья, ОС – это основные аспекты безопасного самочувствия человека.**

2. Виды анализа опасностей

Виды системного анализа

- анализ повреждений и вызванного ими эффекта (АПВЭ);
- анализ древа ошибок (АДО);
- анализ риска ошибок (АРО);
- расчеты менеджмента и древа риска (РМДР);
- анализ потоков и препятствий энергии (АППЭ);
- анализ поэтапного приближения (АПП);
- программный анализ опасностей (ПАО);
- анализ общих причин поломки (АОПП);
- причинно-следственный анализ (ПСА);
- анализ древа событий (АДС).

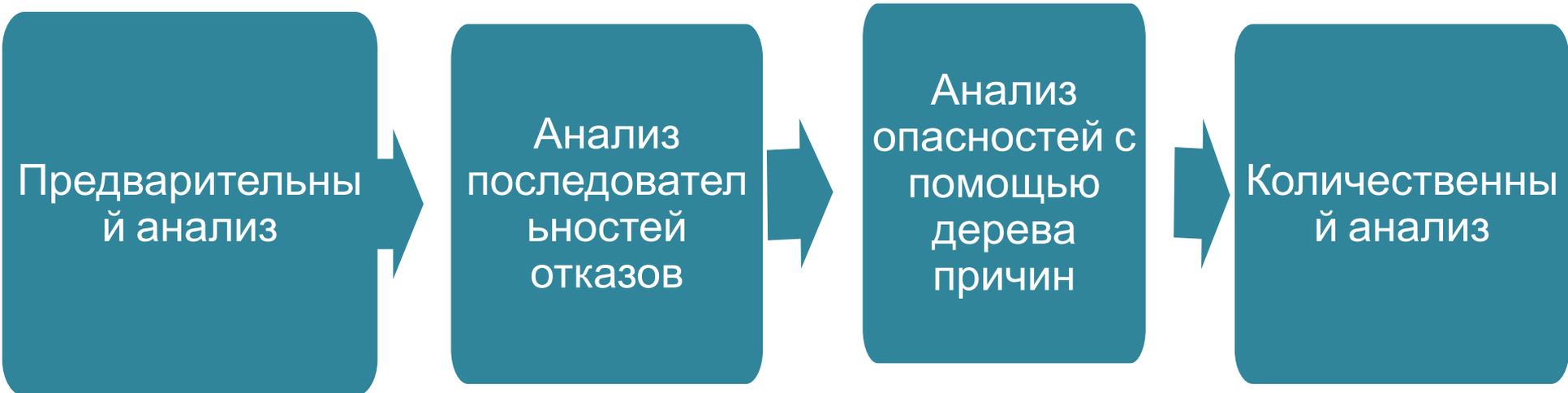
Виды анализа опасностей

- Анализ может быть **качественный и количественный**
- С позиции последовательности выполнения анализ бывает: **предварительный, детальный**
- Анализ опасностей базируется на знании алгебры, логики, теории вероятности, системном подходе и инженерных знаниях
- При осуществлении **численного анализа** используются карты Карно, и другие методы теории вероятности.

Качественный анализ

- 1. Начинают с **идентификации опасности** (грубое исследование)
- 2. Далее осуществляется **детальный качественный анализ**.
- 3. Если есть возможность оценить ущерб - осуществляют **анализ риска**.

Последовательность анализа опасностей



предварительный анализ опасностей

- Анализ опасностей начинают из предварительного исследования, которое позволяет в основном идентифицировать источники опасностей.
- Методы предварительного анализа и приемы, которые используются при его выполнении, известны под разными названиями.

Типы предварительного анализа:

- предыдущий анализ опасностей (ПАО);
- системный анализ опасностей (САО);
- подсистемный анализ опасностей (ПСАО);
- анализ опасности работ и обслуживания (АОРО).

Предварительный анализ опасностей

- — это анализ общих групп опасностей, присутствующих в системе, их развития и рекомендации в отношении контроля. Это первая попытка в процессе безопасности систем определить и классифицировать опасности, которые имеют место в системе. Выполняется он в таком порядке:
 - **изучают технические характеристики объекта**, системы или процесса, а также источников энергии, которые используются, рабочей среды, материалов;
 - **устанавливают их опасные и вредные свойства;**
 - **определяют законы, стандарты, правила**, действие которых распространяется на данный объект, систему или процесс;
 - **проверяют техническую документацию** на ее соответствие законам, правилам, принципам и нормам безопасности;
 - **составляют перечень опасностей, в котором отмечают идентифицированные источники опасностей** (системы, подсистемы, компоненты), факторы, которые наносят вред, потенциально опасные ситуации, выявленные недостатки.

