

# ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ



## **Основные вопросы лекции:**

- 1. Опасности современного мира**
- 2. Триада «Опасность – риск – безопасность»**
- 3. Виды рисков**
- 4. Пожарные риски**
- 5. Локальные и интегральные риски**
- 6. Пожарный риск как функция многих переменных**
- 7. Детализация пожарных рисков**
- 8. Городские и сельские пожарные риски**
- 9. Управление пожарными рисками**
- 10. Приложение теории пожарных рисков**

# Опасности современного мира

Некоторые виды опасностей, реально угрожающих человечеству в начале XXI века:

- космические – столкновение Земли с различными космическими объектами (кометами, астероидами, другими небесными телами);
- экологические – глобальные изменения климата, опустынивание, деградация почвы, истощение природных и биологических ресурсов, загрязнение окружающей среды и др.;
- природные – все виды стихийных бедствий;
- техногенные – аварии, взрывы, пожары, катастрофы и т.д.;
- биологические, экономические, социальные, политические, военные, информационные и др.

Вообще говоря, совокупность всевозможных опасностей в мире, их видов и подвидов, по-видимому, можно охарактеризовать (с абстрактной, математической точки зрения) как бесконечное счетное множество, то есть множество, имеющее бесконечно много элементов, которые, тем не менее, можно перенумеровать.

# Развитие процесса урбанизации

В начале XX столетия из 1,65 млрд. человек, населявших Землю, в городах проживало менее 14 % населения планеты, то есть около 230 млн. человек. При этом большинство городов были малыми и почти не отличались от крупных сельских поселений. В крупных городах проживало примерно 1,5 % населения Земли. Крупнейшим городом на планете являлся Лондон (5 млн. чел.).

В середине XX века уже 20 % землян проживало в городах, то есть 0,72 млрд. человек (население Земли составляло 2,5 млрд. человек). В 1977 г. в мире насчитывалось около 2 тыс. больших городов (с населением свыше 100 тыс. жителей каждый) и более 150 городов и агломераций с населением более 1 млн. человек.

В 2010 году на планете насчитывалось 6,9 млрд. человек, из которых больше половины (51 %) жило в городах, то есть горожан сейчас на Земле около 3,5 млрд. человек. Здесь приведена общепланетарная статистика, но в перенаселенной Европе в городах живут 73 % европейцев (как в России), а в отдельных странах эта доля превышает 85 % населения. Например, в Германии 86 % населения живут в городах.

К сказанному полезно добавить, что суммарная площадь территории всех городов мира составляет только 3 % земной суши, то есть примерно 4,5 млн. кв. км. Ежегодно эта территория увеличивается на 20 тыс. кв. км. (на 0,45 % суммарной площади городов) и к 2020 г. составит 4 % всей суши.

Эту ситуацию наглядно можно представить так: в начале XXI века половина населения Земли размещается на площади квадрата со стороной равной всего 2,1 тыс. км., где на каждом кв. км. размещаются в среднем 780 человек.

## Причины возрастания числа крупных промышленных аварий и последствий от них

- недопустимо высоким уровнем износа основных производственных фондов в энергетике, на транспорте и в промышленности, включая высокорисковые производства (в частности, на предприятиях нефтегазохимии, топливно-энергетического комплекса уровень износа основных фондов составляет 50-80 %);
- порочной практикой размещения производительных сил, приведшей к концентрации опасных производств на небольших площадях вблизи или внутри мест компактного проживания населения, а также в районах, подверженных наводнениям, землетрясениям и другим стихийным бедствиям;
- отсутствие экономических механизмов обеспечения безопасности, а также целостной нормативно-правовой базы в области защиты населения и территорий от промышленных аварий и катастроф.

# Триада «Опасность – риск – безопасность»

Для того чтобы обеспечить безопасность какого-то объекта защиты (какой-либо системы) нужно уметь противостоять угрожающим ему опасностям. Так при анализе проблемы безопасности (любого объекта) рассматриваются два основных понятия – **опасность и безопасность**. Понятие риска в определенной степени связывает два первых понятия. Так возникает основная триада понятий формирующейся в настоящее время теории риска и безопасности: **«Опасность – риск – безопасность»**.

**Опасность** – явление любой природы (физической, химической, биологической, экономической, социальной и др.), способное нанести вред личности, обществу, государству, любому объекту защиты.

