
Теоретические основы оценки риска

Лекция № 6 (2Р)

Лекция № 6 (2Р) ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РИСКА

Цель: Рассмотреть систему показателей, используемую для количественной оценки риска.

Учебные вопросы:

1. Индивидуальный и потенциальный риск
 2. Коллективный риск
 3. Социальный риск
 4. Технический (материальный) риск
 5. Экологический риск
-

1.1 Индивидуальный риск

- Индивидуальный риск занимает главенствующее положение среди других показателей и является одной из наиболее часто используемых характеристик опасностей, выражающей частоту (или вероятность) потери здоровья либо смерти человека.

$$R_u = \frac{n(\Delta t)}{N_f}$$

где n – число пострадавших (погибших) в единицу времени Δt от определенного фактора риска f ; N_f – число людей, подверженных соответствующему фактору риска f в единицу времени Δt .

Пример: в России в 2008 г. зарегистрировано около 200 тыс. пожаров, в которых погибло 15165 человек (статистика МЧС России). Численность населения РФ в 2008 г. составляла примерно 141,8 млн. человек.

$$R_u = \frac{15165}{141,8 \cdot 10^6} = 1,07 \cdot 10^{-4} \quad 1/\text{год}$$

1.1 Индивидуальный риск

- Для априорной оценки $R_{И} = \frac{M[N_A] \cdot n}{N} \text{ 1\год}$

где $M[N_A]$ – математическое ожидание числа опасных событий N_A на территории возможного нахождения индивидуума из оцениваемой группы N

- Индивидуальный риск вблизи ОПО

$$Ru(x, y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \lambda_i \cdot P_{ij}(x, y) \cdot P(x, y) \cdot P_j^P$$

где $Ru(x, y)$ – величина индивидуального риска в точке с координатами x, y , 1/год;

$i = 1 \dots n$ – число расчетных сценариев возникновения и развития аварии;

$j = 1 \dots m$ – число видов воздействия поражающих факторов при реализации i -го сценария аварии;

λ_i – частота реализации i -го сценария возникновения и развития аварии, 1/год;

$P_{ij}(x, y)$ – вероятность реализации j -го вида воздействия (поражающего фактора) в точке с координатами x, y для i -го сценария;

$P(x, y)$ – вероятность присутствия человека в данной точке;

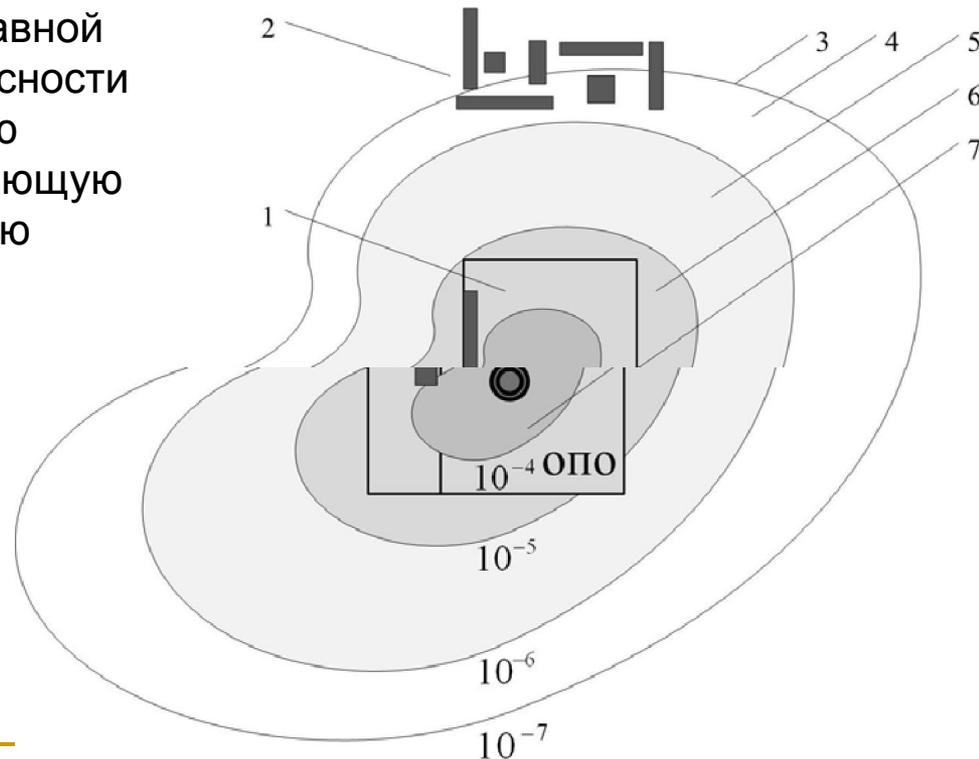
P_j^P – условная вероятность поражения человека при реализации j -го вида воздействия (поражающего фактора).