Базовые вопросы

предварительного анализа

- Какой процесс/система анализируются? Привлечены ли к этой системе люди, кроме непосредственных исполнителей?
- Что система должна обычно делать? Чего система не должна делать никогда?
- Существуют ли стандарты, правила, нормы, которые имеют отношение к системе?
- Использовалась ли система ранее?
- Что система вырабатывает?
- Какие элементы включены в систему?
- Какие элементы изъяты из системы?
- Что может послужить причиной появления опасности?
- Как оценивается это появление?
- Что и где есть источниками и препятствиями энергии?
- Существует ли критическое время для безопасности операций?

Анализ древа ошибок (АДО)

- применяется при оценке чрезвычайно сложных или детализированных систем.

Использует **дедуктивный логический метод** (т. е. постепенно двигается от общего к частному),

по возможности рассматривают все происходящие в системе события -

во время анализа древа ошибок **нежелательное событие относят к конечному событию.**

нежелательные события редко происходят под влиянием только одного фактора - **по возможности рассматривают возможное действие всех факторов.**

Располагая каждый фактор в соответствующем месте древа, исследователь может точно определить, где состоялись какие-либо повреждения в системе, какая связь существует между событиями, и какое взаимодействие состоялось.

Символика системного анализа

- **При построении основного дерева ошибок используют специальные символы, которые обеспечивают аналитика иллюстрированным изображением события и того, как оно взаимодействует с другими событиями на древе.**
- **Специальная форма символов дает наглядность и облегчает построение дерева ошибок.**

Причины и опасности

- Любая опасность есть следствие некоторой причины (причин), которая в свою очередь есть следствие другой причины и т.д.
- Причины и опасности образуют сложные цепные структуры, которые называют: **«дерево» причин опасности, «дерево» событий, «дерево» вероятности проявления опасности, «дерево» отказов технических систем и т.д.**
- Вероятность $P(A)$ любого события A определяется неравенством:

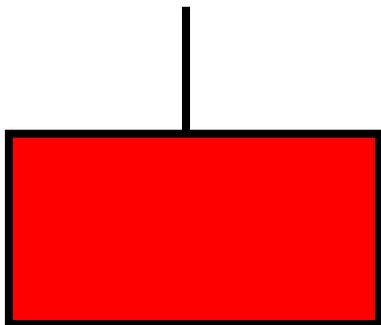
$$0 \leq P(A) \leq 1$$

Если вероятность равняется **1**, то это означает, что **событие A достоверно**, а если вероятность равна **0**, то **событие A невозможно**.

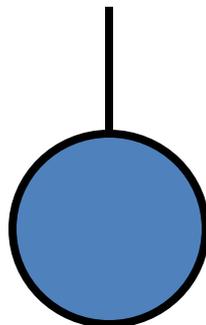
Символы событий и логические операторы

При построении структурных схем используют **символы событий** (рис. 4) и **логические операторы** (вентили) - рис. 5-7.

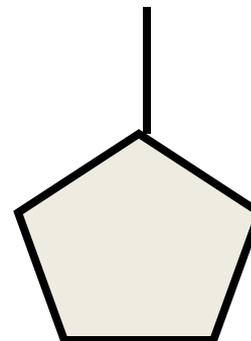
а)



б)



в)