Любая опасность носит, как правило, потенциальный характер и в реальности проявляется далеко не всегда. Риск как раз и является мерой возможности реализации конкретной опасности.

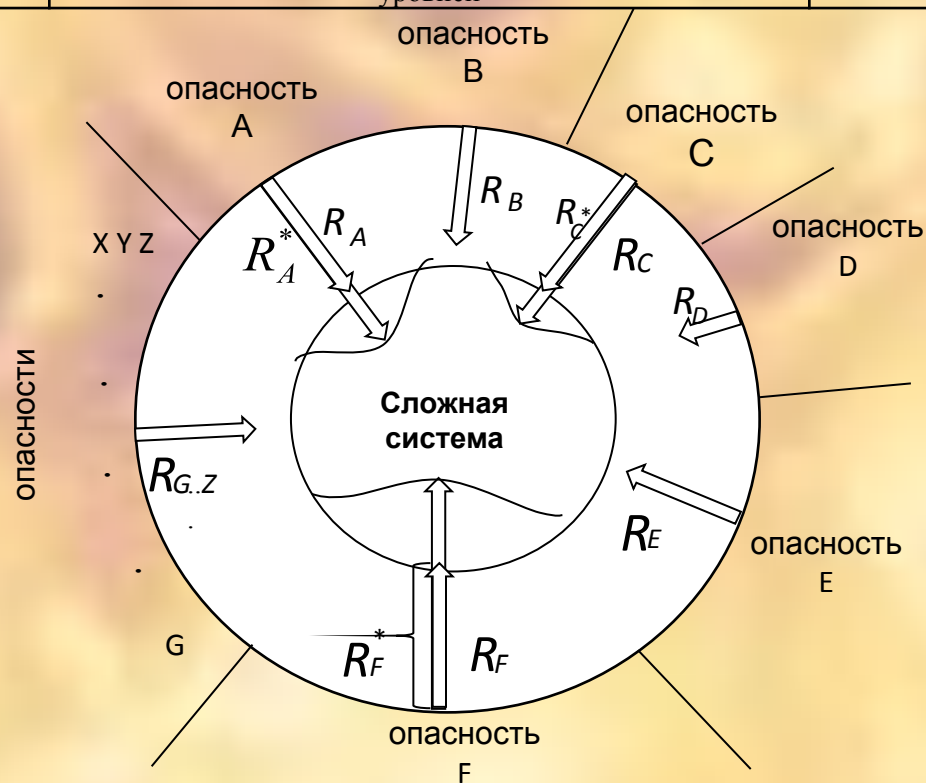
**Риск** – количественная характеристика (мера) возможности реализации конкретной опасности и ее последствий, измеряемая, как правило, в соответствующих единицах.

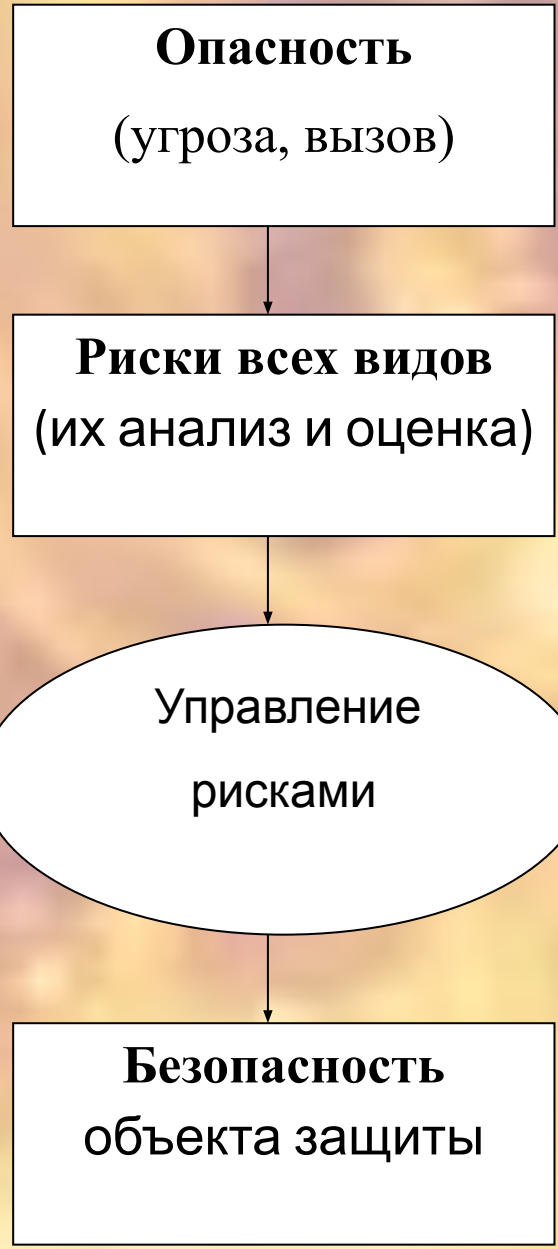
**Управление риском** – разработка и реализация комплекса мероприятий (инженерно-технического, экономического, социального и иного характера), позволяющих уменьшить значение данного риска до допустимого (приемлемого) уровня.

