

# ТЕМА 3. ЧЕЛОВЕК И ТЕХНОСФЕРА

К.м.н., доцент кафедры БЖД  
Пискунова В.В.

# 1. Современное состояние техносферы и техносферной безопасности

- *Техносфера* - среда обитания, созданная с помощью воздействия людей и технических средств на природную среду с целью ее наилучшего соответствия материальным и социально-экономическим потребностям.
- В современных условиях техносфера активно замещает биосферу во многих регионах нашей планеты.
- Появляются зоны повышенного антропогенного и техногенного влияния на природную среду, что приводит к частичной, а в ряде случаев к полной ее региональной деградации.

- Этим изменениям во многом способствовали следующие эволюционные процессы:
- - рост численности населения на Земле и его урбанизация;
- - рост потребления и концентрации энергетических ресурсов;
- - интенсивное развитие промышленного и сельскохозяйственного производства;
- - массовое использование средств транспорта;
- - рост затрат на военные цели и ряд других процессов.

# Опасные объекты

- По различным оценкам в России имеется порядка 45 тысяч опасных объектов различного типа и разной формы собственности, из которых:
- - в промышленности более 8000 взрыво- и пожароопасных объектов;
- - более 30 тысяч водохранилищ, из них – около 60 крупных, емкостью 1 млрд.м<sup>3</sup>;
- - несколько сотен накопителей промышленных стоков и отходов.

# Опасные объекты

- Эксплуатируется более 220 тыс. км трубопроводов, в т.ч. около 150 тыс. км магистральных газопроводов, 62 тыс. км нефтепроводов. Ежегодно на них происходит 40-50 тыс. аварий.
- В совокупности в зонах непосредственной угрозы жизни и здоровью людей в случае возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций проживает около 80 млн. человек, т.е. более половины населения страны.
- От аварий на опасных объектах ежегодно в России получают вред порядка 200 тыс. человек, а погибает в результате аварий и катастроф, включая дорожно-транспортные происшествия, более 50 тыс. человек.
- Общий экономический ущерб от ЧС в год достигает 6–7 % валового внутреннего продукта страны.

# Проблема обеспечения безопасности от элементов техносферы

- Все структурные элементы техносферы - источники повышенной опасности для людей и окружающей среды (неизбежный побочный результат научно-технического прогресса).
- увеличение скоростей на транспорте,
- повышение энерговооруженности в промышленности,
- уникальные по размерам и мощности комплексы для производства электрической энергии, для добычи и транспортирования нефти и газа.

# Наибольшая опасность в техногенной сфере

- транспортные аварии при перевозке опасных грузов,
- аварии с выбросом химически и биологически опасных веществ,
- взрывы и пожары,
- гидродинамические аварии,
- аварии на электроэнергетических системах и очистных сооружениях и т.д.

# Причины происшествий

- - ошибка человека или отказ технологического оборудования, при этом доля ошибочных и несанкционированных действий человека, составляет 50–80 %, технические предпосылки - 15–25 %;
- - воздействие опасных факторов на незащищенные элементы оборудования, человека или окружающую их среду;



# Причины происшествий

- - случайное появление опасного фактора в производственной зоне, неисправность (или отсутствие) предусмотренных на этот случай средств защиты или неточные действия людей в данных условиях;
- - недопустимое внешнее воздействие. Статистика свидетельствует, что чрезвычайные ситуации техногенного характера возникают не только в силу ошибок человека и нарушения технологического процесса производства, но и под воздействием целого ряда природных процессов, которые определяют степень потенциальной опасности возникновения чрезвычайных ситуаций.

# Главные задачи в области обеспечения техногенной и экологической безопасности

- - разработка государственной стратегии в области снижения рисков и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций;
- - осуществление комплекса мероприятий, направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, а также на сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей среде и материальных потерь.

## 2. Классификация и характеристика негативных факторов техносферы

- Человек и окружающая его среда гармонично взаимодействуют и развиваются лишь в условиях, когда потоки энергии, вещества и информации находятся в пределах, благоприятно воспринимаемых человеком и средой.
- Любое превышение привычных уровней потоков сопровождается отрицательными воздействиями на человека, называемыми негативными факторами.