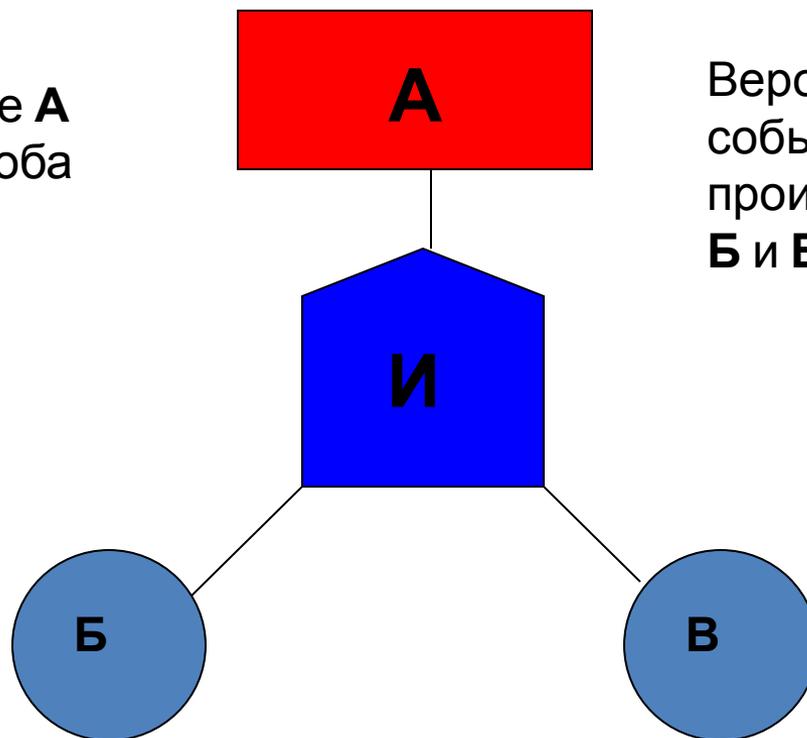
а - прямоугольник, **событие, вводимое логическим элементом (СВЛЭ).**

б - круг, **исходное событие, обеспеченное достаточными данными (ИСОДД).**

в - пятиугольник, **событие, которое может случиться или не случиться (СМОИ).**

Логический оператор «И»

Перед тем как произойдёт событие **A** должны произойти оба события **B** и **B**.



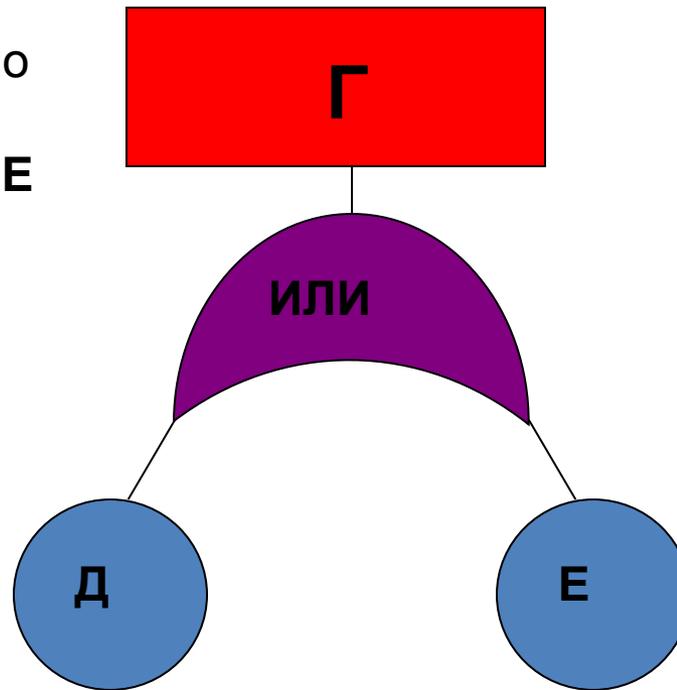
Вероятность совершения события **A** равна произведению вероятностей **B** и **B**.

$$P(A) = P(B) P(B)$$

Рис. 5

Логический оператор «ИЛИ»

Для того, чтобы произошло событие **Г** должно произойти событие **Д** или **Е** или оба события вместе.



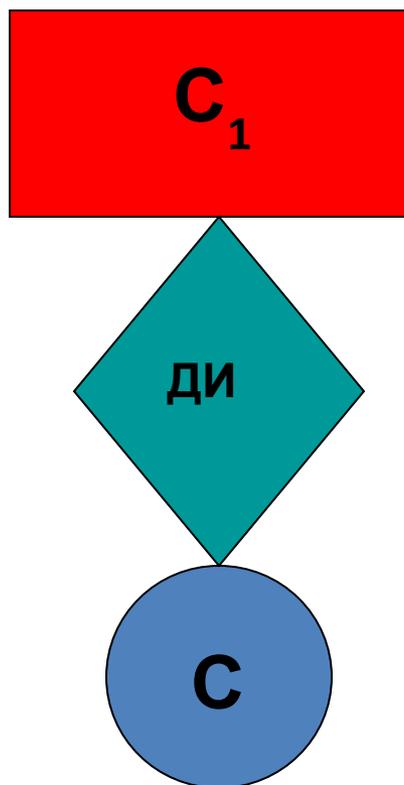
Вероятность возникновения события **Г** равна:

$$P(\Gamma) = P(D) + P(E) - P(D) * P(E)$$

Рис. 6

Логический оператор «ДИ»

Оператор «ДИ» указывает, что независимые события имеют два взаимно исключающих друг друга исхода.