**Безопасность** – состояние объекта защиты (системы), при котором значения всех рисков не превышают их допустимых уровней.

# Основные понятия теории риска и безопасности

Понятия	Определения основных понятий	Обозначения
Опасность	Явление любой природы (физической, химической, биологической, экономической, социальной и др.), способное нанести вред обществу, окружающей среде, любому объекту защиты.	A,B,C....
Риск	Количественная характеристика (мера) возможности реализации конкретной опасности или ее последствий, измеряемая, как правило, в соответствующих единицах.	$R_A, R_B, R_C, \dots$
Управление риском	Разработка комплекса мероприятий (инженерно-технического, экономического, социального и иного характера), позволяющих снизить значение данного риска до допустимого уровня $R^*$	$R_i \leq R_i^*$ ( $i=A,B,..$ )
Безопасность	Состояние объекта защиты (системы), при котором значения всех рисков не превышают их допустимых уровней	$R_A^*, R_B^*, \dots, R_Z^*$





**Опасность**

(угроза, вызов)

**Риски всех видов**  
(их анализ и оценка)

Управление  
рисками

**Безопасность**  
объекта защиты



# Виды рисков

Существующие риски разнообразны и могут быть разделены на множество категорий, то есть классифицированы по различным признакам:

- **по степени влияния** на жизнедеятельность человека, жизнеспособность организации различают следующие виды риска:
  - пренебрежимый (меры защиты принимать не требуется);
  - приемлемый (принимаются меры контроля и защиты на основе принципов обоснования и оптимизации);
  - чрезмерный (деятельность с указанным уровнем риска не допускается);
- **по объекту** рассматриваются риски:
  - для жизни и здоровья людей – индивидуальный;
  - для общества – социальный;
  - для функционирования и развития (благополучия, жизнеспособности) организаций как социально-экономических систем – предпринимательский, экономический;
  - для государства – стратегический;
  - для окружающей природной среды как условия развития человечества – экологический риск (связан не с одномоментным ущербом, а с долговременными изменениями среды обитания, приводящими к негативным последствиям для населения и человечества в целом).
- **по местоположению источника опасности относительно объекта** различают риски:
  - внешние;
  - внутренние.

Для организации к внешним источникам опасности относятся экономическая конъюнктура, конкуренты, а к внутренним – риски, связанные с принимаемыми решениями, противоречиями в руководстве и др. Внутренним источником риска для жизни и здоровья человека является его организм (болезни).

- **по субъекту** (причине или источнику) различают риски:
  - природа (включая космос) – природные;
  - техносфера – техногенные;
  - общество – социальные;
  - экономика (бизнес) – предпринимательские, экономические.
- **по причине возникновения** различают риски, связанные с:
  - опасными явлениями;
  - возможными реализациями (сценариями) негативных тенденций развития;
  - нестабильностью условий деятельности организации, приводящей к отклонению фактического результата деятельности от ожидаемого, к ошибочным решениям в рискованных ситуациях.
- **по возможности страхования** риски делятся на группы:
  - страхуемые, к которым относятся риски, которые могут быть переданы соответствующим страховым организациям;
  - нестрахуемые, к которым относятся те их виды, по которым отсутствует предложение соответствующих страховых продуктов на страховом рынке.

# Пожарные риски

В Федеральном законе Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" они трактуются следующим образом [22]:

- **Пожарный риск** - мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей (ст. 2);
- **Допустимый пожарный риск** – пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий (ст.2);
- **Индивидуальный пожарный риск** - пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара (ст. 2);
- **Социальный пожарный риск** - степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара (ст. 2).

