

- Современная цивилизация столкнулась с грандиозной проблемой, заключающейся в том, что основа бытия общества – промышленность, сконцентрировав в себе колоссальные запасы энергии и новых материалов, стала угрожать жизни и здоровью людей, и даже окружающей среде. **Авария** в условиях современной техносферы по своим масштабам и тяжести последствий стала сравнима с природными катастрофами и разрушительными последствиями военных действий с применением ядерного оружия. Как свидетельствуют статистические данные последние 20 лет 20-го века принесли 56% от наиболее крупных происшествий в промышленности и на транспорте.
- Считается, что ущерб от аварийности и травматизма достигает 10...15% от валового национального продукта промышленно развитых государств, а экологическое загрязнение окружающей природной среды и несовершенная техника безопасности являются причиной преждевременной смерти 20...30% мужчин и 10...20% женщин.
- В 1995 году на территории РФ было зафиксировано около 1550 чрезвычайных ситуаций, из которых 1150 носили техногенный характер и 400 – природный. В них пострадало 18000 человек, погибло свыше 1800.

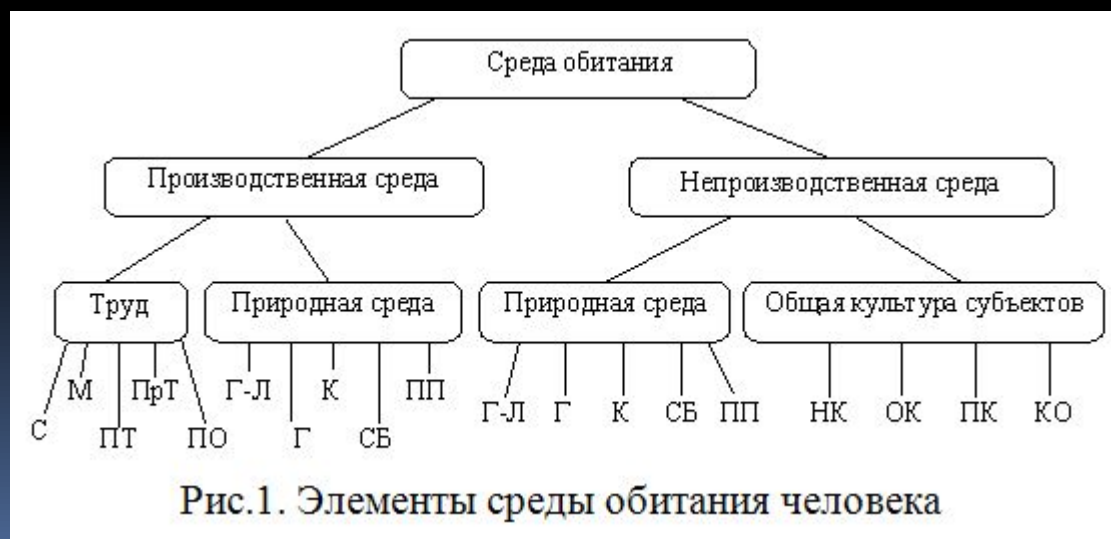
- Каждый час в России погибает один человек, двое становятся инвалидами.
- Уровень производственного травматизма со смертельным исходом (в расчете на тысячу работающих) в нашей стране в **8 раз выше**, чем в Великобритании и в **7 раз**, чем в Японии. Россия занимает первое место по травматизму среди развитых стран, а профессиональная патология в России самая высокая в мире.
- Для многих стран мира стало типичным **аварийное загрязнение среды** обитания токсичными химическими веществами. По некоторым оценкам стихийные явления приводят к гибели до **250 тысяч человек** и подвергают опасности жизнь около **25 миллионов человек** в год.
- Приведенные данные отображают нарастающее негативное воздействие на человека и природную среду опасных и вредных факторов, свидетельствуют об огромной актуальности проблем, связанных с обеспечением безопасности жизнедеятельности и сохранением природы на современном этапе развития.

## ■ ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- **Безопасность жизнедеятельности (БЖД)** - это область знаний, в которой изучаются **опасности**, угрожающие человеку (природе), закономерности их проявления и способы защиты от них. В определении существенны три момента: **опасность, человек (природа), защита**.
- **Безопасность** - это состояние деятельности, при которой с определенной вероятностью исключено причинение ущерба здоровью человека (или отсутствие чрезмерной опасности). **Безопасность - это цель**. По характеру неблагоприятного воздействия на организм человека воздействующие факторы называют *вредными и опасными*.
- *К вредным* относят такие факторы, которые становятся в определенных условиях причинами заболеваний или снижения работоспособности.
- *Опасными факторами* принято называть такие, которые приводят в определенных условиях к травматическим повреждениям (нарушение тканей организма и нарушение его функций) или другим внезапным и резким нарушениям здоровья, а так же к смерти.
- **Цель БЖД** - обеспечение комфортных условий деятельности человека на всех стадиях его жизненного цикла и нормативно-допустимых уровней воздействия негативных факторов на человека и природную среду.

- *Задачи БЖД* сводятся к теоретическому анализу и разработке методов идентификации (распознавание и количественная оценка) опасных и вредных факторов, генерируемых элементами среды обитания (технические средства, технологические процессы, материалы, здания и сооружения, элементы техносферы, природные явления).
- *В круг научных задач* также входят: комплексная оценка многофакторного влияния негативных условий обитания на работоспособность и здоровье человека; оптимизация условий деятельности и отдыха; реализация новых методов защиты; моделирование чрезвычайных ситуаций и др.
- *Круг практических задач* прежде всего обусловлен выбором принципов защиты, разработкой и рациональным использованием средств защиты человека и природной среды (биосферы) от негативного воздействия техногенных источников и стихийных явлений, а также средств, обеспечивающих комфортное состояние среды жизнедеятельности.

- **Объектом изучения БЖД** как науки является *среда или условия обитания человека*. Эту среду по генезису (происхождению) можно классифицировать на **производственную и непроизводственную**. Основные элементы среды представлены на рисунке.
- Природная среда представлена в виде географо-ландшафтных (Г-Л), геофизических (Г), климатических (К) элементов; стихийных бедствий (СБ), в том числе пожаров от молний и других природных источников; природных процессов (ПП) в виде газовыделений из горных пород и т.п. Они могут проявляться как в непроизводственной сфере, так и в производственной, особенно в таких отраслях народного хозяйства, как строительство, горная промышленность, геология, геодезия и других. Общую культуру субъектов составляют такие элементы, как нравственная культура (НК), общеобразовательная (ОК), правовая (ПК), культура общения (КО).



**Производственная  
среда**

регламентные  
опасности  
производства

человек

нештатные  
чрезвычайные  
ситуации

**Окружающая  
среда**

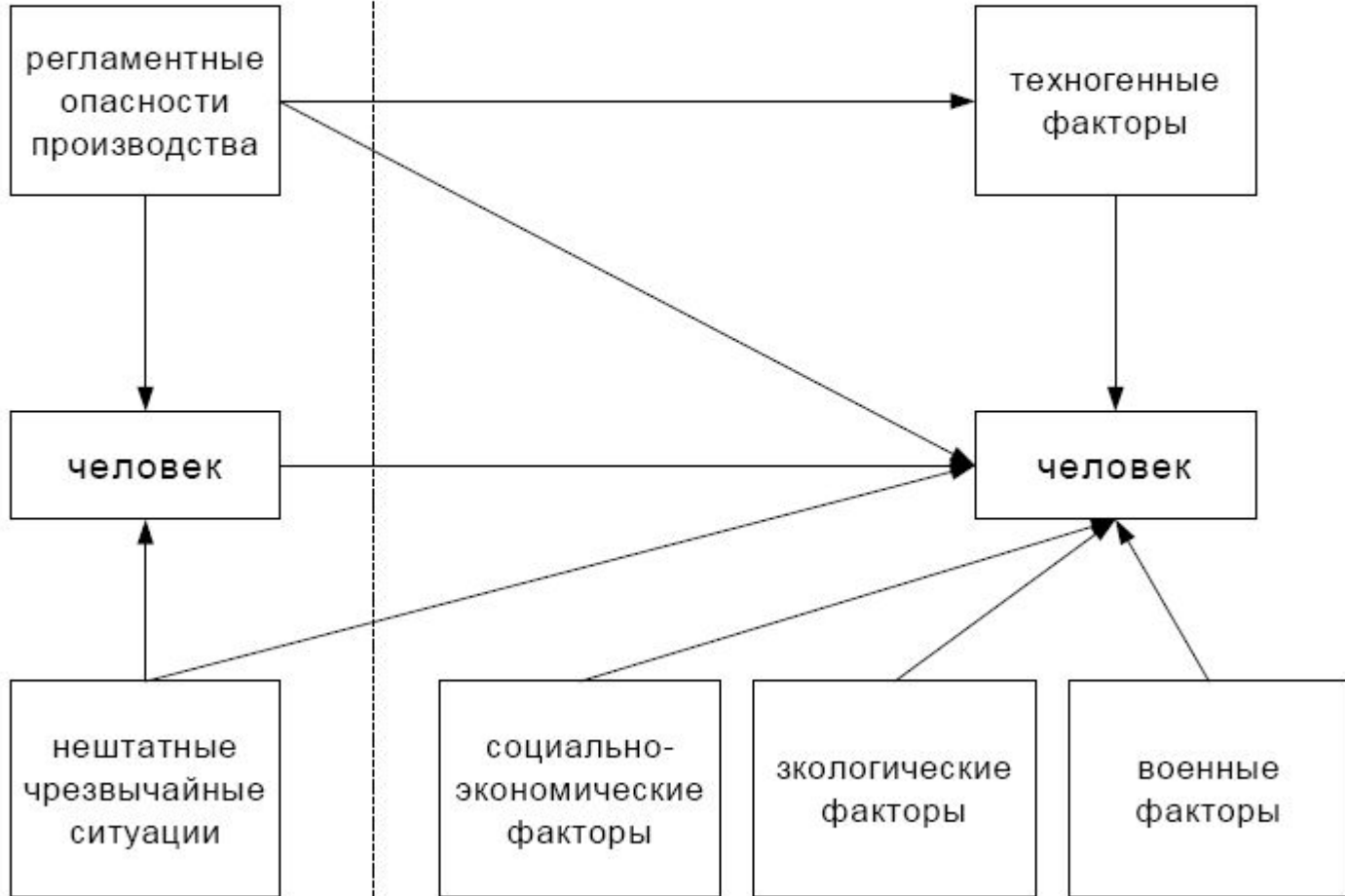
техногенные  
факторы

человек

социально-  
экономические  
факторы

экологические  
факторы

военные  
факторы



- Все элементы, составляющие среду обитания человека, в действии становятся факторами, влияющими на БЖД. Поэтому, изучая среду обитания, БЖД обязана рассматривать влияние этих факторов на человека как в отдельности, так и в совокупности.
- Труд, природная среда, общая культура субъектов как элемент среды обитания человека в отдельности являются объектом исследования многих естественных и общественных наук: политэкономии, философии, гигиены труда, эргономики, социологии, инженерной психологии и других. Отличаются эти науки друг от друга предметом изучения, целью и задачами.
- Свои предметы изучения имеет и БЖД. К ним можно отнести физиологические и психофизиологические возможности человека с точки зрения БЖД, формирование безопасных условий и их оптимизации и т.д.
- **Опасность** - явления, процессы, объекты, способные в определенных условиях наносить ущерб здоровью человека непосредственно или косвенно, т. е. вызывать нежелательные последствия. Опасность хранят все системы, имеющие энергию, а также характеристики, не соответствующие условиям жизнедеятельности человека.
- ***Опасность:** явления, процессы, объекты, способные в определенных условиях наносить ущерб здоровью человека непосредственно или косвенно, т.е. вызывать нежелательные последствия;*
- *- процессы, явления, предметы, оказывающие негативное влияние на жизнь и здоровье человека;*
- *- негативное свойство системы «человек—среда обитания», способное причинять ущерб и обусловленное энергетическим состоянием среды и действием человека*

- Исходя из изложенного **опасность** — это процесс, явление, объект, антропогенное воздействие или их комбинация, нарушающие или способные нарушить устойчивое состояние среды обитания, снизить ее упорядоченность, а также угрожающие здоровью и жизни человека. Под устойчивым состоянием среды обитания здесь понимается сохранение ее структуры и возможности функционирования, как в пространстве, так и во времени.
- Кроме того, опасность можно трактовать как состояние, при котором возможность осуществления некоторых условий наступления неблагоприятных событий и процессов становится реальной.
- С понятием опасности, особенно при рассмотрении вопросов техногенной, экологической или национальной безопасности, связано понятие **угрозы**.
- В широком смысле под угрозой понимается возможная опасность или возможность реализации той или иной опасности. Опасностью обладают все системы, имеющие энергию, химически или биологически активные компоненты, а также характеристики, не соответствующие условиям жизнедеятельности (т.е. повседневной деятельности) человека.



- Достаточно полной классификации и систематизации опасностей в настоящее время не существует, однако опасности делятся:
  - • **по источнику происхождения** — на природные, технические, антропогенные, экологические и смешанные. Различают физические, химические биологические и психофизические группы опасностей.
  - • **по времени проявления негативных последствий** опасности — на импульсивные (действия проявляются сразу) и кумулятивные (их отрицательные последствия накапливаются);
  - • **по месту действия (локализации)** — на действующие в литосфере (твердой оболочке Земли), гидросфере (ее водной оболочке), в атмосфере и в космосе.
  - • **по последствиям действия опасностей** — ухудшение состояния или разрушение среды обитания, а также негативные воздействия, оказываемые на людей, проявляющиеся в утомлении, заболеваниях, травмах (повреждение тканей организма и нарушение его функций внешним воздействием) и летальных исходах.

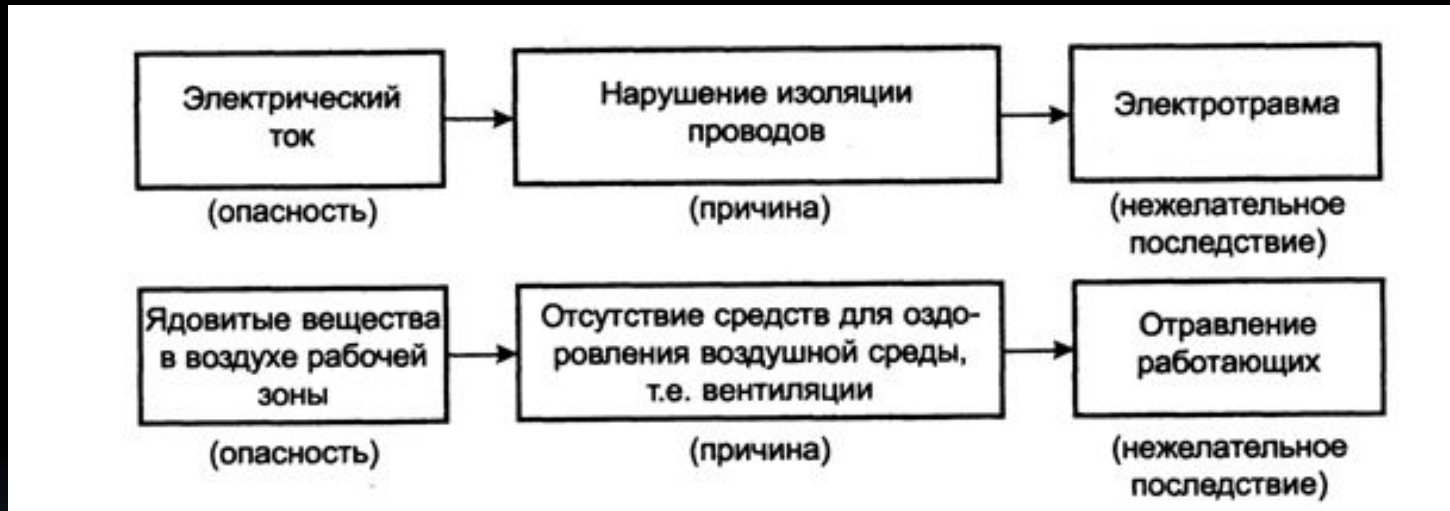
■

- Опасности могут проявляться в окружающей природной среде, в процессе трудовой деятельности человека, в быту, в чрезвычайных ситуациях и в других сферах.
- • По структуре опасности можно подразделять на простые (элементарные) и производные (комбинированные), возникающие вследствие возникновения простых.
- • По характеру воздействия на человека различают активные и пассивные опасности. Первые из них оказывают действие на человека за счет своей внутренней энергии (например, различные стихийные бедствия), а вторые активизируются за счет энергии, носителем которой выступает сам человек (например, неподвижные колющие и режущие инструмент, гололед и другие помехи при ходьбе человека и др.).