1.2 Потенциальный риск

- Потенциальный риск, в соответствии с названием, выражает собой потенциал максимально возможной опасности в данной точке

$$R_{\Pi}(x, y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \lambda_i \cdot P_{ij}(x, y)$$

Множество точек равной потенциальной опасности образуют замкнутую кривую, ограничивающую зону или территорию равного риска.



- 1 – ОПО
- 2 – территория жилой застройки;
- 3 – изолинии равного риска;
- 4-7 – зоны различной степени риска.

1.3 Приемлемый индивидуальный риск

- Установление определенных нормативов приемлемого риска получило название **нормирования рисков**
- Возникает вопрос, что считать приемлемым риском?
- Приемлемую величину каждого вида риска необходимо обосновать.

Пример: По данным ВОЗ, в современном мире практически невозможно предотвратить 5 смертей от общих заболеваний на каждые 10 000 человек в возрасте до 30 лет. приемлемую величину индивидуального риска смерти людей в результате общих заболеваний возможно установить равной $5 \cdot 10^{-4}$ 1/год.

- Мировым сообществом принята **концепции приемлемого риска**
- в Нидерландах для предельно допустимого уровня индивидуального риска, обусловленного *хозяйственной деятельностью*, принято значение риска смерти, равное 10^{-6} 1/год.
- Директива ЕС (Севезо-2) - верхняя граница (предельно допустимый уровень) индивидуального риска для стран ЕС принят равным 10^{-5} 1/год.

1.3 Приемлемый индивидуальный риск

- Российским научным обществом анализа риска в 2006 г. принята **Декларация об установлении предельно допустимого уровня индивидуального риска смерти, а также уровня социального риска** (носящие рекомендательный характер)