# Классификация негативных факторов техносферы

- 1. По последствиям воздействия на человека
- - *вредный производственный фактор* - фактор производственной среды и (или) трудового процесса, воздействие которого в определенных условиях на организм работающего может сразу или впоследствии привести к заболеванию, в том числе смертельному, или отразиться на здоровье потомства пострадавшего, или в отдельных специфичных случаях перехода в опасный производственный фактор - вызвать травму. (ГОСТ 12.0.002 – 2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения)..

- - **опасный производственный фактор** - фактор производственной среды и (или) трудового процесса, воздействие которого в определенных условиях на организм работающего может привести к травме, в том числе смертельной.
- **Травма** - повреждение анатомической целостности организма или нормального его функционирования, как правило, происходящее внезапно.
- Между опасным и вредным производственными факторами наблюдается определенная взаимосвязь. Во многих случаях наличие вредных факторов способствует появлению травмоопасных факторов.

## 2. По природе происхождения и воздействия

- • *физические* вредные и опасные производственные факторы:
  - движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, разрушающиеся конструкции;
  - повышенные или пониженные температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение;
  - неионизирующие электромагнитные поля и излучения (электрические и магнитные поля промышленной частоты, электростатические поля, постоянные магнитные поля, электромагнитные излучения радиочастотного и оптического диапазона длин волн);

- ионизирующие излучения;
- повышенные уровни вибрации, шума, ультразвука и инфразвука;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха в рабочей зоне;
- отсутствие или недостаточность естественного освещения и недостаточная освещенность;
- повышенная яркость света и пульсации светового потока;
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности оборудования и инструментов и др.

- • *химические* вредные производственные факторы. По характеру воздействия на организм человека эти факторы подразделяются на:
  - общетоксичные вещества, вызывающие отравление всего организма (окись углерода, свинец, ртуть, бензол, мышьяк, цианистые соединения и др.);
  - раздражающие вещества, вызывающие раздражение дыхательных путей, слизистых оболочек и кожного покрова (хлор, аммиак, сернистый газ, фтористый водород, окислы азота, озон и др.);



- как аллергенные вещества (формальдегид, различные растворители и лаки на основе нитро- и нитрозосоединений и др.);
- канцерогенные, вызывающие раковые заболевания (никель и его соединения, окислы хрома, асбест и др.);
- мутагенные, приводящие к изменению наследственной информации (свинец, марганец, радиоактивные вещества и др.);
- влияющие на репродуктивную функцию (ртуть, свинец, стирол, аммиак и др.);
- некоторые вещества биологической природы (антибиотики, витамины, гормоны, ферменты, белковые препараты), получаемые химическим синтезом или для контроля которых используют методы химического анализа.

- ***биологические*** вредные производственные факторы - биологические объекты: патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибы) и продукты их жизнедеятельности; живые клетки и споры, содержащиеся в препаратах; микроорганизмы-продуценты.
- ***психофизиологические*** вредные производственные факторы разделяют по характеру действия на:
  - статические и динамические физические перегрузки;
  - нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

### 3. Критерии состояния техносферы и принципы их установления

- Взаимодействие человека со средой обитания может быть позитивным или негативным.
- **Комфортность** жизненного пространства помещений и территорий оценивается по параметрам микроклимата и значениям освещенности путем сравнения их фактических значений с нормативными.
- Критерии комфортности в виде температуры, относительной влажности и подвижности воздуха регламентируются санитарными правилами и нормами (СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»).

- Условия комфортности достигаются также соблюдением нормативных требований к естественному и искусственному освещению помещений и территорий (СанПиН 2.2.1/1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»).
- При этом нормируются значения освещенности и ряд других показателей систем освещения.

# Критерии безопасности техносферы

- это ограничения, вводимые на концентрации веществ и потоки энергии в жизненном пространстве.
- При оценке допустимости воздействия вредных факторов на человека исходят из их **порогового уровня**, ниже которого болезненные реакции на организм не наблюдаются

# Пороговый уровень воздействия опасностей



- При больших количествах вредных факторов проявляются отрицательные воздействия.
- Они зависят как от величины опасной дозы ( $P$ ), так и от длительности воздействия ( $t$ ).
- При малой длительности переносимы более высокие уровни, т.е. пороговые значения для них могут быть выше и понижаться при более длительной экспозиции.