- По современным представлениям насчитывается более 100 простых и комбинированных опасностей: взрывы, заболевания, засухи, землетрясения, наводнения, пожары, радиация, ураганы, утомление, электрический ток, электромагнитное поле, эмоциональный стресс, ядовитые вещества и т.д.
- *Многие из опасностей носят **скрытый (потенциальный) характер** и их необходимо обнаружить (идентифицировать).*
- Под идентификацией опасностей понимают процесс обнаружения и установления количественных, временных, пространственных и иных характеристик, необходимых и достаточных для разработки профилактических и оперативных мероприятий, направленных на обеспечение безопасности жизнедеятельности.
- **Идентификация** предполагает установление **типа** возможных опасностей, **вероятность** их проявления, **локализацию** опасностей в пространстве и времени, определение ущерба от их действия и т.д.
- Потенциальные опасности реализуются в определенных условиях, которые называют **причинами**.
- *Причины характеризуют совокупность обстоятельств, в результате которых опасности проявляются и вызывают те или иные нежелательные последствия, например, экологический или экономический ущерб, травмы, заболевания и др.*
-

- 
- Превращение потенциальной опасности в реальную происходит в результате протекания процесса: **опасность — причины — нежелательные последствия.**

- Например:



- Другими словами, причины характеризуют совокупность обстоятельств, благодаря которым опасности проявляются и вызывают те или иные нежелательные последствия, ущерб.

- Важную роль при изучении безопасности жизнедеятельности играют понятия *техногенной и экологической опасностей*.
- Под **техногенной** опасностью понимается такое состояние техносферных комплексов и их составляющих, при котором возможны аварии и катастрофы на промышленных и других объектах и угроза жизненно важным элементам личности, обществу и окружающей природной среде становится реальной. Реализация техногенных опасностей в первую очередь наносит ущерб окружающей среде. Таким образом, факторы техногенной опасности служат источниками возникновения экологической опасности.
- **Экологическую опасность** можно определить как состояние компонентов окружающей природной среды, природно-хозяйственных и иных подобных комплексов, природных образований и экосистем, подвергшихся антропогенным и природным воздействиям, при котором возникает угроза интересам личности, общества и государства в экологической сфере.
- *Источники экологической опасности можно подразделить на прямые и косвенные.*
- **Прямые источники** — это, прежде всего различного рода *критические состояния* природной среды, возникшие естественным путем, которые способны вызвать видовые, структурные изменения в экосистемах, нарушение их равновесий и прочие негативные последствия. К ним могут быть отнесены изменение климатических условий, истощение озонового слоя, парниковый эффект и др.
- **Косвенные источники** экологической опасности формируются за счет техногенных, военных, социально-экономических и природных факторов опасности. Например, возникшее при техногенной аварии радиоактивное или химическое загрязнение окружающей среды становится в свою очередь источником экологической опасности.

- Центральное место в учении об опасности занимает **аксиома о потенциальной опасности деятельности**, базирующаяся на опыте человечества:
- *любая деятельность потенциально опасна: ни в одном виде деятельности невозможно достичь абсолютной безопасности.*
- Из этой аксиомы вытекает важный для практики вывод: *не существует абсолютно безопасного вида деятельности человека.*
- Основная задача безопасности жизнедеятельности, таким образом — не полное исключение действующих в среде обитания опасностей, а снижение вероятности их появления до минимума.
- Данная аксиома имеет исключительное методологическое и эвристическое значение. Из этой аксиомы следует вывод о том, что, несмотря на предпринимаемые защитные меры, всегда сохраняется некоторый **остаточный риск**.

- **Стандартный курс безопасности жизнедеятельности** обычно состоит из трех разделов: **промышленной экологии, безопасности производства и безопасности в ЧС.**
- **Экологическая безопасность** — раздел науки о безопасности жизнедеятельности, призванный идентифицировать негативное воздействие производств на биосферу или техносферу, разрабатывать и применять средства для снижения этого воздействия до допустимых значений, развивать основы малоотходных и безотходных производств.
- **Безопасность производства** — раздел науки о безопасности жизнедеятельности, призванный идентифицировать негативные факторы производственной среды, создавать комфортные и безопасные условия труда.
- **Безопасность (защита) в чрезвычайных ситуациях** — раздел науки о безопасности жизнедеятельности, призванный идентифицировать негативное воздействие стихийных явлений и прогнозируемых техногенных аварий, разрабатывать и использовать средства для защиты людей и ликвидации последствий негативного воздействия на среду обитания.

- Таким образом, в данном курсе рассматриваются взаимодействие человека с биосферой и техносферой (в условиях производства), а также меры его защиты в условиях ЧС.
- Кроме перечисленных взаимодействий представляет интерес обеспечение безопасности человека в городской среде, на транспорте, в быту и т.д.
- Безопасность жизнедеятельности — комплексная дисциплина, основывающаяся на законах физики, химии, биологии, медицины, различных технических наук. Здесь широко используются различные математические методы и в первую очередь математическое моделирование.
  - **Номенклатура опасностей**
- **Номенклатура** — система названий, терминов, употребляемых в какой-либо отрасли науки, техники.
- В теории БЖД целесообразно выделить несколько уровней номенклатуры: **общую, локальную, отраслевую, местную** (для отдельных объектов) и др.



- В *общую* номенклатуру в алфавитном порядке включаются все виды опасностей: алкоголь, аномальная температура воздуха, аномальная влажность воздуха, аномальная подвижность воздуха, аномальное барометрическое давление, арборициды, аномальное освещение, аномальная ионизация воздуха, вакуум, взрыв, взрывчатые вещества, вибрация, вода, вращающиеся части машины, высота, газы, гербициды, глубина, гиподинамия, гипокинезия, гололед, горячие поверхности, динамические перегрузки, дождь, дым, движущиеся предметы, едкие вещества, заболевания, замкнутый объем, избыточное давление в сосудах, инфразвук, инфракрасное излучение, искры, качка, кинетическая энергия, коррозия, лазерное излучение, листопад, магнитные поля, макроорганизмы, медикаменты, метеориты, микроорганизмы, молнии (грозы), монотонность, нарушение газового состава воздуха, наводнение, накипь, недостаточная прочность, неровные поверхности, неправильные действия персонала, огнеопасные вещества, огонь, оружие (огнестрельное, холодное и т. д.), острые предметы (колющие, режущие), отравление, ошибочные действия людей, охлажденные поверхности, падение (без установленной причины), пар, перегрузка машин и механизмов, перенапряжение анализаторов, пестициды, повышенная яркость света, пожар, психологическая несовместимость, пульсация светового потока, пыль, рабочая поза, радиация, резонанс, сенсорная депривация, скорость движения и вращения, скользкая поверхность, снегопад, солнечная активность, солнце (солнечный удар), сонливость, статические перегрузки, статическое электричество, тайфуны, ток высокой частоты, туман, ударная волна, ультразвук, ультрафиолетовое излучение, умственное перенапряжение, ураган, ускорение, утомление, шум, электромагнитное поле, эмоциональный стресс, эмоциональная перегрузка, ядовитые вещества и др.

- **Полезность номенклатур** состоит в том, что они содержат полный перечень потенциальных опасностей и облегчают процесс идентификации. Процедура составления номенклатуры имеет профилактическую направленность.
- **К принципам достижения безопасности** относятся общие идеи или основные положения, использование которых позволяет реализовать поставленные требования.
- **Методы достижения безопасности** характеризуют пути и способы достижения указанной цели.
- **К средствам обеспечения безопасности** относят конкретные практические приемы ее достижения.
- Существует более 30 ориентирующих, организационных, управленческих и технических принципов обеспечения безопасности труда.
- Некоторые принципы относятся к нескольким классам одновременно. Принципы обеспечения безопасности образуют систему. В то же время каждый принцип обладает относительной самостоятельностью.

## ▪ *Ориентирующие принципы*

- Ориентирующие принципы представляют собой основополагающие идеи, определяющие направление поиска безопасных решений и служащие методологической и информационной базой.
- **Принцип системности** состоит в том, что *любое явление, действие, всякий объект рассматривается как элемент системы. Под системой понимается совокупность элементов, взаимодействие между которыми адекватно однозначному результату.*
- Такую систему будем называть **определенной**. Если же совокупность элементов взаимодействует так, что возможны различные результаты, то **система** называется **неопределенной**. Причем уровень неопределенности системы тем выше, чем больше различных результатов может появиться. *Неопределенность порождается неполным учетом элементов и характером взаимодействия между ними.*

- Так, например, **пожар** как физическое явление возможен при наличии:
  - 1) горючего вещества;
  - 2) кислорода в воздухе не менее 14% по объему;
  - 3) источника воспламенения определенной мощности и совмещении перечисленных трех условий в
  - 4) пространстве и 5) времени.
- *В данном примере пять условий*— это элементы, образующие определенную систему, так как результатом их взаимодействия является одно конкретное следствие — **пожар**. Устранение хотя бы одного элемента исключает возможность загорания и, следовательно, разрушает данную систему как таковую.
- Таким образом, рассматривая явления с системных позиций, следует различать такие понятия, как **система**, **элементы системы** и **результат**. Причем перечисленные понятия сами находятся в системном отношении между собой.

- **Принцип деструкции** (от латинского **destructio** — разрушение) заключается в том, что система, приводящая к опасному результату, *разрушается* за счет исключения из нее одного или нескольких элементов. Принцип деструкции органически связан с рассмотренным принципом системности и имеет столь же универсальное значение.
- При анализе безопасности сначала используют принцип системности, а затем, учитывая принцип деструкции, разрабатывают мероприятия, направленные на исключение некоторых элементов, что приводит к желаемой цели.
- *Поясним на примерах.*
- 1) Для возникновения и развития процесса горения необходимы горючее, окислитель и источник зажигания с определенными параметрами. Так, наибольшая скорость горения наблюдается в чистом кислороде, наименьшая — при содержании кислорода в воздухе 14% (об), при дальнейшем уменьшении концентрации кислорода горение большинства веществ прекращается. Температура горящего вещества также должна быть определенной. Если горящий объект охлажден ниже температуры воспламенения, то горение прекращается.
- Воспламенение возможно также только при условии *определенной мощности источника* зажигания. Нарушение хотя бы одного из условий, необходимых для процесса горения, приводит к прекращению горения. Это обстоятельство широко используется в практике тушения пожаров. Принцип деструкции также используется в технике предупреждения взрывов газов, пыли, паров.

- 2) Известно, что смесь горючего и окислителя горит лишь в определенном интервале концентраций.
- *Минимальная концентрация*, при которой возможен взрыв, называется нижним концентрационным пределом. *Максимальная концентрация*, при которой еще возможен взрыв, называется *верхним концентрационным пределом*.
- Чтобы избежать взрыва, нужно тем или иным способом *снизить концентрацию ниже нижнего предела или поднять выше верхнего концентрационного предела взрываемости*.
- Другими словами, нужно применить принцип **деструкции**, заключающийся в данном случае в исключении такого условия, как взрывчатая смесь. Принцип деструкции применяется для предупреждения такого явления, как самовозгорание.
- Самовозгорание характеризуется тем, что горение вещества возникает при отсутствии внешнего источника зажигания. Чем ниже температура, при которой происходит процесс самовозгорания, тем вещество опаснее в пожарном отношении.
- К самовозгорающим относятся вещества растительного происхождения (сено, опилки), торф, ископаемые угли, масла и жиры, некоторые химические вещества и смеси. Самовозгорание происходит в результате экзотермических реакций при недостаточном отводе тепла.
- Наиболее опасны растительные масла и жиры, содержащие определенные органические соединения, способные легко окисляться и полимеризоваться, например, льняное масло. Особую опасность представляют ткани (спецодежда), обтирочные материалы, на которые попали растительные масла. Промасленную спецодежду следует развешивать так, чтобы обеспечить свободный доступ воздуха к поверхности ткани. Этим самым нарушается условие самовозгорания, так как исключается накопление тепла.

- **Принцип снижения опасности** заключается в использовании решений, которые направлены *на повышение безопасности*, но не обеспечивают достижения желаемого или требуемого по нормам уровня. Этот принцип в известном смысле носит компромиссный характер.
- Приведем примеры.
- 1) Одним из эффективных методов повышения пожарной безопасности в химическом производстве является замена *огнеопасных легколетучих жидкостей, часто применяемых в качестве растворителей, менее опасными жидкостями с температурой кипения выше 110°C* (амилацетат, этиленгликоль, хлорбензол, ксилол, амиловый спирт и др.).
- 2) Для защиты от поражений электрическим током применяют так называемые безопасные напряжения (12, 24, 36 В). При таком напряжении опасность поражения током снижается. Однако считать такие напряжения абсолютно безопасными нельзя, поскольку известны случаи поражения человека при воздействии именно таких напряжений.
- 3) Одним из средств повышения безопасности вредных и взрывоопасных производств является вынос оборудования на открытые площадки. Это снижает вероятность отравления вредными веществами, а также существенно снижает опасность взрыва, пожара.
- 5) Снижение вредного воздействия выбросов и степени взрыво- и пожароопасности достигается соответствующим расположением предприятий на генеральном плане *с учетом преобладающего направления ветров*. При этом снижается (но не исключается полностью) вероятность вредного воздействия выбросов на людей.

- **Принцип ликвидации опасности** состоит в устранении опасных и вредных факторов, что достигается изменением технологии, заменой опасных веществ безопасными, применением более безопасного оборудования, совершенствованием научной организации труда и другими средствами.
- Этот принцип наиболее прогрессивен по своей сути и весьма многолик по формам реализации. С поиска способов реализации именно этого принципа следует начинать как теоретические, так и практические работы по повышению уровня безопасности жизнедеятельности.
- Рассмотрим несколько примеров.
- 1) Некоторые катализаторы являются вредными и огнеопасными. В технологическом процессе алкилирования фенола в качестве катализатора раньше применяли серную кислоту и хлористый алюминий. Теперь они заменены катионообменной смолой КУ-2, что исключает опасность ожога кислотой.
- 2) Ртуть является высокотоксичным веществом. Рекомендуется во всех случаях, где это возможно, ртутные приборы заменять безртутными.



- 3) При проведении многих технологических процессов удаляется много взрывоопасных и токсичных гаов. Для обеспечения безопасности применяют факельную систему сбора, использования и уничтожения этих газов.
- В факельные системы для сжигания направляют неиспользуемые горючие газы и пары, сбрасываемые технологическим оборудованием, а также через предохранительные клапаны, патрубки и др. Факельная система состоит из магистральных газопроводов, по которым выбросы поступают к факельной трубе, при выходе из которой газ сжигается. К магистральным газопроводам газ подводится по трубам из цехов и установок..
- 4) При декомпрессии после пребывания работающего под водой или в кессоне может возникать кессонная болезнь.
- Основные нарушения в организме человека происходят из-за значительного поглощения тканями азота. Так, при нормальном атмосферном давлении в 100 мл. крови содержится 1 мл азота, а при давлении 0,3 Па (3 атм.) — 3 мл.
- При декомпрессии происходит переход азота из растворенного состояния в газообразное. Это вызывает тяжелое заболевание человека. Благодаря тому, что гелий очень плохо растворим в крови, его используют как составную часть искусственного воздуха, подаваемого для дыхания водолазам. Это предотвращает появление кессонной болезни.