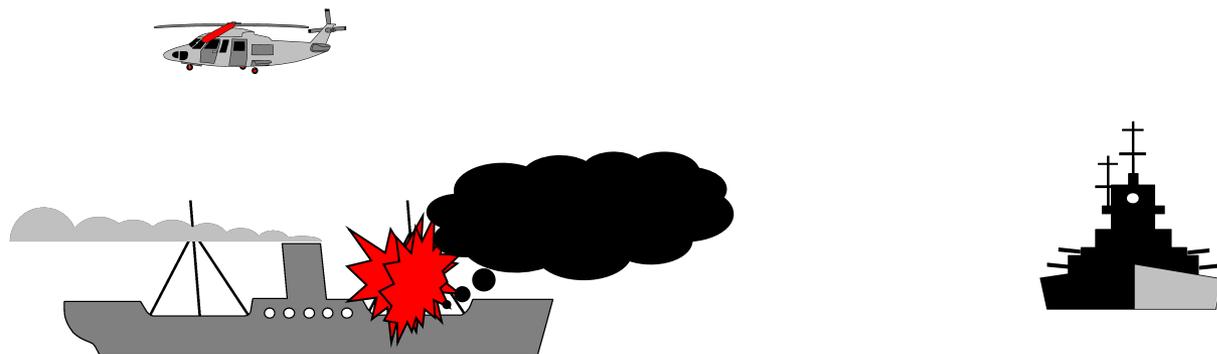


Событие C_1 будет противоположным событию C .

$$P(C_1) = 1 - P(C).$$

Рис. 7

Пример построения структурной схемы вероятности возникновения пожара на судне



Описание опасной ситуации

Вероятность возникновения и развития пожара на судне $P_{\text{п}}$ (оператор «И») определяется вероятностью возникновения условий для зажигания $P_{\text{зж.}}$ («СВЛЭ»), образования горючей смеси $P_{\text{гс.}}$ («СВЛЭ») и возможным отказом систем тушения пожара $P_{\text{отк.}}$ («СМСИН») и т.д. Схема показана на рисунке 8.

Структурная схема вероятности возникновения пожара на судне

Пример.