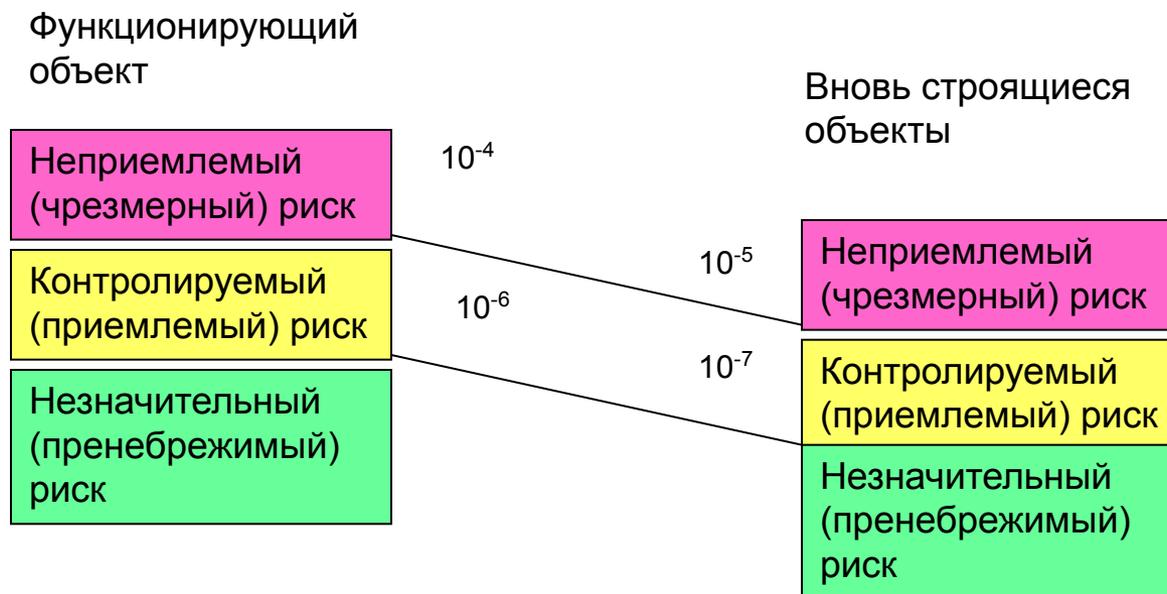


Рис. 6.2 Значения рекомендуемых нормативных уровней индивидуального риска

2. Коллективный риск

- Показатель «коллективный риск» в отличие от риска индивидуального, является интегральной мерой опасности, отражающей *масштаб* ожидаемых последствий для людей в результате потенциальных аварий или других негативных воздействий

$$R_K = \sum_{i=1}^k P_i \cdot n_i$$

где $i = 1 \dots k$ – число расчетных сценариев возникновения и развития аварии, при которых возможны людские потери;

P_i – вероятность реализации i -го сценария аварии;

n_i – значение величины людских потерь (общих либо пострадавших в определенной степени) при реализации i -го сценария аварии.

- Прогноз *количества* пострадавших в оцениваемой группе, когда статистические данные отсутствуют, можно выполнить с помощью математических моделей

$$n = M[N_A] \cdot S_{3П} \cdot П$$

где $M[N_A]$ – математическое ожидание числа случайных событий-аварий на рассматриваемой территории; $S_{3П}$ – средняя площадь зоны поражения при реализации события-аварии (или ее фактора), км²/событие; $П$ – средняя плотность населения в районе возможных опасных событий, чел/км²

2. Коллективный риск

Коллективный риск может быть выражен посредством индивидуального риска, например, вблизи ОПО:

$$R_{кол} = \iint_S R_{И}(x, y) \cdot N(x, y) dx dy$$

где S – область интегрирования, обычно площадь территории, км²;

$N(x, y)$ – плотность распределения населения и (или) персонала по территории, прилегающей к опасному объекту, чел./км².

Расчет показателя коллективного риска при известной величине индивидуального риска в общем виде может быть выполнен по формуле:

$$R_{кол} = R_{И} \cdot N$$

где N – число людей, подверженных рассматриваемой опасности (опасному фактору), чел.

3. Социальный риск

- Объектом воздействия, т.е. сферой приложения социального риска, являются группы людей либо их интересы, а также сообщества людей или общество в целом.
 - Первый признак социального риска – масштабность, второй - вид и степень тяжести негативных последствий
 - Социальный риск может принимать во внимание экономические и социальные потери (ущерб) в случае нарушения процесса нормальной жизнедеятельности, а также вследствие изменений в окружающей человека среде (социальной и природной) при реализации опасности.
-

3.1 Показатели социального риска

- Для факторов опасности, существование которых в окружающей среде детерминировано либо произошедших событий, величину социального риска можно оценить, например, по динамике смертности, рассчитанной на 1000 человек из соответствующей группы:

$$R_C = \frac{1000 \cdot (C_2 - C_1)}{L_r}$$

где C_1 , C_2 – число умерших в единицу времени в исследуемой группе соответственно в начале и в конце периода наблюдения; L_r – общая численность исследуемой группы.