## ▪ *Технические принципы*

- **Технические принципы** направлены на непосредственное предотвращение действия опасностей. Технические принципы основаны на использовании физических законов.
- **Принцип защиты расстоянием** заключается в *установлении такого расстояния между человеком и источником опасности, при котором обеспечивается заданный уровень безопасности.* Принцип основан на том, что действие опасных и вредных факторов *ослабевает по тому или иному закону или полностью исчезает в зависимости от расстояния.*
- **Противопожарные разрывы.** Чтобы избежать распространения пожара, здания, сооружения и другие объекты располагают на определенном расстоянии друг от друга. Эти расстояния называют противопожарными разрывами.
- **Санитарно-защитные зоны.** Для защиты жилых застроек от вредных и неприятно пахнущих веществ, повышенных уровней шума, вибраций, ультразвука, электромагнитных волн радиочастот, статического электричества, ионизирующих излучений предусматриваются санитарно-защитные зоны.

- Санитарно-защитная зона — это пространство между границей жилой застройки и объектами, являющимися источниками вредных факторов. Размер санитарно-защитной зоны устанавливается в соответствии с санитарной классификацией предприятий.
- Для предприятий классов I, II, III, IV, V размеры санитарно-защитных зон соответственно составляют 2000, 1000, 500, 300, 100 м. Размеры санитарно-защитных зон могут быть увеличены или уменьшены при надлежащем технико-экономическом и гигиеническом обосновании.
- Расстояние от наиболее удаленного рабочего места до эвакуационного выхода. Для того чтобы люди во время пожара могли беспрепятственно, и безопасно покинуть здание, регламентируется кратчайшее расстояние от рабочего места до выхода наружу.
- Защита от электрического тока. Защита от прикосновения к токоведущим частям электрических установок достигается, в частности, недоступным расположением токоведущих частей. Защита от ионизирующих излучений и ЭМП также обеспечивается расстоянием.

- **Принцип прочности** состоит в том, что в целях *повышения уровня безопасности усиливают способность материалов, конструкций и их элементов сопротивляться разрушениям и остаточным деформациям от механических воздействий.*
- Реализуется принцип прочности при помощи так называемого *коэффициента запаса прочности*, который представляет собой *отношение опасной нагрузки, вызывающей недопустимые деформации или разрушения, к допускаемой нагрузке.*
- Величину коэффициента запаса прочности устанавливают исходя из характера действующих усилий и напряжений (статический, ударный), механических свойств материала, опыта работы аналогичных конструкций и других факторов.
- Применяются различные методы расчета конструкций на прочность. При расчете по предельной нагрузке коэффициент запаса прочности определяется отношением предельной нагрузки к рабочей.
- Коэффициент запаса прочности для канатов представляет собой отношение *действительного разрывного усилия к наибольшему допустимому натяжению каната.* Величина коэффициента регламентируется правилами и принимается для лифтов в зависимости от вида и назначения в пределах 8-25, для кранов — 3-6.

**Принцип слабого звена** состоит в применении в целях безопасности ослабленных элементов конструкций или специальных устройств, которые разрушаются или срабатывают при определенных предварительно рассчитанных значениях факторов, обеспечивая сохранность производственных объектов и безопасность персонала.

Принцип слабого звена используется в различных областях техники.

**Противовзрывные проемы.** Для обеспечения взрывостойкости зданий, внутри которых возможен взрыв, в оболочке зданий предусматривают **противовзрывные проемы** такой площади, через которые в течение заданного времени (исключающего разрушение здания) можно понизить давление взрыва до безопасной величины. В качестве противовзрывных часто используют **оконные и дверные проемы**. Давление, при котором разрушаются или открываются проемы, должно быть возможно меньшим. **Остекление для взрывоопасных зданий рекомендуется одинарным.** Если площадь остекления не обеспечивает взрывостойкости, то устраивают легко сбрасываемые или легко разрушаемые покрытия или панели, масса  $1 \text{ м}^2$  которых не должна превышать 120 кг. Отношение площади проемов к площади всего покрытия называют **коэффициентом проемности**, который принимается равным 0,6-0,7.

**Противовзрывные клапаны.** Для предотвращения разрушающего действия взрыва в аппаратах, газоходах, пылепроводах и других устройствах применяют противовзрывные клапаны различных конструкций, а также разрывные мембраны из алюминия, меди, асбеста, бумаги. Мембраны (пластинки) должны разрываться при давлении, превышающем рабочее давление не более, чем на 25%.

▪ **Предохранительные клапаны.** Сосуды, работающие под давлением, снабжают предохранительными клапанами. Число и размеры предохранительных клапанов подбирают с учетом того, чтобы в сосуде не могло возникнуть давление, превышающее расчетное более чем на 15% при рабочем давлении  $p < 6 \text{ МПа}$  и более чем на 10% при давлении  $p > 6 \text{ МПа}$ .

- **Принцип экранирования** состоит в том, что между источником опасности и человеком устанавливается преграда, гарантирующая защиту от опасности. При этом функция преграды состоит в том, чтобы препятствовать прохождению опасных свойств в **гомосферу**. Применяются, как правило, разнообразные по конструкции сплошные экраны.
- *Защита от тепловых излучений.* Распространено применение экранов для защиты от тепловых облучений. При этом различают экраны **отражения, поглощения и теплоотвода**. Для устройства экранов *отражения* используют светлые материалы: алюминий, белую жести, алюминиевую фольгу, оцинкованное железо.
- *Теплоотводящие* экраны изготавливают в виде конструкций с пространством (змеевиком) с находящейся в нем проточной водой. Теплопоглощающие экраны изготавливают из материала с большой степенью черноты. Если необходимо обеспечить возможность наблюдения (кабины, пульта управления), применяют прозрачные экраны, выполненные из многослойного или жаропоглощающего стекла или других конструкций. Прозрачным теплопоглощающим экраном служат и водяные завесы, которые могут быть двух типов: переливные (вода подается сверху) и напорные (с подачей воды снизу под давлением).

- С принципом прочности связано решение вопросов устойчивости (жесткости) конструкции.
- Под *устойчивостью* понимают способность конструкции сопротивляться возникновению больших отклонений от положения невозмущенного равновесия при малых возмущающих воздействиях. Принцип прочности реализуется для защиты от электротока. Для защиты от поражения в электроустановках применяют изолирующие средства, обладающие высокой механической и электрической **прочностью**.
- На принципе прочности основано применение предохранительных поясов для работы на высоте. Предохранительный пояс цепью прикрепляется к прочным конструкциями при помощи карабина.

- *Защита от ионизирующих излучений.* Защитное экранирование широко применяется для защиты от ионизирующих излучений. Оно позволяет снизить облучение до любого заданного уровня. Материал, применяемый для экранирования, и толщина экрана зависят от природы излучения (альфа, бета, гамма, нейтроны). Толщина экрана рассчитывается на основе законов ослабления излучений в веществе экрана.
- *Альфа-частицы* имеют небольшую величину пробега и легко поглощаются стеклом, плексигласом, фольгой любой толщины.
- Для защиты от *бета-излучений* применяют материалы с небольшим атомным номером, для поглощения жестких беталучей применяют свинцовые экраны с внутренней облицовкой алюминием.
- Для ослабления *гамма-излучения* чаще всего используют элементы с высоким атомным номером и высокой плотностью: свинец, вольфрам, бетон, сталь.
- *Нейтроны* высокой энергии сначала замедляют до тепловых при помощи водородосодержащих веществ (тяжелая вода, парафин, пластмассы, полиэтилен), а затем поглощают медленные нейтроны при помощи материалов, имеющих большое сечение поглощения (борнит, графит, кадмий и др.).
- *Защита от электромагнитных излучений.* Экранирование используется для защиты от электромагнитных полей. В этом случае применяют материалы с высокой электрической проводимостью (медь, алюминий, латунь) в виде листов толщиной не менее 0,5 мм или сетки с ячейками размером не более 4 x 4 мм. Электромагнитное поле ослабляется металлическим экраном в результате создания в его толще поля противоположного направления.



- *Защита от вибраций и шума.* Одним из эффективных способов защиты от вибраций, вызываемых работой машин и механизмов, является виброизоляция. Роль своеобразного экрана здесь выполняют амортизаторы (виброизоляторы), представляющие собой упругие элементы, размещенные между машиной и ее основанием. Энергия вибрации поглощается амортизаторами, а это уменьшает передачу вибраций на основание.
- Экраны используют для защиты работающих от прямого воздействия **шума**.
- Акустический эффект экрана основан на образовании за ним области тени, куда звуковые волны проникают лишь частично. Причем справедлива такая зависимость: чем больше длина звуковой волны, тем меньше при данных размерах экрана область тени.
- Следовательно, применение экранов эффективно для защиты от средне- и высокочастотных шумов. На низких частотах за счет эффекта дифракции звук огибает экраны, не создавая аэродинамической тени.
- *Система индивидуальной защиты (СИЗ).* Принцип экранирования используется в СИЗ (очки, щитки).

## ■ *Управленческие принципы*

- **Управленческими называются принципы**, определяющие взаимосвязь и отношения между отдельными стадиями и этапами процесса обеспечения безопасности.
- **Принцип плановости** означает установление на определенные периоды *направлений количественных показателей деятельности*.
- В соответствии с рассматриваемым принципом должны устанавливаться *конкретные количественные задания на различных иерархических уровнях на основе контрольных цифр*.
- Планирование в области безопасности должно ориентироваться на достижение конечных результатов, выраженных в показателях, *характеризующих непосредственно условия труда*. Другие показатели являются производными.
- **Принцип стимулирования** означает учет количества и качества затраченного труда и полученных результатов при распределении материальных благ и моральном поощрении. Принцип стимулирования реализует такой важный фактор, как личный интерес.

- **Принцип компенсации** (от лат. compensatio — возмещение) состоит в предоставлении различного рода льгот с целью восстановления нарушенного равновесия психических и психофизиологических процессов или предупреждения нежелательных изменений в состоянии здоровья. Компенсации предусматриваются рабочим, военнослужащим и другим категориям лиц.
- *Одним из видов компенсации является повышение тарифных ставок для работающих на горячих, тяжелых и вредных работах примерно на 13%, а для работающих на особо тяжелых и особо вредных работах — на 30-33% выше, чем для работающих в нормальных условиях.*
- Работающим в особо вредных условиях выдается бесплатно лечебно-профилактическое питание для укрепления здоровья и предупреждения профессиональных заболеваний.
- Разработано 5 научно обоснованных рационов лечебно-профилактического питания, применяемых в зависимости от особенностей вредностей. Лечебно-профилактическое питание выдается обычно в виде *горячих завтраков* перед началом работы или во время обеденного перерыва. Калорийность дневного рациона составляет 1364-1481 калорий. Значительному числу рабочих и служащих, занятых на работах с вредными условиями труда, в дни работы выдается 0,5 л молока или равноценные ему продукты.
- На работах, связанных с загрязнением тела, выделяется бесплатно по установленным нормам мыло. Для защиты кожного покрова рук и лица в необходимых случаях выдаются различные мази (пасты), синтетические поверхностно-активные моющие вещества, хорошо смывающие грязь, но не раздражающие кожу.
- Обеспечение безопасности связано с применением средств индивидуальной защиты (СИЗ).

- **Принцип эффективности** состоит в сопоставлении фактических результатов с плановыми и оценке достигнутых показателей по критериям затрат и выгод.
- В области безопасности различают *социальную, инженерно-техническую и экономическую эффективность*. Функция эффективности в безопасности весьма специфична. Основное значение имеет организующая роль принципа эффективности.

## ■ **Организационные принципы**

- К организационным относятся принципы, реализующие в целях безопасности положения научной организации деятельности.
- **Принцип защиты временем** предполагает сокращение *до безопасных значений* длительности нахождения людей в условиях воздействия опасности.
- Этот принцип имеет значение при защите *от ионизирующих излучений, от шума, при установлении продолжительных отпусков и в других случаях.* Рассмотрим несколько примеров.
- **Отпуск.** Все трудящиеся получают оплачиваемый отпуск. Это снимает накопившуюся усталость и способствует улучшению здоровья и повышению жизненного тонуса.
- **Продолжительность рабочего дня.** Там, где пока не устранены вредные условия труда, действующее законодательство предусматривает систему компенсаций профессиональных вредностей. Одним из видов компенсаций является сокращение продолжительности рабочего дня.
- В химической промышленности для значительного числа работников установлен сокращенный рабочий день продолжительностью 6 ч (36-часовая рабочая неделя), для некоторых профессий - 5 ч и даже 4 ч.

- *Предотвращение взрывов.* Большую опасность представляют баллоны с агрессивными сжиженными газами при их длительном хранении. Имеющаяся влага с течением времени реагирует с газом. Образующиеся при этом побочные газообразные продукты увеличивают давление в баллоне. Одновременно происходит коррозия внутренних стенок баллона, сопровождающаяся образованием водорода и солей, забивающих сифонную трубку. Снять *избыточное давление* в таком баллоне уже невозможно. По этой причине нельзя длительно хранить баллоны с сжиженными газами.
- Взрывоопасные вещества могут образовываться при длительном хранении растворов некоторых комплексных солей и при хранении эфиров и других веществ при доступе воздуха. Поэтому подобные вещества нельзя хранить долго.
- *Защита от гидравлических ударов.* При внезапной остановке движущейся в трубопроводе жидкости происходит резкое повышение давления, под воздействием которого трубопровод может разрушиться. При постепенном закрывании запорных приспособлений повышение давления в трубопроводе зависит определенным образом от продолжительности закрывания задвижек: с увеличением времени давление понижается. Поэтому в трубопроводах с большими скоростями применяют постепенно закрывающиеся задвижки с большим числом оборотов маховичка. Таким образом, безопасность в данном случае достигается *блокировкой временем*.

- **Принцип нормирования** состоит в регламентации условий, соблюдение которых обеспечивает заданный уровень безопасности. Необходимость нормирования обуславливается тем, что достичь абсолютной безопасности практически невозможно.
- Нормирование имеет важное методологическое значение. *Нормы являются исходными данными для расчета и организации мероприятий по обеспечению безопасности.* При нормировании учитываются психофизические характеристики человека, а также технические и экономические возможности.
- Лимитирующим показателем при нормировании вредных факторов является отсутствие патологических изменений в состоянии здоровья. Приведем некоторые примеры норм безопасности.
- *Концентрация вредных веществ.* Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны нормируется предельно допустимыми концентрациями (ПДК).
- ПДК — это такие концентрации, которые при установленной продолжительности работы в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья. Эти концентрации являются максимально разовыми.
- ПДК устанавливаются также для атмосферного воздуха населенных пунктов. В этом случае используются максимально разовые и среднесуточные концентрации. Установлены предельно допустимые концентрации вредных веществ в водоемах санитарно-бытового водопользования, а также для почв, продуктов и т. д.

- **Принцип несовместимости** заключается в пространственном и временном разделении объектов реального мира (веществ, материалов, оборудования, помещений, людей), основанном на учете природы их взаимодействия с позиций безопасности.
- Такое разделение преследует цель исключить возникновение опасных ситуаций, порождаемых взаимодействием объектов. Этот принцип весьма распространен в различных областях техники.
- Рассмотрим некоторые примеры использования принципа несовместимости.
- *Хранение веществ.* По возможности совместного хранения вещества делятся на восемь групп:
  - I — взрывчатые вещества;
  - II — селитры, хлораты, перхлораты, нитропродукты;
  - III — сжатые и сжиженные газы (горючие, поддерживающие горение и инертные);
  - IV — вещества, самовозгорающиеся при контакте с воздухом или водой (карбиды, щелочные металлы, фосфор);
  - V — легковоспламеняющиеся жидкости;
  - VI — отравляющие вещества (мышьяковистые соединения, цианистые и ртутные соли, хлор);
  - VII — вещества, способные вызвать воспламенение (азотная и крепкая серная кислоты, бром, хромовая кислота, перманганаты);
  - VIII — легкогорючие материалы (нафталин, вата, древесная стружка).
- Хранить совместно разрешается только вещества, входящие в определенную группу. Кроме того, каждое из веществ VII группы должно храниться изолированно.
- *Хранение СДЯВ.* Сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ) по условиям безопасности делятся на 5 групп.
- Совместное хранение веществ разных групп не разрешается по условиям безопасности.