- Концентрации веществ регламентируют, исходя из предельно допустимых значений концентраций этих веществ в жизненном пространстве:

- $$C_i < ПДК_i,$$

- где  $C_i$  – концентрация  $i$ -го вещества в жизненном пространстве;

- $ПДК_i$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го вещества.



# *ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны*

- - это концентрация вредного вещества, которая при ежедневной работе в течение 8 ч и не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

# Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны для различных классов опасности

- Предельно-допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м<sup>3</sup>:
- 1-ый класс опасности – менее 0,1;
- 2-ой класс опасности – 0,1-1,0;
- 3-ий класс опасности – 1,1-10,0;
- 4-ый класс опасности – более 10,0.

- Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать показателей, установленных гигиеническими нормативами (ГН 2.2.5.3532-18), утвержденными Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. В Нормативах отражены величина ПДК, агрегатное состояние в воздухе в условиях производства, класс опасности и особенности действия на организм для 2495 вредных веществ.
- Соблюдение гигиенических нормативов является обязательным для индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, деятельность которых связана с проектированием производственных зданий, технологическими процессами, оборудованием и вентиляцией, контролем качества производственной среды и профилактикой заболеваний.

# Расчет ПДК

- Нормативы ПДК загрязняющих веществ рассчитываются также по их содержанию в атмосферном воздухе, почве, водах и устанавливаются для каждого вредного вещества (или микроорганизма) в отдельности. Значения ПДК являются общепринятыми для всей территории и акватории Российской Федерации.
- Для потоков энергии допустимые значения устанавливаются соотношением:
- $I_i < ПДУ_i$ ,
- где  $I_i$  – интенсивность  $i$ -го потока энергии;
- $ПДУ_i$  - предельно допустимая интенсивность (уровень)  $i$ -го потока энергии.

- Так, например, применительно к условиям загрязнения производственной среды электромагнитными излучениями действуют Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

# *Критерии экологичности техносферы*

- – это предельно допустимые выбросы (ПДВ), сбросы (ПДС) примесей, предельно допустимые уровни энергии (ПДУ) для конкретных источников загрязнения среды обитания, устанавливаемые с учетом значений ПДК и фоновых концентраций веществ ( $C_{\phi}$ ) и потоков энергии ( $I_{\phi}$ ) в конкретном жизненном пространстве.

- Так, при определении предельно допустимого выброса (ПДВ) вещества в атмосферный воздух источник загрязнения должен удовлетворять условию
- $C_i < ПДК - C_{\phi}$
- где  $C_i$  – концентрация вещества в жизненном пространстве, которая может быть создана источником загрязнения;
- ПДК – предельно допустимая концентрация вещества;
- $C_{\phi}$  – фоновая концентрация вещества.

# При принятии ПДЗ негативных факторов руководствуются основополагающими принципами:

- 1. Опережение обоснования и осуществления профилактических мероприятий по сравнению с моментом поступления вещества в широкую практику, поскольку производство и применение недостаточно изученных потенциально опасных веществ сопряжены с риском для здоровья человека.