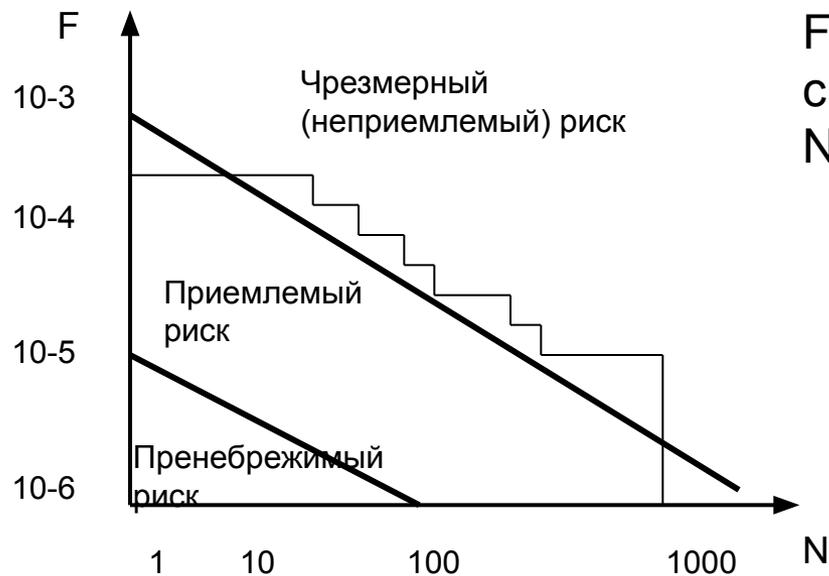
Расчет социального риска при прогнозировании последствий, возникших в результате события-аварии на опасном объекте, может быть выполнен

$$R_C(N) = \sum \sum \lambda_i \cdot P_{ij} \cdot P_N \cdot P(N|P_j)$$

где $i = 1 \dots n$ – число расчетных сценариев возникновения и развития события-аварии; $j = 1 \dots m$ – число видов воздействия поражающих факторов при ре-ализации i -го сценария аварии; λ_i – частота реализации i -го сценария возникновения и развития аварии, 1/год; $P_{i,j}(x, y)$ – вероятность реализации j -го вида воздействия (поражающего фактора) для i -го сценария; P_N – вероятность присутствия N и более человек в пределах определенной территории;

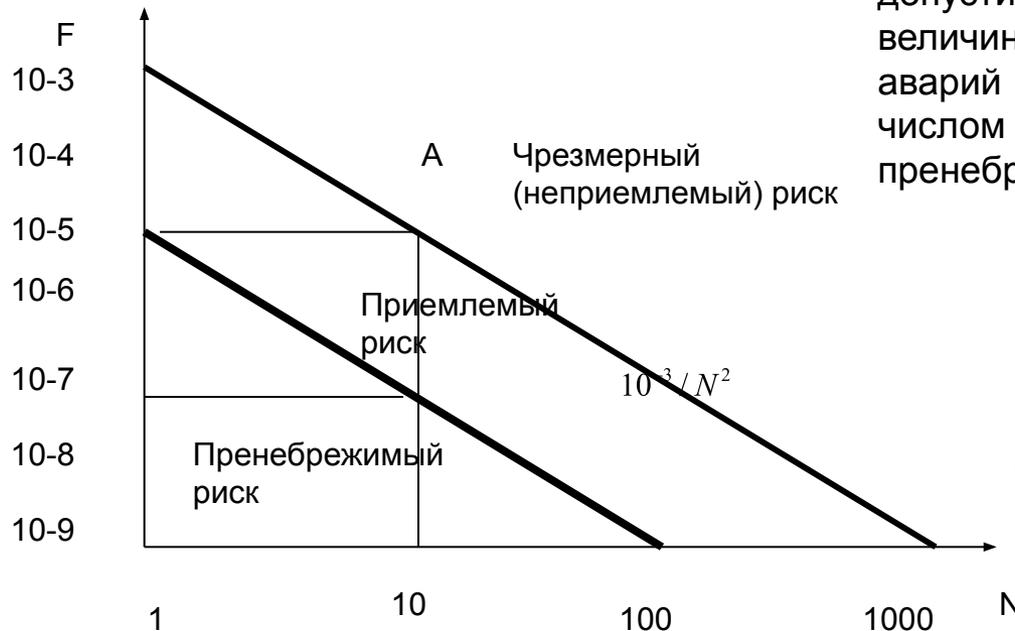
$P(N|P_j)$ – вероятность поражения N и более человек при реализации j -го вида воздействия

Кривая социального риска (F/N-диаграмма)



F – частота аварий с числом смертей N и более, 1/год;
N – количество погибших, чел.