- *Производственные помещения.* Принцип несовместимости реализуется при планировке производственных и бытовых помещений. Бытовые помещения изолируют от производственных. Производственные помещения планируют так, чтобы исключалось загрязнение воздуха одних помещений токсичными веществами, поступающими из других цехов.
- В производствах категории А и Б по взрыво- и пожаро опасности не допускается *устройство подвальных и цокольных помещений*, так как они могут оказаться местом скопления ядовитых и взрывоопасных газов и паров. В остальных случаях устройство таких помещений должно быть обосновано. Производственные здания не должны иметь чердаков.
- *Зонирование территории.* В целях повышения взрыво-, пожаробезопасности и улучшения санитарного состояния при разработке генеральных планов предприятий применяется зонирование территории. Сущность зонирования заключается в территориальном объединении в группы (зоны) различных объектов, входящих в состав предприятия по признаку технологической связи и характеру присущих им опасностей и вредностей.
- Выделяют следующие зоны: предзаводскую, подсобную, складскую, сырьевую и товарных емкостей.

- **Принцип эргономичности** состоит в том, что для обеспечения безопасности учитываются антропометрические, психофизические и психологические свойства человека.
- Антропометрические требования сводятся к учету размеров и позы человека при проектировании оборудования, рабочих мест, мебели, одежды, СИЗ и др.
- Психофизические требования устанавливают соответствие свойств объектов особенностям функционирования органов чувств человека.
- Психологические требования определяют соответствие объектов психическим особенностям человека.

## ■ **Методы анализа.**

- Анализ безопасности может осуществляться *априорно* или *апостериорно*, т. е. до или после нежелательного события. В обоих случаях используемый метод может быть *прямым и обратным*.
- ***Априорный анализ.*** Исследователь выбирает такие нежелательные события, которые являются потенциально возможными для данной системы, и пытается составить набор различных ситуаций, которые могут привести к их появлению.
- ***Апостериорный анализ.*** Выполняется после того, как нежелательные события уже произошли. Цель такого анализа — разработка рекомендаций на будущее. Априорный и апостериорный анализы дополняют друг друга.

- *Прямой метод* анализа состоит в изучении причин, чтобы предвидеть последствия.
- *При обратном* методе анализируются последствия, чтобы определить причины, т. е. анализ начинается с венчающего события.
- Конечная цель всегда одна — предотвращение нежелательных событий.
- *Имея вероятность и частоту* возникновения первичных событий, можно, двигаясь снизу вверх, определить вероятность венчающего события. Основной проблемой при анализе безопасности является установление параметров или границ системы. Если система будет чрезмерно ограничена, то появляется возможность получения разрозненных несистематизированных предупредительных мер, т. е. некоторые опасные ситуации могут остаться без внимания.
- С другой стороны, если рассматриваемая система слишком обширна, то результаты анализа могут оказаться крайне неопределенными. Перед исследователем стоит также вопрос о том, до какого уровня следует вести анализ. Ответ на этот вопрос зависит от конкретных целей анализа.

- **Качественный и количественный анализ опасностей**
- 
- **Квантификация** — это введение количественных характеристик для оценки сложных, качественно определяемых понятий.
- *Применяются численные, балльные и другие приемы квантификации. Наиболее распространенной оценкой опасности является риск.*
- **Количественный анализ опасностей** дает возможность определить вероятности аварий и несчастных случаев, величину риска, величину последствий. Методы расчета вероятностей и статистический анализ являются составными частями количественного анализа опасностей. Установление логических связей между событиями необходимо для расчета вероятностей аварии или несчастного случая.
-

■ **РИСК** - возможность реализации случайных событий с негативными (нежелательными) последствиями. Как количественная мера, риск есть функция двух переменных - частоты и последствий нежелательного события:

$$\blacksquare \text{ Риск} = f(F, C),$$

- где  $F$  - частота;  $C$  - последствия.
- В частном случае, когда последствие конкретно и измеряется по типу "Да/Нет", "Происходит/Не происходит" (например, жизнь/смерть), тогда риск становится функцией одной переменной, а именно - частоты ( $F$ ) нежелательного события:

$$\blacksquare \text{ Риск} = f(F).$$

- Общий показатель риска дополняется набором вторичных или производных от него показателей, которые вводятся для измерения риска определенных воздействий (радиационных, химических, электромагнитных и др.), определенных последствий (смертные случаи, ущерб для здоровья, повреждение имущества и др.) или для определенных объектов, подлежащих обеспечению безопасности (индивидуум, группы людей, растительный и животный мир, здания и сооружения и др.).

- Вкладом в реализацию Федерального закона № 116 от 21.07.97 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и определённым шагом на пути решения проблемы оценки риска следует считать разработку Госгортехнадзором России «Методических указаний по проведению анализа риска опасных производственных объектов (РД 03-418-01)».
- Впервые в отечественную нормативную систему введён документ, содержащий терминологию и методологию анализа риска.
- Риск или степень риска предлагается рассматривать как сочетание частоты (вероятности) и последствий конкретного опасного события.

- Математическое выражение риска  $p(t)$  – это соотношение числа неблагоприятных проявлений опасности  $n$  к их возможному числу  $N$  за определённый период времени, т.е.
  - $p(t) = n/N$ .

- Помимо этого используется понятие «степень риска»  $R$ , т.е. вероятность наступления нежелательного события с учётом размера возможного ущерба от события. Степень риска можно представить как математическое ожидание величины ущерба от нежелательного события:

$$R(m) = \sum_{i=1}^n p_i m_i ,$$

- где  $p_i$  – вероятность наступления события, связанного с ущербом;  $m_i$  – случайная величина ущерба, причинённого экономике, здоровью и т.п.



- Риск — количественная характеристика действия опасностей, формируемых конкретной деятельностью человека, т. е. число смертных случаев, число случаев заболевания, число случаев временной и стойкой нетрудоспособности (инвалидности), вызванных действием на человека конкретной опасности (электрический ток, вредное вещество,двигающийся предмет, криминальные элементы общества и др.), отнесенных на определенное количество жителей (работников) за конкретный период времени.
- Значение риска от конкретной опасности можно получить из статистики несчастных случаев, случаев заболевания, случаев насильственных действий на членов общества за различные промежутки времени: смена, сутки, неделя, квартал, год.
- Риск в настоящее время все чаще используется для оценки воздействия негативных факторов производства. Это связано с тем, что риск как количественную характеристику реализации опасностей можно использовать для оценки состояний условий труда, экономического ущерба, определяемого несчастным случаем и заболеваниями на производстве, формировать систему социальной политики на производстве (обеспечение компенсаций, льгот). Использование риска в качестве единого индекса вреда при оценке действия различных негативных факторов на человека начинает в настоящее время применяться для обоснованного сравнения безопасности различных отраслей экономики и типов работ, аргументации социальных преимуществ и льгот для определенной категории лиц.

- **Математическое выражение риска  $R$**  - это отношение числа тех или иных неблагоприятных последствий к их возможному числу за определенный период. Определяя риск, необходимо указать класс последствий, т. е. ответить на вопрос: риск чего?

$$R = \frac{n}{N},$$

- где  $n$  - число несчастных случаев;  $N$ - общее количество людей.
- **Формально риск — это частота.** Но по существу между этими понятиями имеет место существенная разница, т. к. применительно к проблемам безопасности о возможном числе неблагоприятных последствий приходится говорить с известной долей условности.
-

- *Пример 1.* Определить риск  $R_{np}$  гибели человека на производстве в нашей стране за 1 год, если известно, что ежегодно погибает около  $n = 7$  тыс. человек, а численность работающих составляет примерно  $N = 70$  млн. человек:

$$R_{np} = \frac{n}{N} = \frac{7 \cdot 10^3}{70 \cdot 10^6} \approx 10^{-4}$$

- *Пример 2.* Ежегодно в стране вследствие различных опасностей неестественной смертью погибает около 500 тыс. человек. Принимая численность населения страны 150 млн. человек, определим риск гибели  $R_{стр}$  жителя страны от опасностей:

$$R_{np} = \frac{n}{N} = \frac{5 \cdot 10^5}{1,5 \cdot 10^8} \approx 3 \cdot 10^{-3}$$

- *Пример 3.* Определим, используя данные предыдущих примеров, риск  $R_{\circ}$  быть ввергнутым в фатальный несчастный случай, связанный с ДТП, если ежегодно погибает в этих происшествиях 30 тыс. человек:

$$R_{np} = \frac{n}{N} = \frac{3 \cdot 10^4}{1,5 \cdot 10^8} \approx 2 \cdot 10^{-4}$$

Таблица 1.

**Индивидуальный риск фатального исхода в год, обусловленный различными причинами (по данным, относящимся ко всему населению США)**

Причины	Степень риска
Автомобильный транспорт	$3 \cdot 10^{-4}$
Падения	$9 \cdot 10^{-5}$
Пожар и ожог	$4 \cdot 10^{-5}$
Утопление	$3 \cdot 10^{-5}$
Отравление	$2 \cdot 10^{-5}$
Огнестрельное оружие	$1 \cdot 10^{-5}$
Станочное оборудование	$1 \cdot 10^{-5}$
Водный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
Воздушный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
Падающие предметы	$6 \cdot 10^{-6}$
Электрический ток	$6 \cdot 10^{-6}$
Железная дорога	$4 \cdot 10^{-7}$
Молния	$5 \cdot 10^{-6}$
Все прочие	$4 \cdot 10^{-5}$
Общий риск	$6 \cdot 10^{-4}$
Ядерная энергия	$2 \cdot 10^{-10}$
Сердечно-сосудистые заболевания, злокачественные опухоли	$R > 10^{-3}$
Все стихийные бедствия	$10^{-7}$
Проживание вблизи АЭС (при нормальном режиме работы)	$10^{-8}$

*Классификация источников и уровней риска смерти человека  
в промышленно развитых странах  
(R – число смертельных случаев чел<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup>)*

Источник	Причины	Среднее значение
1	2	3
Внутренняя среда ор-	Генетические и соматиче-	$R_{cp} = 0,6 - 1 \cdot 10^{-2}$

ганизма человека	ские заболевания, старение	
Естественная среда обитания	Несчастный случай от стихийных бедствий (землетрясения, ураганы, наводнения и др.)	$R_{cp} = 1 \cdot 10^{-6}$ ; - наводнения $4 \cdot 10^{-6}$ ; - землетрясения $3 \cdot 10^{-5}$ ; - грозы $6 \cdot 10^{-7}$ ; - ураганы $3 \cdot 10^{-8}$
Техносфера	Несчастные случаи в быту, на транспорте, заболевания от загрязнений окружающей среды	$R_{cp} = 1 \cdot 10^{-3}$

1	2	3
Профессиональная деятельность	Профессиональные заболевания, несчастные случаи на производстве (при профессиональной деятельности)	Профессиональная деятельность: - безопасная $R_{cp} < 10^{-4}$ ; - относительно безопасная $R_{cp} = 10^{-4} - 10^{-3}$ ; - опасная $R_{cp} = 10^{-3} - 10^{-2}$ ; - особо опасная $R_{cp} > 10^{-2}$
Социальная среда	Самоубийства, самоповреждения, преступные действия, военные действия и т.д.	$R_{cp} = (0,5 - 1,5) \cdot 10^{-4}$

- 
- Помимо этого используется понятие «степень риска»  $R$ , т.е. вероятность наступления нежелательного события с учётом размера возможного ущерба от события. Степень риска можно представить как математическое ожидание величины ущерба от нежелательного события:

$$R(m) = \sum_{i=1}^n p_i m_i,$$

где  $p_i$  – вероятность наступления события, связанного с ущербом;  
 $m_i$  – случайная величина ущерба, причинённого экономике, здоровью и т.п.

- **Принято в основном различать:**
- - *индивидуальный риск* – вероятность гибели человека при данном виде деятельности;
- - *социальный риск* – зависимость числа погибших людей от частоты возникновения события, вызывающего поражение этих людей.
- **Значение индивидуального риска** используется для количественной оценки потенциальной опасности конкретного рабочего места, вида деятельности, рабочей зоны и т.п.,
- **социального** – для интегральной количественной оценки опасных производственных объектов, характеристики масштаба воздействия аварии.

## ▪ **Виды риска**

- Формирование опасных и чрезвычайных ситуаций – результат определенной совокупности факторов риска, порождаемых соответствующими источниками.
- Соотношение объектов риска и нежелательных событий позволяет различать индивидуальный, техногенный, экологический, социальный и экономический риск. Каждый вид его обуславливают характерные источники и факторы риска.
- Одной из наиболее часто употребляющихся характеристик опасности является **индивидуальный риск** - частота поражения отдельного индивидуума (человека) в результате воздействия исследуемых факторов опасности. В общем случае количественно (численно) индивидуальный риск выражается отношением числа пострадавших людей к общему числу рискующих за определенный период времени. Значение индивидуального риска используется для количественной оценки потенциальной опасности конкретного рабочего места, вида деятельности, рабочей зоны и т.п.
- Индивидуальный риск, как правило, следует определять **не для каждого человека, а для групп людей, характеризующихся примерно одинаковым временем пребывания в различных опасных зонах и использующих одинаковые средства защиты**. Рекомендуется оценивать индивидуальный риск отдельно для персонала объекта и для населения прилегающей территории или, при необходимости, для более узких групп, например для рабочих различных специальностей.
- Его можно определить по числу реализовавшихся факторов риска:

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

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



- При анализе опасностей, связанных с отказами технических устройств, выделяют **технический риск**, показатели которого определяются соответствующими методами теории надежности.
- **Технический риск** – комплексный показатель надежности элементов техносферы.
- Он выражает вероятность аварии или катастрофы при эксплуатации машин, механизмов, реализации технологических процессов, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений:

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

- где  $R_T$  – технический риск;  $\Delta T$  – число аварий в единицу времени  $t$  на идентичных технических системах и объектах;  $T$  – число идентичных технических систем и объектов, подверженных общему фактору риска  $f$ .
- *Источники технического риска*: низкий уровень научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; опытное производство новой техники; серийный выпуск небезопасной техники; нарушение правил безопасной эксплуатации технических систем.

- **Экологический риск** – это возможность появления неустранимых экологических запретов: развитие парникового эффекта, разрушение озонового слоя, радиоактивное загрязнение, кислотные осадки. С точки зрения количественной оценки понятие “экологический риск” может быть сформулировано как **отношение величины возможного ущерба от воздействия вредного экологического фактора за определённый интервал времени к нормированной величине интенсивности этого фактора.**

- Под возможным ущербом прежде всего имеется в виду здоровье человека. Экологический риск выражает вероятность экологического бедствия, катастрофы, нарушения дальнейшего нормального функционирования и существования экологических систем и объектов в результате антропогенного вмешательства в природную среду или стихийного бедствия. Нежелательные события экологического риска могут проявляться как непосредственно в зонах вмешательства, так и за их пределами:

$$R_{\text{э}} = \frac{\Delta Q(t)}{Q}$$

- где  $R_{\text{э}}$  – экологический риск;  $\Delta Q$  – число антропогенных экологических катастроф и стихийных бедствий в единицу времени  $t$ ;  $Q$  – число потенциальных источников экологических разрушений на рассматриваемой территории.

- **Масштабы экологического риска** оцениваются процентным соотношением площади кризисных или катастрофических территорий  $\Delta S$  к общей площади рассматриваемого биогеоценоза  $S$ :

$$R_{ЭМ} = \frac{\Delta S}{S} \cdot 100$$

- Дополнительным косвенным критерием экологического риска может служить интегральный **показатель экологичности территории предприятия**, соотносимый с динамикой плотности населения (численности работающих):

$$Q_{ЭКОЛ} = \pm \Delta L = \frac{\pm \Delta M(t)}{S}$$

- где  $Q_{ЭКОЛ}$  – уровень экологичности территории,  $\Delta L$  – динамика плотности населения (работающих);  $S$  – площадь исследуемой территории;  $\Delta M$  – динамика прироста численности населения (работающих) в течение периода наблюдения  $t$ :

$$\Delta M = G + F - U - V,$$

- где  $G$ ,  $F$ ,  $U$ ,  $V$  – соответственно численность родившихся за наблюдаемый период, прибывших в данную местность на постоянное местожительство, умерших и погибших, выехавших в другую местность на постоянное местожительство (уволившихся).
- В этой формуле разность  $G - U$  характеризует естественный, а  $F - V$  – миграционный прирост населения на территории (текучесть кадров).