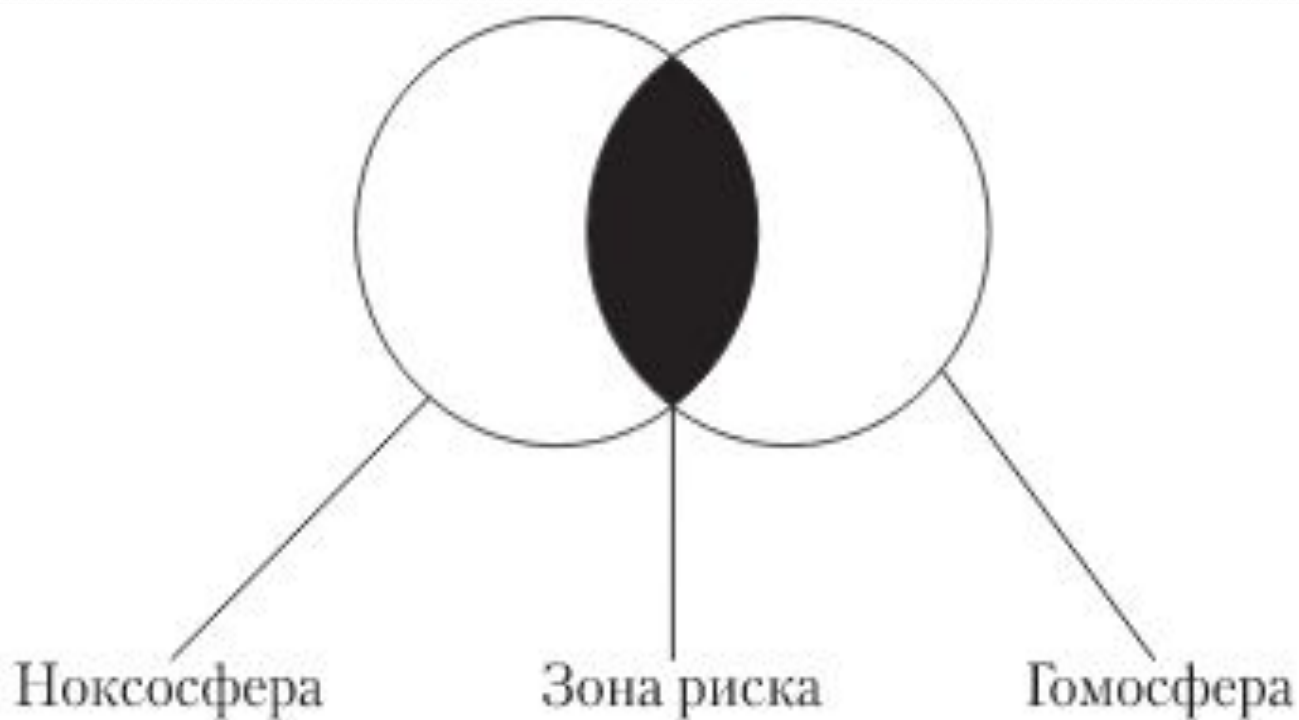


- 2. Безвредность гигиенического норматива - приоритет медицинских и биологических показаний к установлению санитарных регламентов перед прочими критериями (технологической целесообразностью и экономическими требованиями).
- 3. Принцип порогового действия вредных факторов – по мере снижения уровня воздействия вещества может быть достигнута доза (концентрация), не вызывающая неблагоприятных изменений.

## 4. Риск как критерий безопасности техносферы. Виды рисков

- В случаях, когда потоки масс и/или энергий от источника негативного воздействия в среду обитания могут нарастать стремительно и достигать чрезмерно высоких значений (например, при авариях), в качестве критерия безопасности принимают допустимую вероятность (риск) возникновения подобного события.
- Риск – вероятность реализации негативного воздействия при совпадении во времени в пространстве области действия опасностей (ноксосферы) и области пребывания человека (гомосферы).

# Формирование зоны риска



# Риск как количественная мера опасности

- Под риском как количественной мерой опасности обычно подразумевают неблагоприятные потери или последствия в заданном интервале времени:
- $R = L / \Delta t$ ,
- где  $L$  – последствия (потери), которые могут быть выражены как в абсолютных, так и в относительных единицах, а так же и в стоимостном выражении;
- $\Delta t$  – интервал времени, определяемый целями исследования.

# Размерность риска

- Размерность риска определяется размерностью потерь. Риск может быть выражен в абсолютном выражении, например, количество погибших или заболевших людей, количество гектаров сгоревшего леса, и т.д.
- Риск может быть выражен в относительном выражении: в процентах, долях, относительных единицах. В этом случае, определяется количество неблагоприятных событий (например, количество погибших людей) по сравнению с общим возможным количеством событий подобного рода (например, численностью людей в анализируемой системе). Выбор базовой величины зависит от масштаба изучаемой системы и целей исследования.

# Индивидуальный риск

- Если в качестве базовой величины выбирается количество людей подвергающихся рассматриваемому риску, то такой риск называют *индивидуальным*, и определяют по формуле:
- $$R = L / (\Delta t \times K),$$
- где  $K$  – число людей, подвергшихся риску.