3.2 Приемлемый социальный риск



В Нидерландах в качестве предельно допустимого риска была рекомендована величина прогнозируемой частоты аварий $1 \cdot 10^{-5}$ 1/год с максимальным числом погибших $N = 10$ чел. (т.А), пренебрежимого уровня - $1 \cdot 10^{-7}$

В России: для новых (вновь проектируемых объектов) величина приемлемого социального риска - $10^{-3}/N^2$ 1/год; для действующих – $10^{-2}/N^2$ 1/год;

F – частота аварий с числом смертей N и более, 1/год;
 N – количество погибших, чел.

4. Технический риск

- Все виды рисков, имеющие техническое происхождение, т.е. порожденные техническими объектами, относят к **техногенным**
- Расчет технического риска может быть выполнен по формуле:

$$R_T = \sum \sum \lambda_i \cdot P_{ij} \cdot Y_{ij}$$

где R_T – величина технического риска в единицах среднегодового ущерба, руб./год; $i = 1 \dots n$ – число расчетных сценариев возникновения и развития аварии;

$j = 1 \dots m$ – число видов воздействия поражающих факторов при реализации i -го сценария аварии;

λ_i – частота реализации i -го сценария возникновения и развития аварии, 1/год;

$P_{i,j}$ – вероятность реализации j -го вида воздействия (поражающего фактора) для i -го сценария;

$Y_{i,j}$ – размер ущерба материальным ресурсам, обусловленного реализацией j -го вида воздействия (поражающего фактора), руб.

Таблица 6.1 – Определение границ областей уровня рисков для критически важных объектов федерального значения

Частота ЧС, 1/год	Последствия ЧС			
	Малосущественные	Существенные	Тяжелые	Тяжелые
Более 1	Зона			
1 – 10 ⁻¹		неприемлемого		
10 ⁻¹ – 10 ⁻²				риска
10 ⁻² – 10 ⁻³	Зона			
10 ⁻³ – 10 ⁻⁴		повышенного		
10 ⁻⁴ – 10 ⁻⁵			риска	
10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁶	Зона	приемлемого		
Более 10 ⁻⁶			риска	

5. Экологический риск

Таблица 6.2 – Источники и факторы экологического риска

Источник экологического риска	Наиболее распространенные факторы
Техногенный	Загрязнение водоемов, воздуха, почв вредными веществами. Энергетическое загрязнение окружающей среды. Воздействие на биоресурсы. Разрушение ландшафтов и экосистем. Разрушение озонового слоя
Социальный	Противоправное уничтожение объектов растительного и животного мира, в т.ч. занесенных в Красную книгу
Природный	Ландшафтные пожары, наводнения, засуха, ураганы, извержения вулканов, землетрясения, эрозия почв, оползни

5. Экологический риск

- Расчет экологического риска при прогнозировании аварий может быть выполнен по формуле:

$$R_{\text{э}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^l \lambda_i \cdot P_{ij} \cdot P_{ijk} \cdot Y_{ijk}$$

где $R_{\text{э}}$ – величина экологического риска; $i = 1 \dots n$ – число расчетных сценариев возникновения и развития аварии; $j = 1 \dots m$ – число видов поражающих факторов, определяющих характер воздействия на объекты природной среды, при реализации i -го сценария аварии; $k = 1 \dots l$ – число объектов природной среды;

λ_i – частота реализации i -го сценария аварии, 1/год;

P_{ij} – вероятность реализации j -го вида поражающего фактора для i -го сценария; P_{ijk} – вероятность возникновения последствий (причинения вреда, ущерба) k -му объекту природной среды (природному компоненту);

Y_{ijk} – последствия (вред, ущерб) для k -го объекта природной среды воздействием j -го поражающего фактора при реализации i -го сценария аварии.