$$P_{\text{зж.}} = 0,5$$

$$P_{\text{гс.}} = 0,2$$

$$P_{\text{отк.}} = 0,1$$

$$P_{\Pi} = 0,5 * 0,2 * 0,1 = 0,01$$

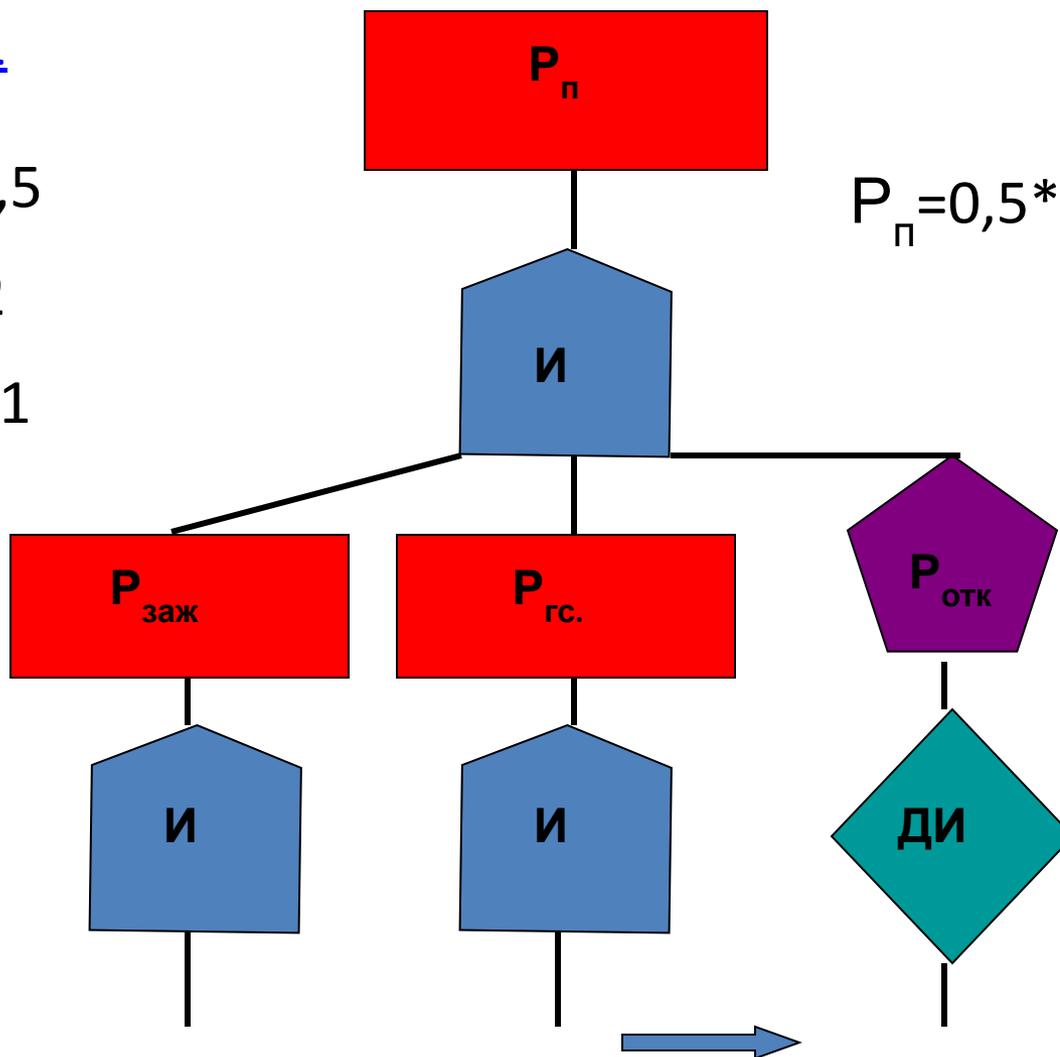


Рис. 8

3. Анализ риска

Параметры оценки опасностей

- Оценка опасностей
 - вред
 - риск

Квантификация опасностей

- - может осуществляться как **количественная оценка ущерба**, причиненного той или иной опасностью.
- Выбор формы квантификации **зависит от многих факторов**,
- **например, от количества людей, которые находились в опасной зоне, количества и качества материальных (в том числе природных) ценностей, которые находились там, природных ресурсов, перспективности зоны и т. п.**

вред

- С целью унификации **любые последствия опасности определяют как вред.**
- Каждый отдельный вид вреда имеет свое количественное выражение,
- например, количество погибших, раненных или больных, площадь зараженной территории, площадь леса, которая выгорела, стоимость разрушенных сооружений и т. п.
- **Наиболее универсальное количественное средство определения вреда — это стоимостное, т. е. определение вреда в денежном эквиваленте.**

Критерии оценки опасности

- Для того чтобы определить серьезность опасности, степень допустимости риска в той или иной ситуации, существуют разные критерии:

- ❖ **категории серьезности опасности;**
- ❖ **уровни вероятности опасности;**
- ❖ **матрица оценки риска.**