# Классификация источников опасностей и уровней риска смерти человека

Источник	Причины	Среднее значение*
Внутренняя среда организма человека	Генетические и соматические заболевания, старения.	$R_{cp} = (0,6...1) \cdot 10^{-2}$
Естественная среда обитания	Несчастные случаи от стихийных бедствий (землетрясения, ураганы, наводнения и др.).	$R_{cp} = 1 \cdot 10^{-6}$ : наводнения - $4 \cdot 10^{-5}$ ; 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.	$R_{cp} = 1 \cdot 10^{-3}$
Профессиональная деятельность	Профессиональные заболевания, несчастные случаи на производстве	Профессиональная деятельность: при $R_{cp} < 10^{-4}$ - безопасная; $R_{cp} = 10^{-4}...10^{-3}$ - относительно безопасная; $R_{cp} = 10^{-3}...10^{-2}$ - опасная; $R_{cp} > 10^{-2}$ - особо опасная.
Социальная среда	Самоубийства, самоповреждения, преступные и военные действия и т.д.	$R_{cp} = (0,5...1,5) \cdot 10^{-4}$

# Риски

- Риск может быть определен для системы в целом (коллективный риск), а также дифференцирован по последствиям.
- Вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций применительно к техническим объектам и технологиям оценивают на основе статистических данных или теоретических исследований. При использовании статистических данных величину риска определяют по формуле:
- $R = N_{чс} / N_o \leq R_{доп}$ ,
- где  $R$  – риск;
- $N_{чс}$  – число чрезвычайных событий в год;
- $N_o$  – общее число событий в год;
- $R_{доп}$  – допустимый риск.



# Прогнозируемые риски

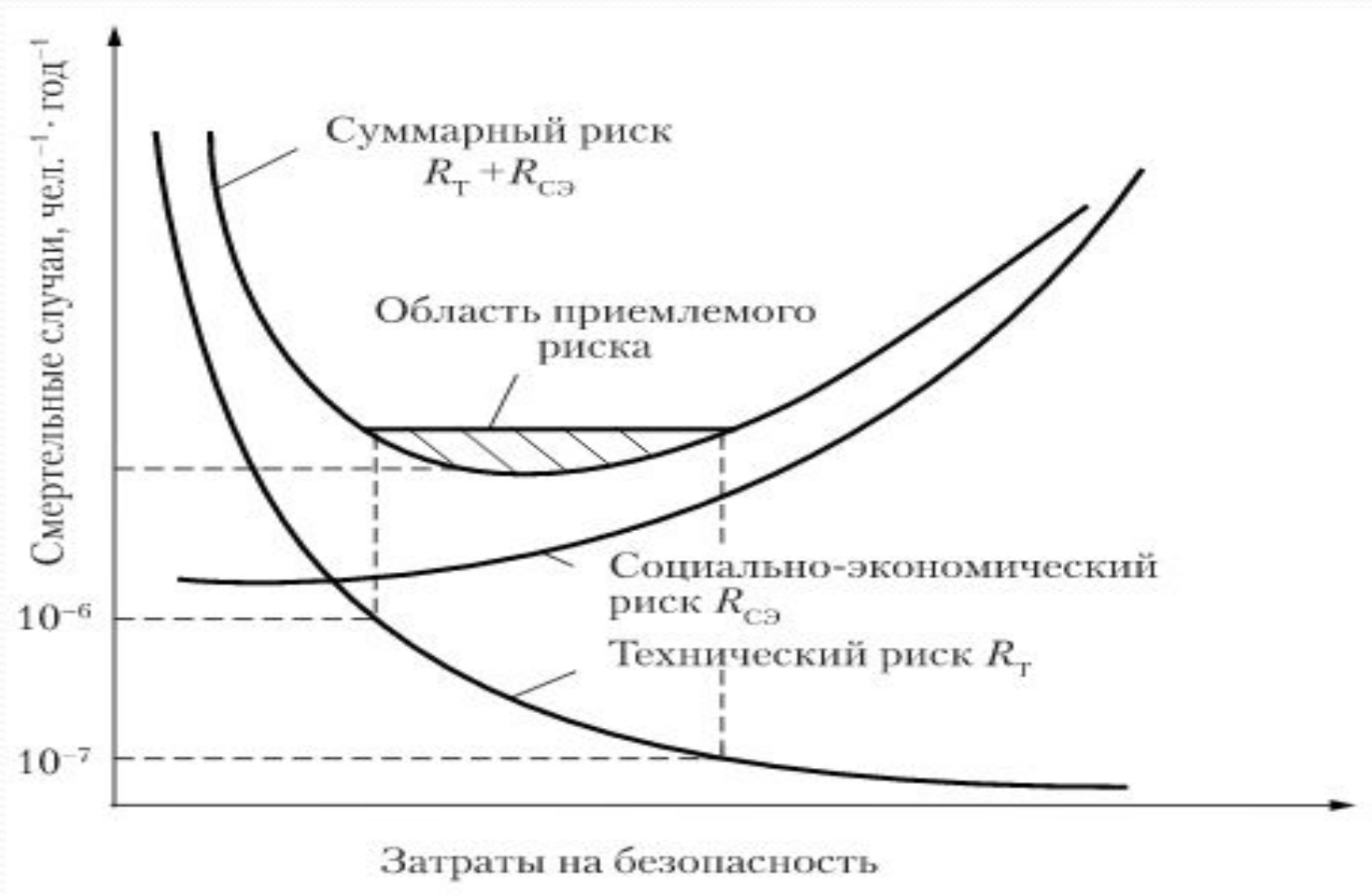
- это риски, которые связаны с циклическим развитием процессов, отличающиеся предсказуемостью проявления.
- Математически ожидаемый (прогнозируемый) риск - это произведение частоты реализации конкретной опасности на произведение вероятностей нахождения человека в «зоне риска» при различном регламенте технологического процесса.