- Положительные значения уровней экологичности позволяют разделять территории по степени **экологического благополучия**, и наоборот, отрицательные значения уровней — по степени **экологического бедствия**.
- Кроме того, динамика уровня экологичности территории позволяет судить об изменении экологической ситуации на ней за длительные промежутки времени, **определить зоны экологического бедствия** (демографического кризиса) или благополучия.

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

$$R_c = \frac{1000(C_2 - C_1)}{L}(t),$$

- где  $R_c$  – социальный риск;  $C_1$  – число умерших в единицу времени  $t$  (смертность) в исследуемой группе в начале периода наблюдения до развития чрезвычайных событий;  $C_2$  – смертность в той же группе людей в конце периода наблюдения, например на стадии затухания чрезвычайной ситуации;  $L$  – общая численность исследуемой группы.
- Социальный риск определяется функцией распределения потерь (ущерба), у которой есть установившееся название — ***F/N-кривая***. ***В общем случае в зависимости от задач анализа под  $N$  можно понимать и общее число пострадавших, и число смертельно травмированных или другой показатель тяжести последствий.*** Соответственно критерий приемлемого риска будет определяться уже не числом для отдельного события, а кривой, построенной для различных сценариев аварии с учетом их вероятности. В настоящее время общераспространенным подходом для определения приемлемости риска является использование двух кривых, когда, например, в логарифмических координатах определены  $F/N$ - кривые приемлемого и неприемлемого риска смертельного травмирования. Область между этими кривыми определяет промежуточную степень риска, вопрос о снижении которой следует решать, исходя из специфики производства и региональных условий. Одним из основных источников социального риска являются промышленные технологии и объекты повышенной опасности, а соответствующими факторами социального риска – аварии на АЭС, ТЭС, химических комбинатах, продуктопроводах, транспортные катастрофы, техногенное загрязнение окружающей среды.

**Социальный риск** характеризует масштаб и вероятность (частоту) аварий и определяется функцией распределения потерь (ущерба), у которой есть установившееся название - ***F/N-кривая***. В зарубежных работах - **кривая Фармера**.

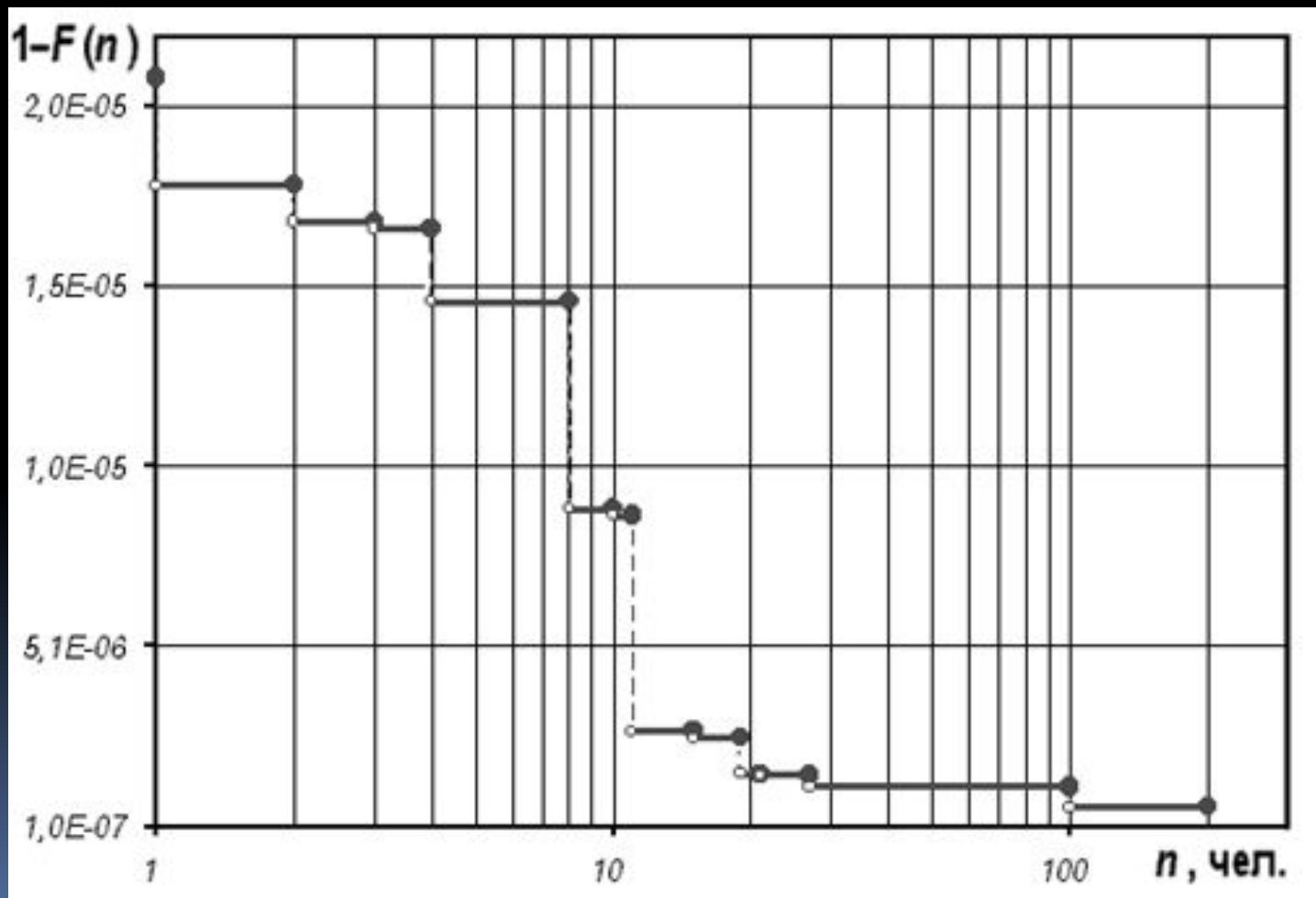
Социальный риск, или *F/N* кривая – зависимость частоты возникновения событий  $F$ , в которых пострадало на определенном уровне не менее  $N$  человек, от этого числа  $N$  (распределение числа погибших по частоте).

***Социальный риск*** представляет собой соотношение между частотой возникновения ущерба более определенной величины и размером ущерба, например, общей численностью погибших или пострадавших людей (так называемые *F-N* диаграммы, так же известные как кривые Фармера).

**СОЦИАЛЬНЫЙ РИСК – ЗАВИСИМОСТЬ ЧИСЛА ПОГИБШИХ ЛЮДЕЙ ОТ ЧАСТОТЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СОБЫТИЯ, ВЫЗЫВАЮЩЕГО ПОРАЖЕНИЕ ЭТИХ ЛЮДЕЙ.**

Социальный риск характеризует тяжесть последствий (катастрофичность) реализации опасностей. Если известен ущерб  $N_j$  в  $j$ -ом сценарии и известны вероятности (частоты)  $f_j$  каждого  $j$ -го сценария, то мы можем построить *F/N* кривую. В принципе ущерб  $N$  может относиться не только к числу пораженных на том или ином уровне, но и к любым материальным или экономическим характеристикам возможных последствий аварий.

■ Графическое изображение интегральной функции распределения потерь персонала при аварии ( $F/>N$ -кривая) представлено на рисунке.



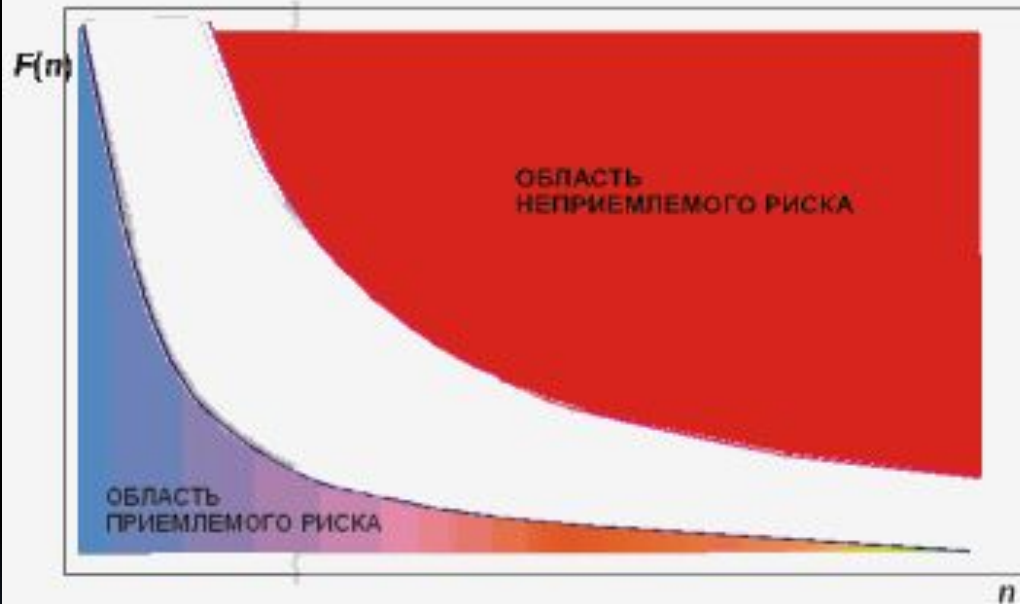
**Социальный риск** — распределение числа погибших по частоте:

*интегральная функция распределения*

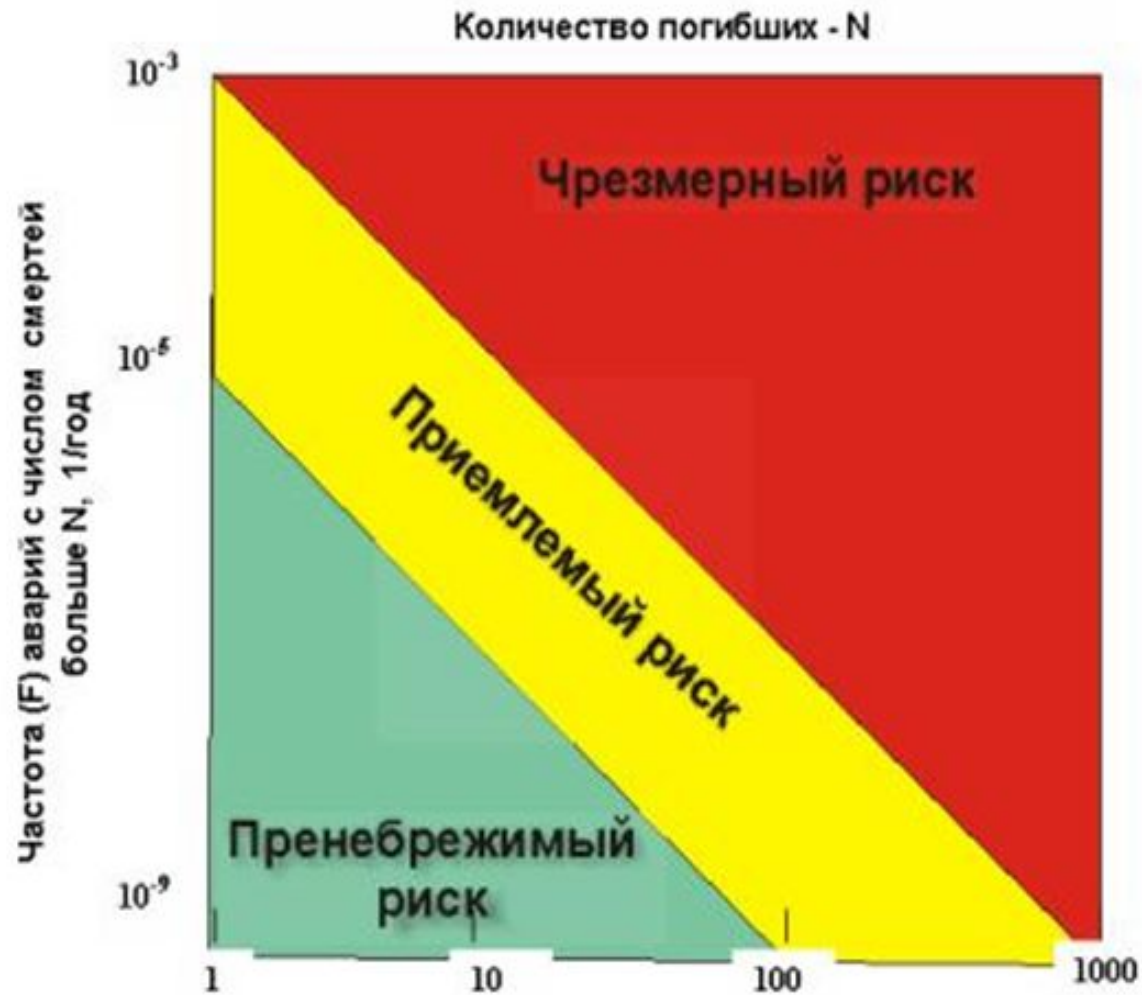
*числа погибших  $F(n)$  ( $F/N$ -кривая)*

— равна вероятности  $P$  того, что случайная величина числа погибших  $N$  примет значение больше  $n$ :

$$\overline{F}(n) = P(N \geq n)$$

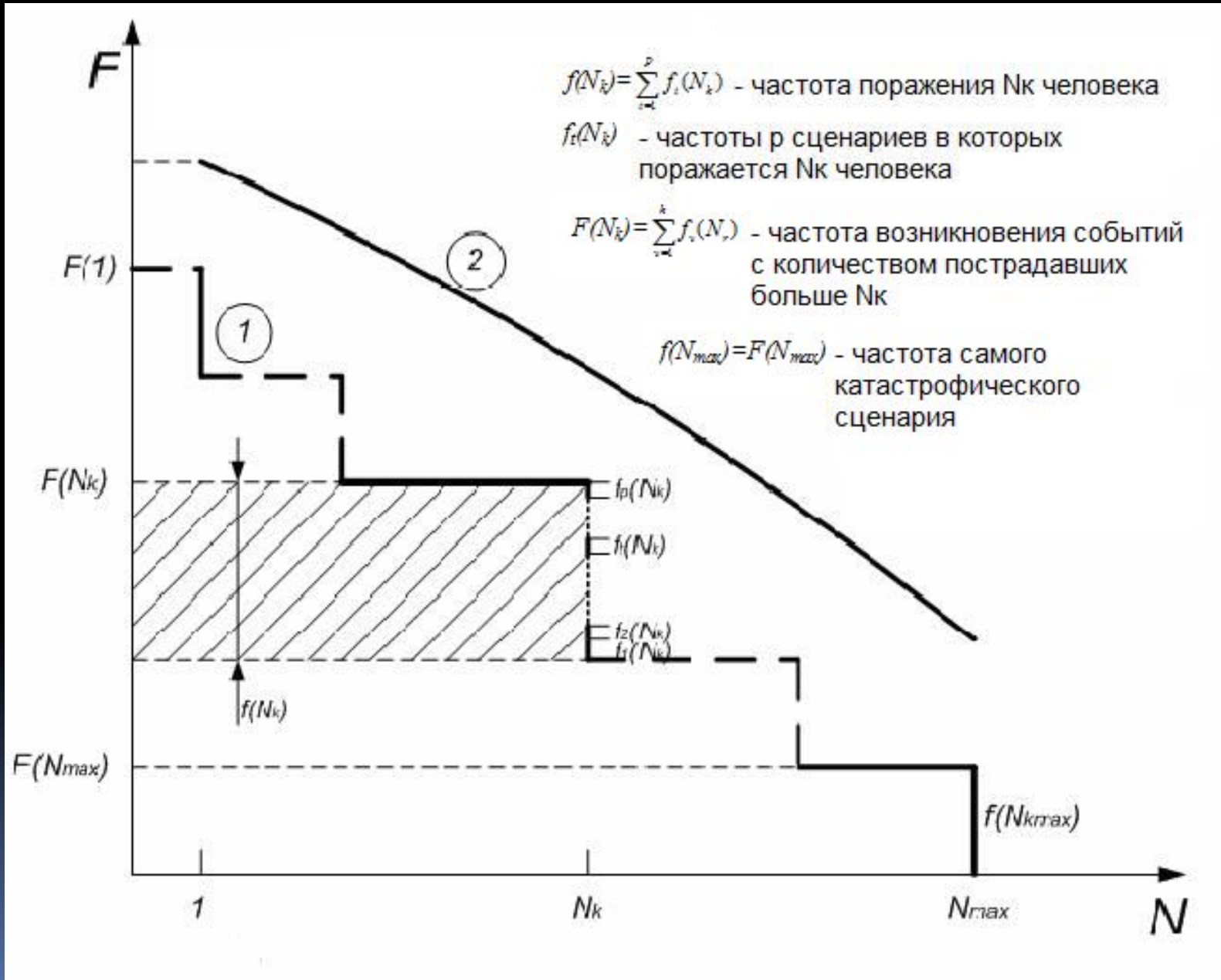






Разбиение диапазона значений социального риска на три области: недопустимого (чрезмерного), приемлемого и пренебрежимого риска

- Построение  $F/N$  диаграммы (1) и кривая приемлемого социального риска (2)



- **Экономический риск** определяется соотношением пользы и вреда, получаемых обществом от рассматриваемого вида деятельности:

$$R_{э} = \frac{B}{П} 100,$$

- где  $R_{э}$  – экономический риск, %;  $B$  – вред обществу от рассматриваемого вида деятельности;  $П$  – польза.
- Для целей экономического регулирования промышленной безопасности и страхования важным является такой показатель риска, как статистически *ожидаемый ущерб* в стоимостных или натуральных показателях.
- В условиях хозяйственной деятельности необходим поиск оптимального соотношения затрат на безопасность и возможного ущерба от недостаточной защищенности. Найти его можно, если задаться некоторым значением реально достижимого уровня безопасности производства. Использование рассматриваемых видов риска позволяет выполнять поиск оптимальных решений по обеспечению безопасности жизнедеятельности как на уровне предприятия, так и на макроуровнях в масштабах инфраструктур.