-

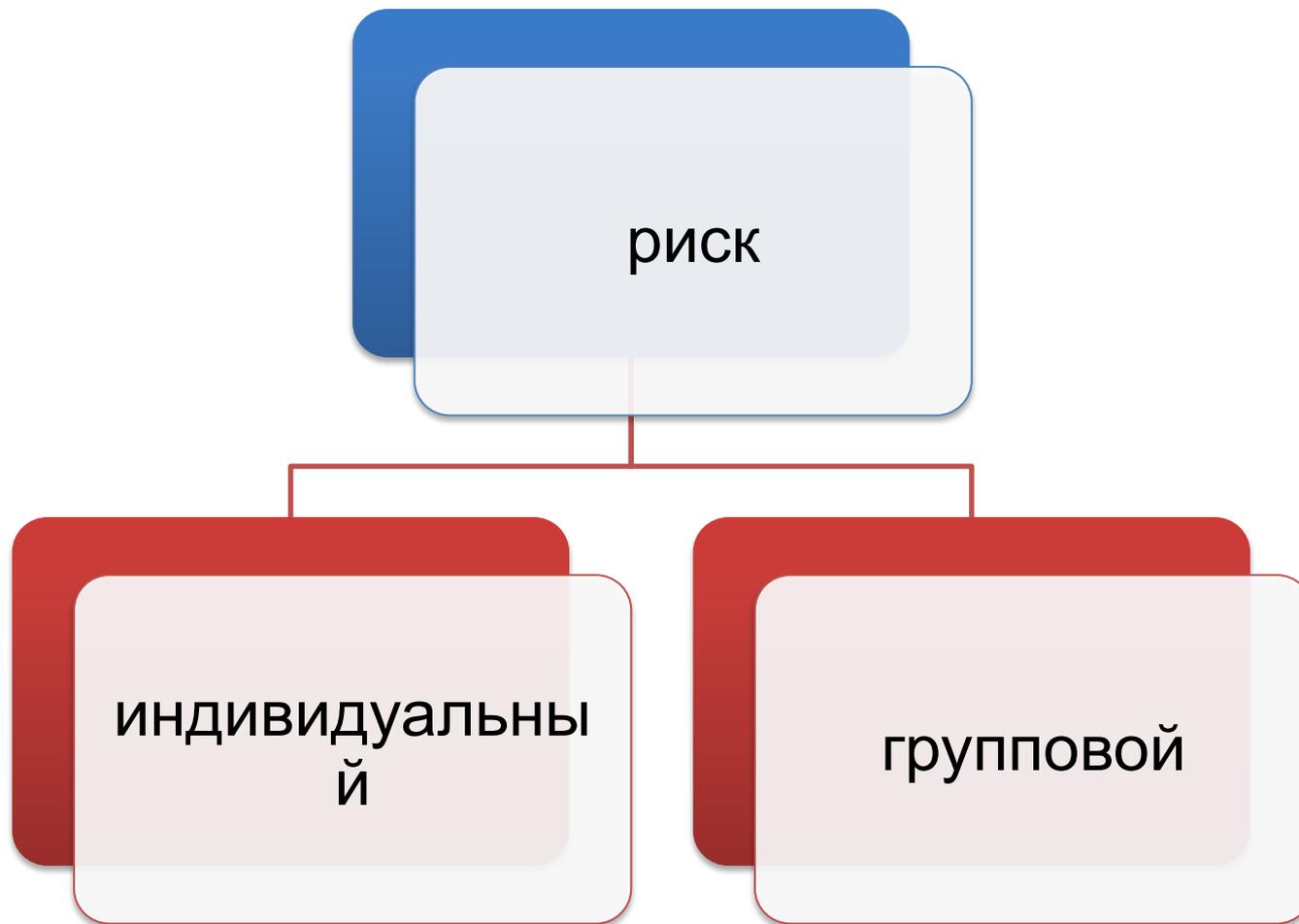
Риск

- **Риск** – это частота, с которой может проявляться опасность
- **Риск (R)** определяется как **отношение количества событий с нежелательными последствиями (n) к максимально возможному их количеству (N) за конкретный период времени:**

$$R = n / N$$

- Эта формула позволяет рассчитать размеры общего и группового риска

Виды риска



- **Индивидуальный риск** – характеризует опасность определенного вида, для определенного индивида
- **Групповой (или социальный) риск** – это риск для группы людей, характеризующий зависимость между частотой и числом пораженных

Виды риска

- **По степени допустимости риск бывает:**
 - пренебреженным,
 - приемлемым,
 - предельно допустимым
 - Чрезмерным.

- **1) пренебреженный риск** имеет настолько малый уровень, что он находится в пределах допустимых отклонений от природного (фонового) уровня;
- 2) приемлемым** считается такой уровень риска, который общество может принять (позволить), учитывая технико-экономические и социально-политические возможности на данном этапе своего развития;
- 3) предельно допустимый риск** — это максимальный риск, который не должен превышать, несмотря на ожидаемый результат;
- 4) чрезмерный риск** характеризуется исключительно высоким уровнем, который в подавляющем большинстве случаев приводит к негативным последствиям.

Концепция приемлемого риска

- На практике достичь нулевого уровня риска, т. е. *абсолютной безопасности* невозможно.
- **Пренебреженный риск** в настоящее время также **невозможно обеспечить**, учитывая отсутствие технических и экономических предпосылок для этого.
- Поэтому современная **концепция безопасности жизнедеятельности** базируется на достижении **приемлемого (допустимого) риска**.
- Суть концепции состоит в стремлении к такой безопасности, которую приемлет общество в данный период времени в зависимости от его уровня социально-экономического развития.