- $R = f \prod P_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ), где
- $f$  - число несчастных случаев (смертельных исходов) от данной опасности чел<sup>-1</sup> · год<sup>-1</sup>, (для отечественной практики  $f = K_{\text{ч}} \cdot 10^{-3}$ , т. е. соответствует значению коэффициента частоты несчастного случая деленного на 1000);
- $\prod P_i$  - произведение вероятностей нахождения работника в «зоне риска»;
- $p_1$  - вероятность нахождения работника в цехе в течение года (отношение числа рабочих дней в году к общему числу дней в году);
- $p_2$  - вероятность работы человека на производстве в течение недели (отношение числа рабочих дней в неделе к числу дней недели);
- $p_3$  - вероятность выполнения работником технологического задания непосредственно на оборудовании (отношение времени выполнения задания к продолжительности рабочей смены) и т.п.

- Использование формулы дает возможность прогнозировать величину риска, исходя из регламента технологического процесса и времени взаимодействия человека с производственными опасностями в течение рабочего дня, недели, года, т.е. позволяет определить вероятность нахождения его в зоне риска.
- **Приемлемый риск** - это такой низкий уровень смертности, травматизма или инвалидности людей, который не влияет на экономические показатели предприятия, отрасли экономики или государства.

- Необходимость формирования концепции приемлемого (допустимого) риска обусловлена невозможностью создания абсолютно безопасной деятельности. Приемлемый риск сочетает в себе технические, экономические, социальные и политические аспекты и представляет некоторый компромисс между уровнем безопасности и экономическими возможностями ее достижения.

# Определение приемлемого риска



# Выбор приемлемого риска

- Экономические возможности повышения безопасности технических систем не безграничны. Финансируя повышение безопасности технических систем, можно нанести ущерб социальной сфере производства (сокращение затрат на приобретение спецодежды, медицинское обслуживание и др.) Суммарный риск имеет минимум при определенном соотношении между инвестициями в техническую и социальную сферу, что необходимо учитывать при выборе приемлемого риска. Предлагаемый подход к оценке приемлемого риска применим как для конкретного предприятия, так и для общества в целом.

# Значения приемлемого и неприемлемого рисков

- В настоящее время сложились представления о величинах приемлемого (допустимого) и неприемлемого риска.
- Неприемлемый риск имеет вероятность реализации негативного воздействия более  $10^{-3}$ ,
- приемлемый – менее  $10^{-6}$ .
- При значениях риска от  $10^{-3}$  до  $10^{-6}$  принято различать переходную область значений риска.