# Нормирование пожарного риска

В ФЗ 123 в статье 79 «Нормативное значение пожарного риска для зданий, сооружений и строений» указано, что:

1. Индивидуальный пожарный риск в зданиях, сооружениях и строениях не должен превышать значение **одной миллионной в год** при размещении отдельного человека в наиболее удаленной от выхода из здания, сооружения и строения точке.

2. Риск гибели людей в результате воздействия опасных факторов пожара должен определяться с учетом функционирования систем обеспечения пожарной безопасности зданий, сооружений и строений.;

(Впервые оно появилось в ГОСТ 12.1.004–76 в такой формулировке: «Система пожарной защиты должна разрабатываться по каждому конкретному объекту из расчета, что нормативная вероятность воздействия опасных факторов пожара на людей принимается равной не более 0,000001 в год в расчете на отдельного человека» )

В статье 93 «Нормативные значения пожарного риска для производственных объектов»:

1. Величина индивидуального пожарного риска в зданиях, сооружениях, строениях и на территориях производственных объектов не должна превышать **одну миллионную в год**.

2. Для производственных объектов, на которых обеспечение величины индивидуального пожарного риска одной миллионной в год невозможно в связи со спецификой функционирования технологических процессов, допускается увеличение индивидуального пожарного риска до одной десятитысячной в год. При этом должны быть предусмотрены меры по обучению персонала действиям при пожаре и по социальной защите работников, компенсирующие их работу в условиях повышенного риска.

4. Величина индивидуального пожарного риска в результате воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, не должна превышать **одну стомиллионную в год**.

5. Величина социального пожарного риска воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, не должна превышать **одну десятимиллионную в год**.

# Локальные и интегральные пожарные риски

**Локальные риски** характеризуют опасности, угрожающие таким объектам защиты как предприятия, транспортные средства и т.п.

**Интегральные риски** характеризуют комплекс опасностей, угрожающих таким большим и сложным объектам защиты как города, регионы, страны, включающим в себя как элементы здания, сооружения, различные предприятия, транспортные сети и т.д., то есть они учитывают и «суммируют» все локальные риски, присущие этим системам.

К основным интегральным пожарным рискам (далее пожарным рискам) будем относить следующие:

- риск для человека столкнуться с пожаром (его опасными факторами) за единицу времени. В настоящее время удобно этот риск измерять в единицах :

$$\left[ \frac{\text{пожар}}{\text{чел.} \cdot \text{год}} \right]$$

- риск для человека погибнуть при пожаре (оказаться его жертвой). Здесь единица измерения имеет вид  $\left[ \frac{\text{жертва}}{\text{пожар}} \right]$

- риск для человека погибнуть от пожара за единицу времени :  $\left[ \frac{\text{жертва}}{\text{чел.} \cdot \text{год}} \right]$

Очевидно, что эти риски связаны соотношением

$$R_3 = R_1 \cdot R_2$$

Риск характеризует возможность реализации пожарной опасности, а риски и - некоторые последствия этой реализации.

# Пожарные риски

<b>Риски возникновения пожара <math>R_1</math></b>	<b>Риски развития пожара</b>	<b>Риски крупного и катастрофического пожара</b>	<b>Риски последствий пожара <math>R_2, R_3, \dots</math></b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В целом по стране</li> <li>2. В регионе</li> <li>3. В городе</li> <li>4. В селе</li> <li>5. На конкретном объекте</li> <li>6. От конкретной причины</li> </ol> <div style="margin-left: 150px;"> <p>с учетом климатич. и др. условий</p> </div>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Несрабатывание пожарной сигнализации</li> <li>2. Несрабатывание пожарной автоматики (системы пожаротушения)</li> <li>3. Несрабатывание первичных средств тушения</li> <li>4. Позднее прибытие пожарных подразделений</li> <li>5. Нехватка сил и средств</li> <li>6. Нехватка средств тушения (воды и пр.) и др.</li> </ol>	$R_{кр.} = \alpha \cdot 10^{-4} \cdot R_1,$ $3 \leq \alpha \leq 7$ $R_{кат.} = \beta \cdot 10^{-4} \cdot R_1,$ $4 \leq \beta \leq 10$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Погибнуть при пожаре</li> <li>2. Погибнуть от пожара в ед. времени</li> <li>3. Получить травму при пожаре</li> <li>4. Получить травму от пожара в ед. времени</li> <li>5. Материальный ущерб в ден.ед.</li> <li>6. Потеря строения и др.</li> </ol>
<b>Методы оценки рисков:</b> статистики, теории вероятностей, исследование операций, теорий прочности и пр.	<b>Методы оценки рисков:</b> теории надежности, математического моделирования (аналитического и имитационного) деятельности противопожарной службы	<b>Методы оценки рисков:</b> статистики, математического моделирования, теории вероятностей	<b>Методы оценки рисков:</b> статистики, моделирования пожаров и др.