- Другим комплексным показателем риска, характеризующим пространственное распределение опасности по объекту и близлежащей территории, является *потенциальный территориальный риск* — частота реализации поражающих факторов в рассматриваемой точке территории. Потенциальный территориальный риск используется при расчете распределения риска по территории вокруг объекта (*картировании риска*).
- В этом случае индивидуальный риск определяется как потенциальным территориальным риском, так и вероятностью нахождения человека в районе возможного действия опасных факторов. Потенциальный территориальный, или потенциальный, риск не зависит от факта нахождения объекта воздействия (например, человека) в данном месте пространства.
- Предполагается, что условная вероятность нахождения объекта воздействия равна 1 (т.е. человек находится в данной точке пространства в течение всего рассматриваемого промежутка времени). Потенциальный риск не зависит от того, находится ли опасный объект в многолюдном или пустынном месте и может меняться в широком интервале. Потенциальный риск, в соответствии с названием, выражает собой потенциал максимально возможной опасности для конкретных объектов воздействия (реципиентов), находящихся в данной точке пространства. Как правило, потенциальный риск оказывается промежуточной мерой опасности, используемой для оценки социального и индивидуального риска при крупных авариях. Распределения потенциального риска и населения в исследуемом районе позволяют получить количественную оценку социального риска для населения. Для этого нужно рассчитать количество пораженных при каждом сценарии от каждого источника опасности и затем определить частоту событий  $F$ , при которой может пострадать на том или ином уровне  $N$  и более человек.

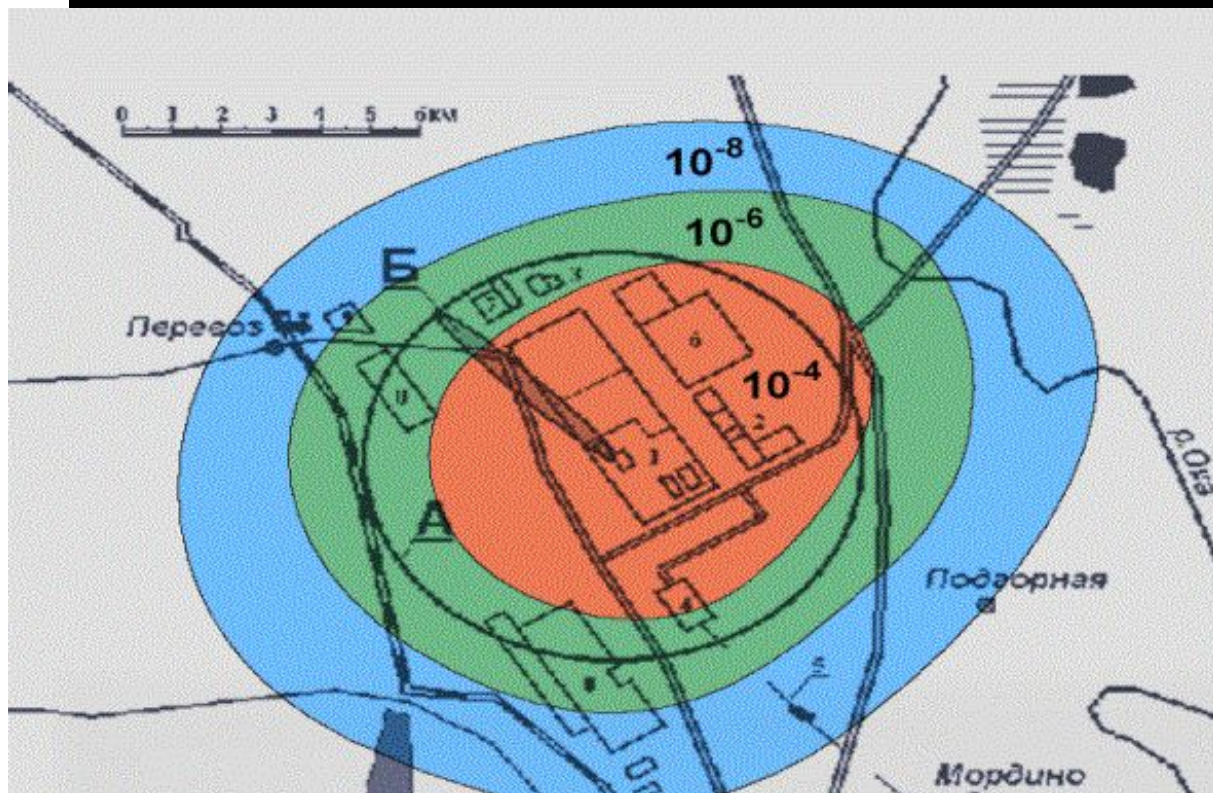


# Вероятностные Показатели риска аварии (РД 03-418-01)

*Потенциальный территориальный*

*риск (РД 03-418-01) —*

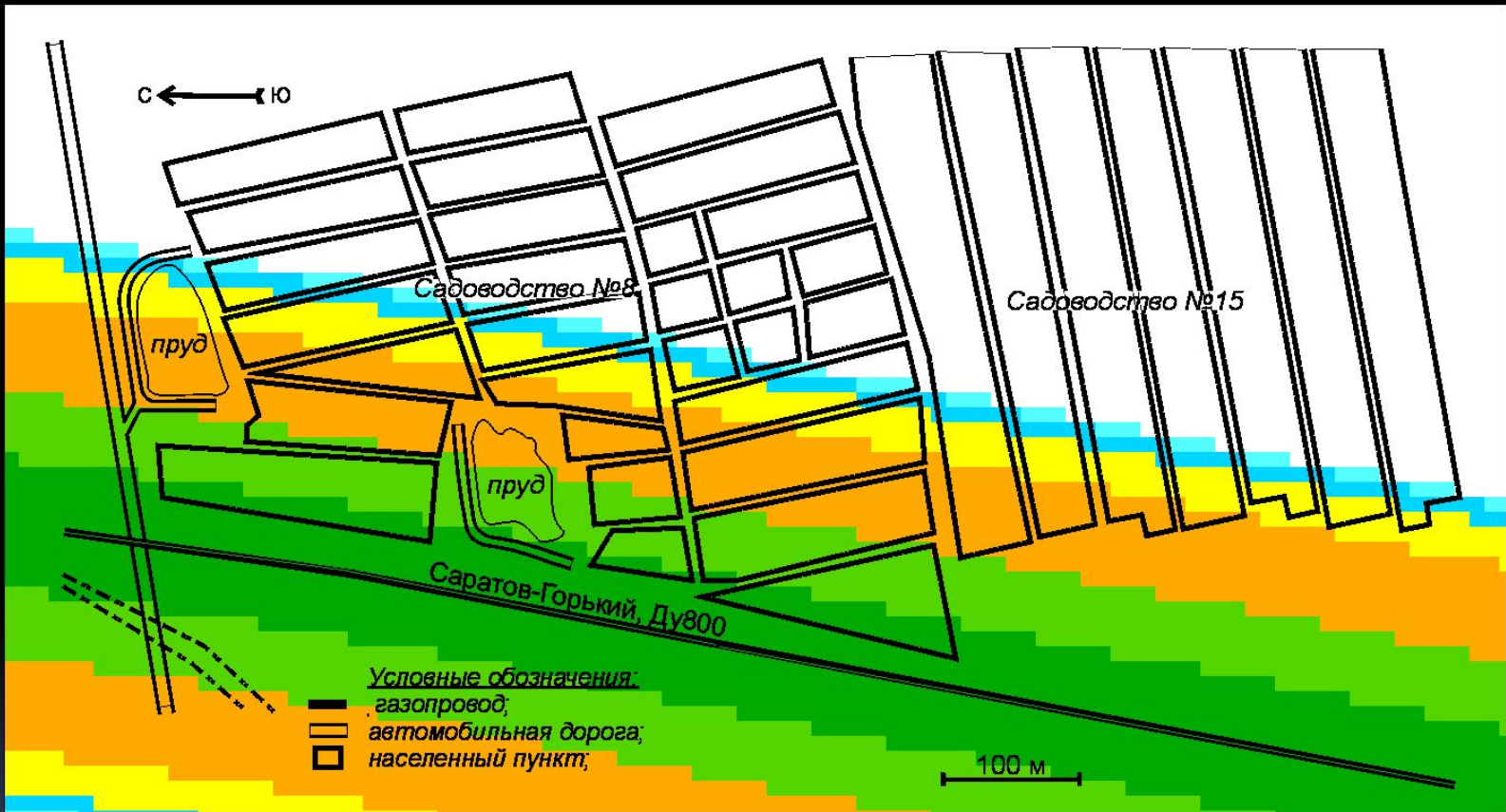
**частота реализации смертельно поражающих факторов аварии в определенной зоне пространства.**



# Зоны риска смертельного поражения человека при аварии на площадке Певекской нефтебазы ОГУП “Чукотснаб” (1/год)



# ЗОНЫ РИСКА смертельного поражения человека при аварии на 475-ом км газопровода «Саратов-Горький»



$3 \cdot 10^{-3}$   $10^{-3} \cdot 10^{-4}$   $3 \cdot 10^{-4}$   $10^{-3} \cdot 10^{-5}$   $3 \cdot 10^{-5}$   $10^{-3} \cdot 10^{-6}$   $3 \cdot 10^{-6}$   $10^{-3} \cdot 10^{-7}$   $3 \cdot 10^{-7}$   $10^{-3} \cdot 10^{-8}, 1/\text{год}$

Другой количественной интегральной мерой опасности объекта является *коллективный риск, определяющий ожидаемое количество пострадавших в результате аварий на объекте за определенное время.*

Коллективный риск – ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени.

Количество пораженных в результате реализации  $i$ -го сценария аварии будет определяться интегралом произведения плотности распределения персонала и населения  $\Omega(x,y)$  на вероятность поражения  $P_i(x,y)$  по всей зоне действия поражающего фактора. Если определены вероятность (частота)  $f_i$  и возможный ущерб  $U_i$  для  $i$ -го сценария, то можно определить риск ущерба от всех возможных сценариев (в нашем случае – коллективный риск).

$$N_i = \int_S P_i(x, y) \cdot \Omega(x, y) dS$$

$\Omega(x,y)$  – плотность распределения персонала и населения

$P_i(x,y)$  – вероятность поражения



- Кроме этого, для количественной оценки опасности существует и ряд других, используемых для этой цели показателей.
- 
- Так, для оценки производственного травматизма используют коэффициенты частоты и тяжести травматизма  $K_{\text{ч}}$  и  $K_{\text{т}}$  также коэффициент общего травматизма (коэффициент нетрудоспособности)  $K_{\text{общ}}$ .
- Первый из них рассчитывают по формуле:
  - $K_{\text{ч}} = T \cdot 1000/P,$
- где  $T$  — число травм за определенный период времени;
- $P$  — число работающих за тот же период времени.
- $K_{\text{ч}}$  определяет число несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за определенный период времени (месяц, квартал, год).

- Коэффициент тяжести травматизма  $K_T$ , вычисляют по формуле:
  - $K_T = D/T$ ,
- где  $D$ — суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям.
- $K_T$  определяет среднюю длительность нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай.
- Коэффициент общего травматизма
- Для оценки уровня производственного травматизма применяется показатель общего травматизма  $K_{общ}$ , именуемый коэффициентом нетрудоспособности, который вычисляется по формуле:  $K_{общ} = K_{ч} \cdot K_T$
- Также, общая оценка травматизма на производстве может быть выражена коэффициентом нетрудоспособности на тысячу рабочих. Коэффициент нетрудоспособности  $K$ , определяют по формуле
  - $K = D \cdot 1000/P$

- **Уровень профессиональных заболеваний** оценивается коэффициентом профзаболеваний  $K_{прз.}$ , который вычисляется по формуле:

$$K = 3 \cdot 1000 / P,$$

- где 3 - число профессиональных заболеваний.
- 100 – условное число рабочих.
- **Экономические потери предприятия**, какие оно несет в связи с травматизмом, включают в себя ряд расходных статей. Это выплата пострадавшим по листам нетрудоспособности, затраты, связанные с переходом пострадавшего на легкий труд, возмещение ущерба в связи с назначенной пострадавшему инвалидности, и другие. Определить точный экономический ущерб предприятия от травматизма практически невозможно. Приблизительно можно подсчитать убытки предприятия, связанные с травматизмом, если суммировать расходные статьи на возмещение материального ущерба пострадавшим:

$$Э_{II} = (0,6 \cdot N + 1,28 \cdot D) \cdot b + 8 \cdot N,$$

- где N - число несчастных случаев за год;
- D - суммарная длительность времени нетрудоспособности в связи с травмой, дн.;
- b - средняя заработная плата пострадавшего, руб./д.;
- 0,6 N – потери, связанные с доплатой в день травмы;
- 1,28 D – потери, связанные с выплатой по больничным листам, переводом на легкую работу, амбулаторное лечение, компенсацией за отгулы;
- 8 N - средняя сумма материальной помощи.

- К другим показателям неблагоприятия могут выступать следующие показатели:
- - региональная младенческая смертность (на 1000 новорожденных) ;
- - показатель сокращения продолжительности жизни (СПЖ);
- Существуют формулы, оценивающие последствия действия опасности в чрезвычайных ситуациях. Так, степень разрушения от взрывов при авариях определяют по формуле:
  - $D = S_{\text{пор}} / S_{\text{общ}} = N_{\text{пор}} / N_{\text{общ}}$
- где  $D$  - степень поражения промышленного объекта;
- $S_{\text{пор}}$  — площадь объекта, подвергнувшаяся разрушению;
- $S_{\text{общ}}$  — общая площадь объекта;
- $N_{\text{пор}}$  — число пораженных элементов объекта;
- $N_{\text{общ}}$  — общее число элементов объекта.