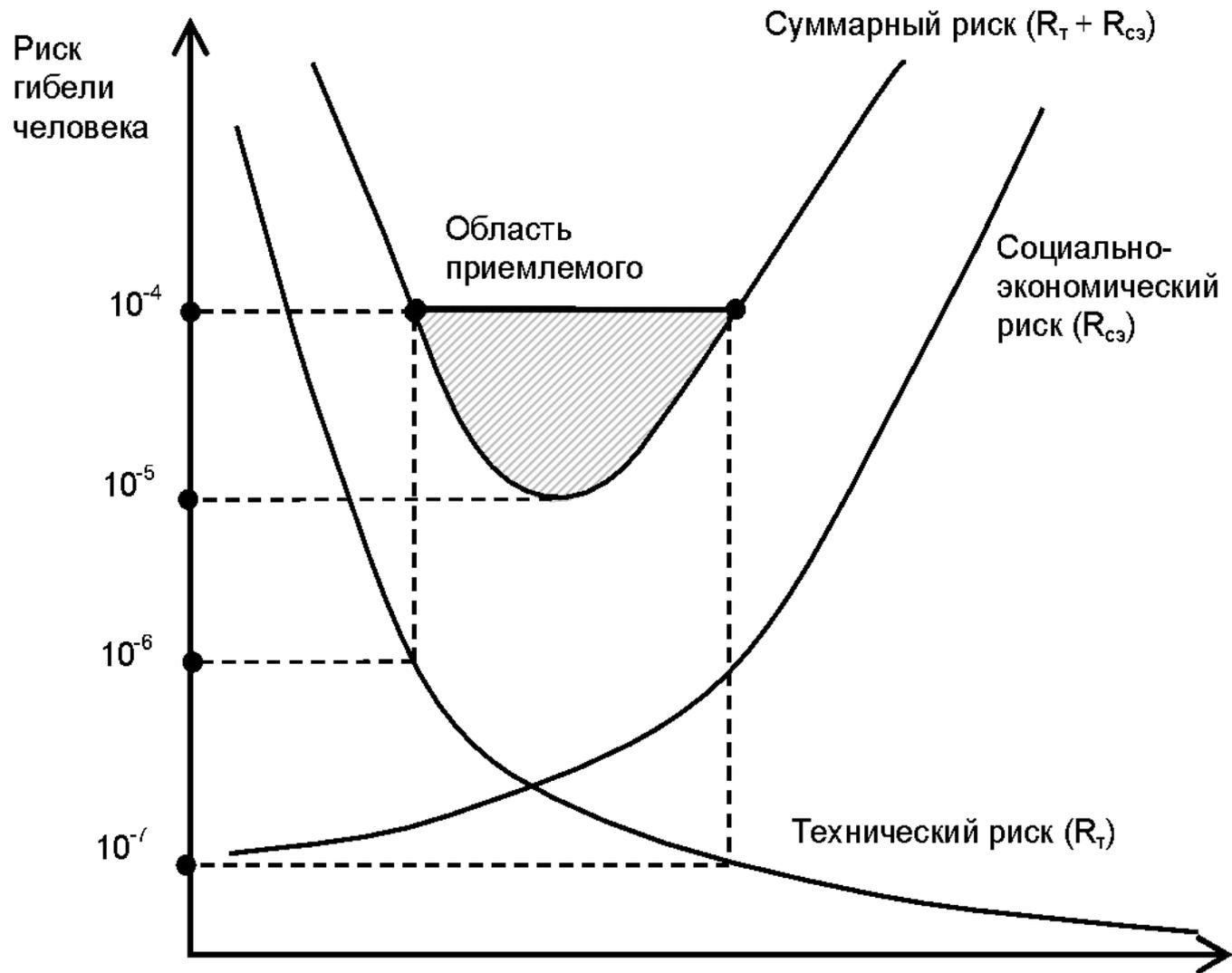
Приемлемый риск

Приемлемый риск объединяет технические, экономические, социальные и политические аспекты и является определенным компромиссом между уровнем безопасности и возможностями его достижения.