## Средние значения пожарного риска $R_3$ (за 2004–2008 гг.) в странах мира

№ п/п	Страна	Среднее число погибших при пожарах			Диапазон допустимых значений $R_3$
		в год	на 1 млн.чел.	на 100 пожаров	
1	Сингапур	3	0,7	0,06	$1,0 \cdot 10^{-6} - 5,0 \cdot 10^{-6}$
2	Сербия	14	1,4	0,09	
3	Италия	95	1,6	0,04	
4	Кипр	2	2,1	0,03	
5	Малайзия	72	2,9	0,31	
6	Люксембург	2	3,1	0,07	
7	Нидерланды	64	3,9	0,51	
8	Швейцария	31	4,1	0,21	
9	Германия	429	5,2	0,24	
10	Австрия	44	5,2	0,13	
11	Испания	221	5,5	—	$6,0 \cdot 10^{-6} - 9,0 \cdot 10^{-6}$
12	Греция	68	6,1	0,20	
13	Франция	411	6,5	0,12	
14	Словения	14	6,8	0,23	
15	Новая Зеландия	32	7,7	0,14	
16	Великобритания	480	7,9	0,12	
17	Ирландия	38	9,3	0,12	
18	Хорватия	44	9,7	0,61	$1,0 \cdot 10^{-5} - 2,0 \cdot 10^{-5}$
19	Словакия	53	9,8	0,46	
20	Швеция	93	10,3	0,34	
21	Румыния	227	10,5	3,81	
22	США	3 514	11,5	0,23	
23	Чехия	124	12,1	0,61	
24	Болгария	104	13,7	0,35	
25	Норвегия	64	13,9	0,48	
26	Венгрия	143	14,2	0,63	
27	Польша	576	14,9	0,35	
28	Дания	83	15,2	0,47	
29	Финляндия	96	18,4	0,68	
30	Литва	280	83,7	1,60	$0,8 \cdot 10^{-4} - 1,2 \cdot 10^{-4}$
31	Украина	3 982	86,0	8,06	
32	Латвия	207	91,7	1,86	
33	Эстония	130	96,6	1,14	
34	Беларусь	1 142	117,4	11,00	
35	Россия	17 147	121,3	7,81	
<b>Итого:</b>			<b>40,6</b>	<b>1,18</b>	

# Приложение теории пожарных рисков

В конце июня 2009 г. была утверждена методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, в частности, жилых домов [27].

В «Методике . . .» говорится «расчеты по оценке пожарного риска проводятся путем сопоставления расчетных величин пожарного риска с нормативным значением пожарного риска, установленного Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ [27].

Индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому уровню, если:

$$Q_B \leq Q_B^H$$

где -  $Q_B^H$  - нормативное значение индивидуального пожарного риска,  
 $Q_B$  - расчетная величина индивидуального пожарного риска.

Расчетная величина индивидуального пожарного риска в каждом здании рассчитывается по формуле:

$$Q_B = Q_{II} \cdot (1 - R_{АП}) \cdot P_{Пр} \cdot (1 - P_{Э}) \cdot (1 - P_{П.З.})$$

где  $Q_{II}$  - частота возникновения пожара в здании в течение года, определяется на основании статистических данных;  $R_{АП}$  - вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения (при отсутствии в здании систем автоматического пожаротушения  $R_{АП}$  принимается равной нулю);  $P_{Пр}$  - вероятность присутствия людей в здании;  $P_{Э}$  - вероятность эвакуации людей;  $P_{П.З.}$  - вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасности эвакуации людей при пожаре.



# Алгоритм управления пожарной безопасностью объекта защиты