Связь  $D$  со степенью и объемом разрушения

Величина $D$	Степень разрушения	Объем разрушения, %
Менее 0,2	Слабая	Отдельные элементы
От 0,2 до 0,5	Средняя	До 30
От 0,5 до 0,8	Сильная	От 30 до 50
Более 0,8	Полная	От 50 до 100

## ■ КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РИСКА, ПРИМЕР.

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

$$■ R = P \cdot U$$

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

$$R = U^* = \sum_{i=1}^n P_i \cdot U_i$$

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

$$R = P \sum_{i=1}^n U_i$$

- Когда существует опасность здоровью и материальным ценностям, риск целесообразно представлять в векторном виде с различными единицами измерения по координатным осям:

$$■ R = U \cdot P \quad \rightarrow \rightarrow \rightarrow$$

- Перемножение в правой части этого уравнения производится покомпонентно, что позволяет сравнивать риски.

**Пример 1.** Провести численную оценку риска чрезвычайного происшествия технической системы, состоящей из 3-х подсистем с независимыми отказами. Вероятности отказов подсистем:  $P_1 = 10^{-3}$ ,  $P_2 = 10^{-4}$ ,  $P_3 = 10^{-2}$ , ожидаемые ущербы от отказов подсистем  $U_1 = 10 \cdot 10^6$  руб.,  $U_2 = 50 \cdot 10^6$  руб.,  $U_3 = 5 \cdot 10^6$  руб.

Решение:

Определим величину риска чрезвычайного происшествия технической системы как ожидаемую величину ущерба:

$$R = U = \sum_{i=1}^3 P_i U_i = P_1 U_1 + P_2 U_2 + P_3 U_3 = 10^{-3}(10 \cdot 10^6) + 10^{-4}(50 \cdot 10^6) + 10^{-2}(5 \cdot 10^6) = 65\,000 \text{ руб.}$$

**Пример 2.** Провести численную оценку риска чрезвычайного происшествия технической системы, состоящей из 5-и подсистем с независимыми равновероятными отказами  $P = 10^{-2}$ . Ожидаемые ущербы от отказов подсистем  $U_1 = 5 \cdot 10^6$ ,  $U_2 = 10 \cdot 10^6$ ,  $U_3 = 20 \cdot 10^6$ ,  $U_4 = 15 \cdot 10^6$ ,  $U_5 = 25 \cdot 10^6$ .

Решение:

Определим величину риска чрезвычайного происшествия технической системы с равновероятными отказами подсистем как ожидаемую величину ущерба:

$$R = U = P \sum_{i=1}^5 U_i = P (U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5) = 10^{-2}(5 + 10 + 20 + 15 + 25) \cdot 10^6 = 750\,000 \text{ руб.}$$

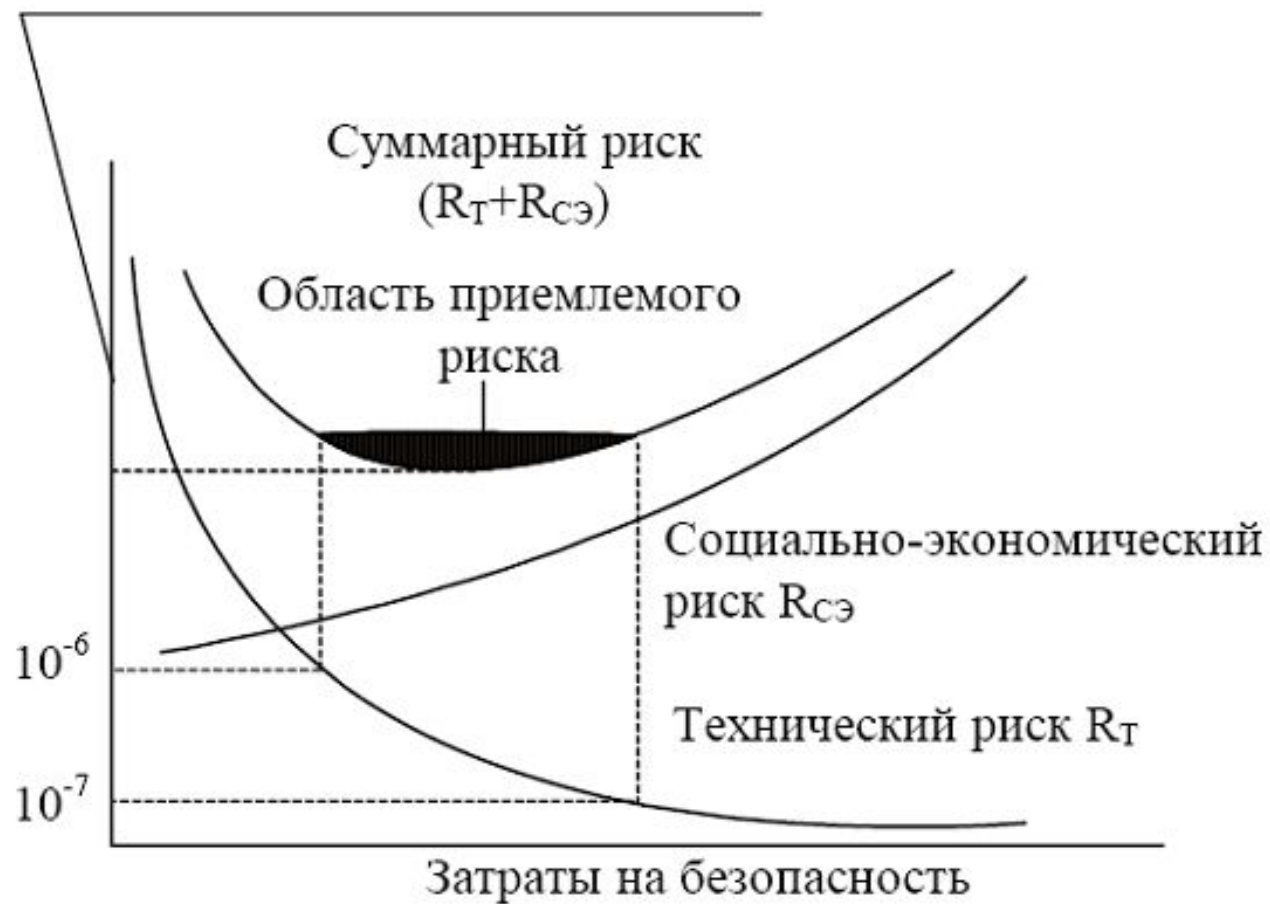
## ■ ПРИЕМЛЕМЫЙ РИСК

- Особую роль для общества играет установление **приемлемого риска**. В зарубежной практике при решении производственных задач считается приемлемым значение индивидуального риска  $1 \cdot 10^{-8}$ . Индивидуальный риск выше  $1 \cdot 10^{-6}$  – неприемлем.
- Однако эти значения – отправные данные для обоснования пороговых значений риска. **Норматива допустимого социального риска** не существует. Косвенно социальный риск определяется опасностью производственных объектов (предприятий). Оценка опасности объектов предполагает **анализ опасных факторов производства**, установление численных значений вероятности возникновения опасных ситуаций, анализ их развития и прогноз возможного числа погибших людей.
- Приемлемый риск -это такой низкий уровень смертности, травматизма или инвалидности людей, который не влияет на экономические показатели предприятия, отрасли экономики или государства.
- При увеличении затрат на совершенствование оборудования технический риск снижается, но растет социальный. Суммарный риск имеет минимум при определенном соотношении между инвестициями в техническую и социальную сферу. Это обстоятельство надо учитывать при выборе приемлемого риска.
- В национальных правилах эта величина риска используется для оценки пожарной безопасности и радиационной безопасности. Пренебрежимо малым считается индивидуальный риск гибели  $10^{-8}$ /год. Максимально приемлемым риском для экосистем считается тот при котором может пострадать не более 5% видов биогеоценоза.

- В зависимости от уровня риска смерти человека в России все виды профессиональной деятельности делятся на
  - *безопасную* (средний риск  $R_{cp} < 10^{-4}$ ),
  - *относительно безопасную* ( $10^{-4} < R_{cp} < 10^{-3}$ ),
  - *опасную* ( $10^{-3} < R_{cp} < 10^{-2}$ ) и
  - *особо опасную* ( $R_{cp} > 10^{-2}$ ).
- По этим оценкам, работа на производстве в промышленно развитых странах относится к безопасной профессиональной деятельности.
- Согласно используемым уровням среднего (приемлемого) риска в течение года для профессиональной деятельности, рассмотренным выше, деятельность считается безопасной, если этот приемлемый уровень риска достигает  $10^{-4}$  (т.е. возможна гибель одного человека из 10 000 профессионально занятых в течение года). Максимально приемлемым уровнем индивидуального риска гибели является  $10^{-6}$ .



Смертельные случаи чел.<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup>



- **Мотивированный (обоснованный) и немотивированный (необоснованный) риск.**
- В случае производственных аварий, пожаров, в целях спасения людей, пострадавших от аварий и пожаров, человеку приходится идти на риск. Обоснованность такого риска определяется необходимостью оказаний помощи пострадавшим людям, желанием спасти от разрушения дорогостоящее оборудование или сооружения предприятий.
- *Нежелание работников на производстве руководствоваться действующими требованиями безопасности технологических процессов, не использование средств индивидуальной защиты и т. п. может сформировать необоснованный риск, как правило, приводящий к травмам и формирующий предпосылки аварий на производстве.*

- **Управление риском** – это анализ рискованной ситуации, разработка и обоснование управленческого решения, нередко в форме правового акта, направленного на минимизацию риска. В принципах управления риском заложены стратегические и тактические цели. В стратегических целях выражено стремление к достижению максимально возможного уровня благосостояния общества в целом, а в тактических – стремление к увеличению безопасности населения, продолжительности жизни.
- Несмотря на различие в подходах к последовательности этапов процесса управления риском, можно выделить три общие для всех документов составляющие этого процесса:
  - - информацию о производственной безопасности;
  - - анализ риска;
  - - контроль производственной безопасности.
- Анализ риска базируется на собранной информации и определяет меры по контролю безопасности технологической системы, поэтому основная задача анализа риска заключается в том, чтобы обеспечить рациональное основание для принятия решений в отношении риска.
- Оценка риска включает в себя анализ частоты, анализ последствий и их сочетание.

- Анализ риска проводится по следующей общей схеме:
- 1. Планирование и организация работ;
- 2. Идентификация опасностей;
  - 2.1. Выявление опасностей;
  - 2.2. Предварительная оценка характеристик опасностей;
- 3. Оценка риска;
  - 3.1. Анализ частоты;
  - 3.2. Анализ последствий;
  - 3.3. Анализ неопределенностей;
- 4. Разработка рекомендаций по управлению риском.

- (1) Первое, с чего начинается любой анализ риска, – это планирование и организация работ. Поэтому на первом этапе необходимо:
  - - указать причины и проблемы, вызывавшие необходимость проведения риск-анализ;
  - - определить анализируемую систему и дать ее описание;
  - - подобрать соответствующую команду для проведения анализа;
  - - установить источники информации о безопасности системы;
  - - указать исходные данные и ограничения, обуславливающие пределы риск-анализа;
  - - четко определить цели и задачи проводимого анализа риска;
  - - обосновать используемые методы анализа риска;
  - - определить критерии приемлемого риска.

- (2) Следующий этап анализа риска – идентификация опасностей. Основные задачи этапа идентификации опасностей — выявление и четкое описание всех источников опасностей и путей (сценариев) их реализации.
- При идентификации следует определить, какие элементы, технические устройства, технологические блоки или процессы в технологической системе требуют более серьезно-
- го анализа и какие представляют меньший интерес с точки зрения безопасности.
- Здесь же проводится предварительная оценка опасностей с целью выбора дальнейшего направления деятельности:
  - - прекратить дальнейший анализ ввиду незначительности опасностей или достаточности полученных предварительных оценок;
  - - провести более детальный анализ опасностей и оценку риска;
  - - выработать предварительные рекомендации по уменьшению опасностей.
- В принципе процесс анализа риска может заканчиваться уже на этапе идентификации опасностей.

- (3) При необходимости, после идентификации опасностей переходят к этапу оценки риска.
- Основные задачи этапа оценки риска:
  - - определение частот возникновения инициирующих и всех нежелательных событий;
  - - оценка последствий возникновения нежелательных событий и обобщение оценок риска.
- На этапе оценки риска идентифицированные опасности должны быть оценены на основе критериев приемлемого риска, чтобы идентифицировать опасности с неприемлемым уровнем риска, что является основой для разработки рекомендации и мер по уменьшению опасностей. При этом критерий приемлемого риска и результаты оценки риска могут быть выражены как качественно, так и количественно.
- Согласно определению **оценка риска** включает в себя анализ частоты и аналианализ последствий. Однако, когда последствия незначительны или частота крайне мала, достаточно оценить один параметр.

- Для определения частоты нежелательных событий рекомендуется использовать:
- - статистические данные по аварийности и надежности технологической системы, соответствующие специфике опасного производственного объекта или виду деятельности;
- - логические методы анализа «деревьев событий», «деревьев отказов», имитационные модели возникновения аварий в человекомашиной системе;
- - экспертные оценки путем учета мнения специалистов в данной области.
- Оценка последствий включает анализ возможных воздействий на людей, имущество и (или) окружающую природную среду. Для оценки последствий необходимо оценить физические эффекты нежелательных событий (отказы, разрушения технических устройств, здания, сооружения, пожары, взрывы, выбросы токсичных веществ и т.д.), уточнить объекты, которые могут быть подвергнуты опасности. При анализе последствий аварий необходимо использовать модели аварийных процессов и критерии поражения, разрушения изучаемых объектов воздействия, учитывать ограничения применяемых моделей.
- Следует также учитывать и, по возможности, выявлять связь масштабов последствий с частотой их возникновения.



- Обобщенная оценка риска (или степень риска) аварий должна отражать состояние промышленной безопасности с учетом показателей риска от всех нежелательных событий, которые могут произойти на опасном производственном объекте, и основываться на результатах:
  - - интегрирования показателей рисков всех нежелательных событий (сценариев аварий) с учетом их взаимного влияния;
  - - анализа неопределенности и точности полученных результатов;
  - - анализа соответствия условий эксплуатации требованиям промышленной безопасности и критериям приемлемого риска.
- Имеется много неопределенностей, связанных с оценкой риска. Анализ неопределенностей – необходимая составная часть оценки риска. Как правило, основные источники неопределенностей – информация по надежности оборудования и человеческим ошибкам, а также допущения применяемых моделей аварийного процесса.
- Анализ неопределенности – это перевод неопределенности исходных параметров и предположений, использованных при оценке риска, в неопределенность результатов. Наибольший объем рекомендаций по обеспечению безопасности вырабатывается с применением качественных (инженерных) методов анализа риска, которые позволяют достигать основных целей риска-анализа при использовании меньшего объема информации и затрат труда.
-

- Наконец, последний этап анализа риска технологической системы – разработка рекомендаций по уменьшению уровня риска (управлению риском) в случае, если степень
- риска выше приемлемой. В рекомендациях представляются обоснованные меры по уменьшению риска, основанные на результатах оценок риска.
- Меры по уменьшению риска могут носить технический и (или) организационный
- характер. При выборе мер решающее значение имеет общая оценка действенности и надежности мер, оказывающих влияние на риск, а также размер затрат на их реализацию.

- Можно выделить 4 методических подхода к определению риска.
- 1) Инженерный, опирающийся на статистику, расчет частот, вероятностный анализ безопасности, построение деревьев опасности.
- 2) Модельный, основанный на построении моделей воздействия вредных факторов на отдельного человека, социальные, профессиональные группы и т. п.
- 3) Экспертный, когда вероятность событий определяется на основе опроса опытных специалистов, т. е. экспертов.
- 4) Социологический, основанный на опросе населения. Перечисленные методы отражают разные аспекты риска. Поэтому применять их необходимо в комплексе.