- Размер приемлемого риска можно определить, используя затратный механизм бюджета, который позволяет распределить затраты общества на достижение заданного уровня безопасности между природной, техногенной и социальной сферами**

Взаимосвязь социального и технического рисков

- С увеличением затрат на обеспечение безопасности технических систем технический риск уменьшается, но возрастает социально-экономический.
- Тратя чрезмерные средства на повышение безопасности технических систем, в условиях ограниченности средств, можно нанести ущерб социальной сфере, например, ухудшить медицинскую помощь.



Суммарный риск

- **Суммарный риск** имеет минимум при оптимальном соотношении инвестиций в техническую и социальную сферы.
- Это обстоятельство нужно учитывать при выборе риска, с которым общество пока что вынуждено мириться.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ РИСК

- **Максимально приемлемым уровнем индивидуального риска гибели людей** обычно считается риск, который равняется 10^{-6} на год.
- **Малым** считается индивидуальный риск гибели людей, который равняется 10^{-8} на год.

Концепция приемлемого риска может быть эффективно применена для любой сферы деятельности, отрасли производства, предприятий, организаций, учреждений.

Не существует абсолютной безопасности, всегда будет существовать некоторый уровень **остаточного риска**.

Формулы для оценки риска

- Оценка риска чрезвычайно трудная задача
- **1. когда последствия ЧП не известны** – под риском понимают вероятность наступления определенного сочетания нежелательных событий

- $$R = \sum_{i=1}^n P_i$$

- Где P_i вероятность наступления i нежелательного события

Риск как вероятность превышения предела

- $R = P\{q > x\}$
- q – случайная величина
- X – некоторое значение параметра системы

Риск связанный с техникой

- $R = PU$
- P вероятность чрезвычайного события
- U – размер последствий события
- Если любому i событию, происходящему с вероятностью P_i поставлен в соответствие ущерб U_i
- $R = U^* = \sum_{i=1}^n P_i U_i$
- Т.е. риск рассчитывается как ущерб

При летальных исходах

- $R = P_n N^m$
- Где m положительное число
- P_n – вероятность числа летальных исходов
- N – число летальных исходов

Риск возникновения ЧС

- $R = F (P_1 P_{12}C)$
- F – оператор
- P_1 - вероятность возникновения ЧС
- P_{12} - вероятность возникновения неблагоприятных последствий ЧС
- C – вероятность внешних по отношению к ЧС факторов

Пути достижения приемлемого риска

- Пути достижения приемлемого риска:
 - **полный или частичный отказ** от работ, операций и систем, которые имеют высокую степень опасности;
 - **замена опасных операций** другими, менее опасными;
 - **усовершенствования** технических систем и объектов;
 - **разработки и использования специальных средств защиты;**
 - **мероприятия** организационно-управленческого характера, в том числе
 - **ужесточения контроля** за уровнем безопасности, обучения людей вопросам безопасности, стимулирования безопасной работы и поведения

Управление риском

Для того чтобы отдать приоритет каким-либо мероприятиям и средствам или определенному их комплексу, **сравнивают**

□ **затраты на эти мероприятия,**

□ **средства и**

□ **ожидаемый уровень уменьшения вреда в результате их внедрения.**

- Такой подход к уменьшению риска опасности носит название **управление риском.**

Управление риском

- **стоимость** не является единственным и главным критерием обеспечения приемлемого риска. Важную роль играет **оценка процесса**, связанная с определением и контролем риска.
- **Чтобы исключить или уменьшить возможность влияния аварии, стихийного бедствия или катастрофы, согласно требованиям законодательства и нормативных актов** владельцем предприятия должны быть разработаны и утверждены :
 - ❖ **план предупреждения чрезвычайных ситуаций и**
 - ❖ **план (инструкция) ликвидации аварий (чрезвычайных ситуаций).**

- **В плане предупреждения чрезвычайных ситуаций рассматриваются возможные аварии и другие чрезвычайные ситуации техногенного и естественного происхождения, прогнозируются следствия, определяются мероприятия по их предупреждению, сроки выполнения, а также силы и средства, которые привлекаются к этим мероприятиям.**
- **В плане (инструкции) ликвидации аварий (чрезвычайных ситуаций) должны быть приведены все возможные аварии и другие чрезвычайные ситуации, определены действия должностных лиц и работников предприятия во время их возникновения, обязанности профессиональных аварийно-спасательных формирований или работников других предприятий, учреждений и организаций, которые привлекаются к ликвидации чрезвычайных ситуаций.**