## ▪ КАЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ОПАСНОСТЕЙ И РИСКА

- Анализ опасностей и риска начинают с предварительного исследования, позволяющего идентифицировать источники опасности. На стадии идентификации опасностей и предварительных оценок риска рекомендуется применять методы качественного анализа и оценки риска.
- Качественные методы анализа опасностей и риска позволяют определить источники опасностей, потенциальные аварии и несчастные случаи, последовательности развития событий, пути предотвращения аварий (несчастных случаев) и смягчения последствий.
- Выбор соответствующего качественного метода анализа опасностей на стадии анализа риска зависит от цели анализа, назначения объекта и его сложности. Качественные методы анализа опасностей включают:
  - - «Что будет, если...?»;
  - - проверочный лист;
  - - предварительный анализ опасностей;
  - - анализ видов и последствий отказов;
  - - анализ опасности и работоспособности;
  - - анализ ошибок персонала;
  - - причинно-следственный анализ;
  - - анализ «дерева отказов» или «дерева причин»;
  - - анализ «дерева событий» или «дерева последствий»;

- Методы *проверочного листа* и «*Что будет, если...?*» или их комбинация относятся к группе методов качественных оценок опасности, основанных на изучении соответствия условий эксплуатации объекта или проекта требованиям промышленной безопасности.
- Результатом проверочного листа является перечень вопросов и ответов о соответствии опасного производственного объекта требованиям промышленной безопасности и указания по их обеспечению.
- Метод проверочного листа отличается от «Что будет, если
- ли...?» более обширным представлением исходной информации и представлением результатов о последствиях нарушений безопасности.
- Эти методы наиболее просты, нетрудоемки и наиболее эффективны при исследовании безопасности объектов с известной технологией.

- *Предварительный анализ опасностей (ПАО) осуществляют в следующем порядке:*
- -изучают технические характеристики объекта, системы, процесса, используемые энергетические источники, рабочие среды, материалы и устанавливают их повреждающие свойства;
- -устанавливают нормативно-техническую документацию, действие которой распространяется на данный технический объект, систему, процесс;
- -проверяют существующую техническую документацию на ее соответствие нормам и правилам безопасности;
- - составляют перечень опасностей, в котором указывают идентифицированные источники опасностей, повреждающие факторы, потенциальные аварии, выявленные недостатки.

- *Анализ видов и последствий отказов (АВПО)* – качественный метод идентификации опасностей, основанный на системном подходе и имеющий характер прогноза.
- Существенной чертой этого метода является рассмотрение каждого аппарата (установки, блока, изделия) или составной части системы (элемента) на предмет того, как он стал не исправным (вид и причина отказа) и какое было бы воздействие отказа на техническую систему. Этот метод детального анализа отказов оборудования применяется также на более поздних этапах разработки.

- АВПО включает подсчет количества нежелательных событий для каждого варианта развития аварий; прослеживание распространения нежелательных состояний, ведущих к катастрофическим последствиям; оценка воздействия на здоровье людей и повреждений материальных ценностей; составления общего заключения о данном производственном процессе на основе сравнения с другими видами риска. Этим методом можно оценить опасный потенциал любого технического объекта.
- По результатам анализов отказов могут быть собраны данные о частоте отказов, необходимые для количественной оценки уровня опасности рассматриваемого объекта. АВПО осуществляют в следующем порядке:
  - - техническую систему (объект) подразделяют на компоненты;
  - - для каждого компонента выявляют возможные отказы;
  - - изучают потенциальные аварии, которые могут вызвать отказы на исследуемом объекте;
  - - отказы ранжируют по опасностям и разрабатывают предупредительные меры.
- АВПО является анализом индуктивного типа, с помощью которого систематически, на основе последовательного рассмотрения одного элемента за другим анализируются все возможные виды отказов или аварийные ситуации и выявляются их результирующие воздействия на систему. Отдельные аварийные ситуации и виды отказов элементов позволяют, определить их воздействие на другие близлежащие элементы и систему в целом.





Рис.5.4. Алгоритм исследования отказов

- Анализ видов и последствий отказа можно расширить до количественного *анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО)*. В этом случае каждый вид отказа ранжируется с учетом двух составляющих критичности — вероятности (или частоты) и тяжести последствий отказа. Определение параметров критичности необходимо для выработки рекомендаций и приоритетности мер безопасности. Анализ критичности отказов как метод изучения отказов оборудования с точки зрения возникновения аварии отчасти отражен в ГОСТ Р 27.310-96 «Анализ видов, последствий и критичности отказов».

- Рекомендуется определять критерии критичности для различных видов отказов элементов:
  - *Категория 1: Отказ, потенциально приводящий к жертвам.*
  - *Категория 2: Отказ, потенциально приводящий к невыполнению основной задачи.*
  - *Категория 3: Отказ, приводящий к задержкам и потере работоспособности.*
  - *Категория 4: Отказ, приводящий к дополнительному, запланированному обслуживанию.*

- Элементы можно классифицировать, вычислив *коэффициенты критичности Cr*:

$$C_r = \sum_{i=1}^I \beta \alpha K_E K_A \lambda_G t \cdot 10^6, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

- где *Cr* - коэффициент критичности для элементов системы в потерях на миллион попыток;  $\beta$  - условная вероятность того, что последствия отказа для данного вида критического отказа имеют место при условии, что произошел критический отказ данного вида;  $\alpha$  - коэффициент отношения данного вида отказа к критическому;  $K_E$  – коэффициент окружающих условий, учитывающий разницу между окружающими условиями при замере параметра  $\lambda_G$  и ожидаемыми условиями работы элемента;  $K_A$ - коэффициент, учитывающий разницу между загрузкой элемента при определении параметра  $\lambda_G$  и ожидаемой загрузкой элемента в данной системе;  $\lambda_G$  – соответствующая частота отказов элементов системы, выраженная в отказах за час или за цикл работы;  $t$  – время работы в часах или число рабочих циклов данного элемента при выполнении программы;  $n$  – число критичных видов отказов элемента системы, которые подпадают под конкретное определение потерь;  $N$  – суммарное число критических видов отказов элементов системы, соответствующих данному определению потерь;  $10^6$ - множитель, переводящий коэффициент *Cr* от потерь на попытку к потерям на 1 млн. попыток. Таким образом, *Cr* обычно больше единицы.

- Результаты анализа представляются в виде таблиц с перечнем оборудования, видов и причин возможных отказов, с частотой, последствиями, критичностью, средствами обнаружения неисправности (сигнализаторы, приборы контроля и т.п.) и рекомендациями по уменьшению опасности.
- В качестве примера в табл. 5.1 приведены показатели (индексы) уровня и критерии критичности по вероятности и тяжести последствий отказа. Для анализа выделены четыре группы, которым может быть нанесен ущерб от отказа: персонал, население, имущество (оборудование, сооружения, здания, продукция и т.п.), окружающая среда.
- В табл. 5.1 применены следующие варианты критериев:
  - а) критерии отказов по тяжести последствий:
    - - *катастрофический отказ* — приводит к смерти людей, существенному ущербу имуществу, наносит невосполнимый ущерб окружающей среде;
    - - *критический (некритический) отказ* — угрожает (не угрожает) жизни людей, приводит (не приводит) к существенному ущербу имуществу, окружающей среде;
    - - *отказ с пренебрежимо малыми последствиями* — отказ, не относящийся по своим последствиям ни к одной из первых трех категорий;

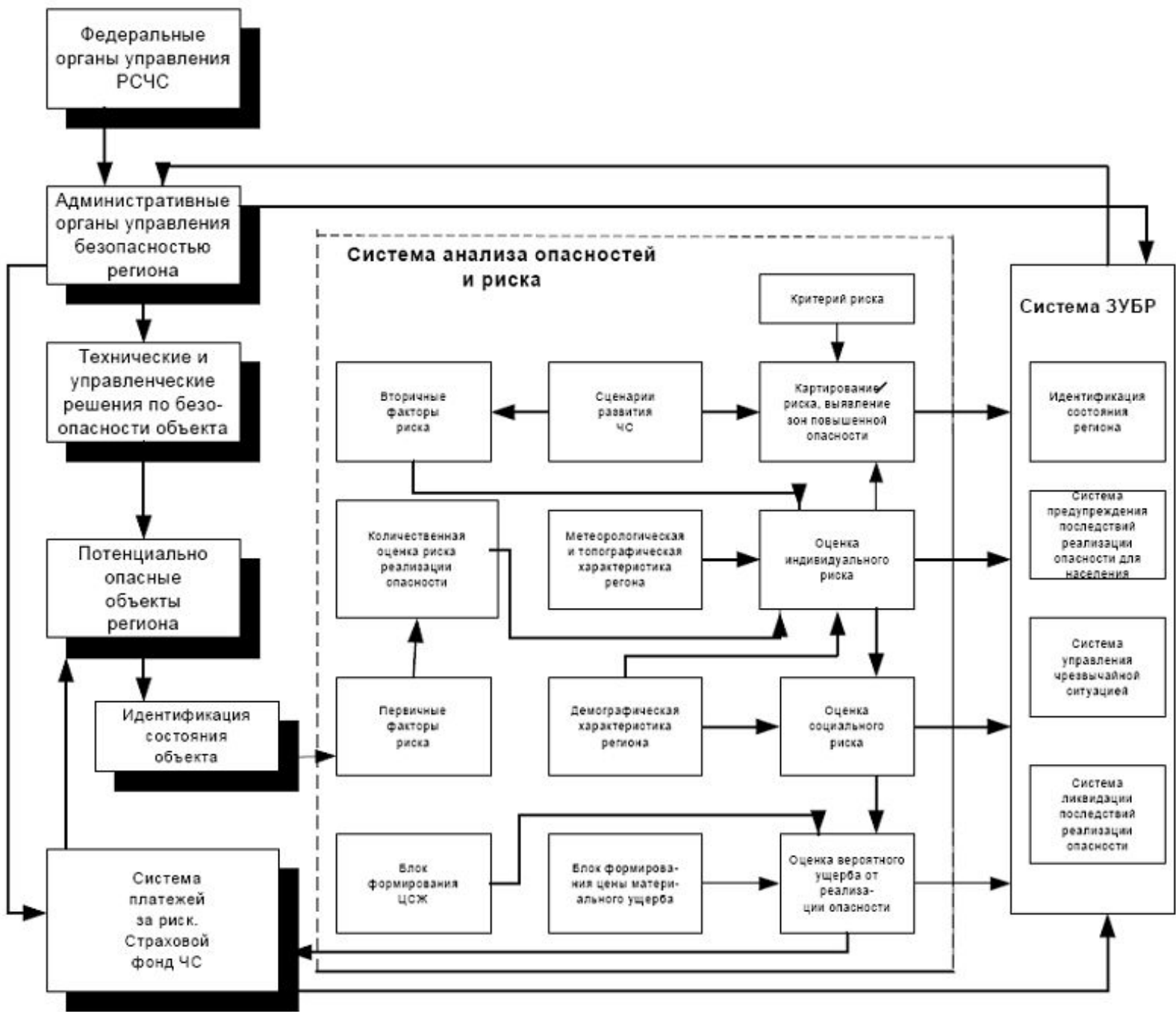
Матрица «вероятность – тяжесть последствий»

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

- б) категории (критичность) отказов:
- *A* — обязателен количественный анализ риска или требуются особые меры обеспечения безопасности;
- *B* — желателен количественный анализ риска или требуется принятие определенных мер безопасности;
- *C* — рекомендуется проведение качественного анализа опасностей или принятие некоторых мер безопасности;
- *D* — анализ и принятие специальных (дополнительных) мер безопасности не требуются.
- Методы АВПО, АВПКО применяются, как правило, для анализа проектов сложных технических систем или технических решений.



- «Дерево событий» аварий на установке первичной переработки нефти



## ▪ СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 
- Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие для вузов / С. В. Белов и др. ; под общ. ред. С. В. Белова. - 8-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2008. - 615 с.
- Безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие / под ред. Э. А. Арустамова. - М. : Маркетинг, 1998 - Ч. 1. - 244 с. - Имеются экземпляры в отделах: ч.з.N1 (Зеленая б-ка, раздел 3) , ч.з.N1 (Зеленая б-ка, раздел 3), ч.з.N2, ч.з.N3, УБ ,ч.з.N6 .
- Безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие / под ред. Э. А. Арустамова. - М. : Маркетинг, 1999 - Ч. 2. - 244 с. - Имеются экземпляры в отделах: ч.з.N1 (Зеленая б-ка, раздел 3), УБ, ч.з.N1 (Зеленая б-ка, раздел 3), ч.з.N6.
- Занько Н. Г. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности : учеб. для вузов / Н. Г. Занько, В. М. Ретнев. - 2-е изд., стер. - М. : Academia, 2004. - 288 с. - Имеются экземпляры в отделах: ч.з.N1 (Зеленая б-ка, раздел 3), МБ, ч.з.N6.
- Экология и безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие для вузов / Под ред. Л.А.Муравья. - М. : ЮНИТИ, 2000. - 447 с. - Имеются экземпляры в отделах: ч.з.N1 (Зеленая б-ка, раздел 3).



- Безопасность и защита населения в чрезвычайных ситуациях : учебник для населения / Н.А.Крючек и др.; МЧС России; Под общ.ред. Г.Н.Кириллова. - М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. - 260 с. : Имеются экземпляры в отделах: ч.з.№1.
- Природные опасности России : в 6 т. / Под общ.ред.В.И.Осипова, С.К.Шойгу.РАН. - М. : Крук, 2002 - Т.1 : Природные опасности и общество/Под ред.В.А.Владимирова и др. : научное издание. - 245 с. Имеются экземпляры в отделах: ч.з.№1 (Зеленая б-ка,раздел 1).
- Русак О. Н. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие для студ. всех спец. / О. Н. Русак, К. Р. Малаян, Н. Г. Занько. - СПб. : Лань, 2002. - 447 с. - Имеются экземпляры в отделах: ч. з.№1
- Сергеев В. С. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : учеб. пособие для студ.вузов / В.С.Сергеев; Моск. открытый соц.ин-т. - , 3-е изд., перераб.и доп. - М. : Акад. Проект, 2003. - 430 с. : Имеются экземпляры в отделах: ч.з.№1 (Зеленая б-ка,раздел 3)

- Безопасность жизнедеятельности и медицина катастроф : учебник / под ред. Н. М. Киршина. - М. : Академия, 2005. - 312,[8] с. - Имеются экземпляры в отделах: МБ .
- Основы безопасности жизнедеятельности : программа и темы практ. занятий / Рос. гос. ун-т им. И. Канта ; сост. П. В. Масленников. - Калининград : РГУ им. И. Канта, 2006. - 10 с. - Имеются экземпляры в отделах: ч.з.№1, НА
- Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях: учеб. пособие / Я. Д. Вишняков и др.. - М. : Академия, 2007. - 298 с.- Имеются экземпляры в отделах: МБ.
- Мастрюков Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: учебник / Б.С. Мастрюков. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Академия, 2006. - 334 с.. - Имеются экземпляры в отделах: МБ
- Занько Н. Г. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: лаб. практикум : учеб. пособие для студентов вузов / Н. Г. Занько, В. М. Ретнев. - М. : Academia, 2005. - 250 с. -Имеются экземпляры в отделах: ч.з.№6

- Коротков Б. П. Безопасность жизнедеятельности и медицина катастроф : учеб. пособие / Б. П. Коротков, И. Г. Черепанов. - М. : Наука-Пресс, 2007. - 479 с. - Имеются экземпляры в отделах: ч. з. N2
- Психологическая безопасность : учеб. пособие для вузов / Л. А. Михайлов и др.. - М. : Дрофа, 2008. - 284 с. : Имеются экземпляры в отделах: ч.з. N1
- Кириллова Г.Н. Безопасность и защита населения в чрезвычайных ситуациях.- М: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. – 259 с. (Калининградская областная универсальная научная библиотека)
- Большая медицинская энциклопедия/ в 30-ти т. Гл ред. Петровский Б.В. – М.: Советская энциклопедия, 1978. (Калининградская областная универсальная научная библиотека)
- Дарман П. Учебник выживания в экстремальных ситуациях : опыт специальных подразделений мира / Пер.с англ. И. Кудишина. - М. : Яуза, 2000. - 341 с. Имеются экземпляры в отделах: АХЛ.
- Личная безопасность в чрезвычайных ситуациях / под ред. Г. Н. Кириллова. - М. : НЦ ЭНАС, 2001. - 62 с. : Имеются экземпляры в отделах: МБ.







