

# Методология оценки риска.

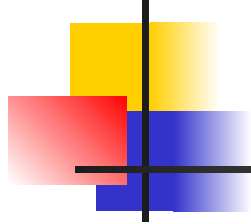
---

ТС ТОВ РУ - 87

# Анализ безопасности РУ.

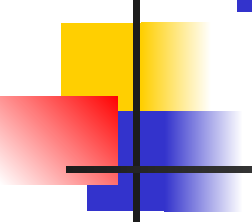
## Глава 4

---



# Понятие "Риск" и его производные

- В различных областях науки и деятельности термину "риск" придается разное толкование. Приведены примеры использования понятия "риск" и задачи, решаемые в России на основе оценок риска, а также отношение за рубежом к использованию оценок "анализа риска". Предложено в России выработать единый подход к концепции оценки риска.

- 
- Понятие "риск" за последние два десятилетия получило широкое распространение в различных областях науки и техники, законодательных и нормативных документах разного уровня, в коммерческой и финансовой деятельности. В каждой области, используя этот термин, вкладывают в него свое понимание, свой акцент в его толкование.



# Риск-анализ оборудования и конструкций потенциально опасных объектов

---

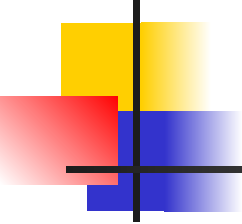
- В рамках этого направления под "риском" понимается возможность и вероятность катастрофического разрушения ответственного оборудования и конструкций потенциально опасного объекта, которые априори известно, приведут к серьезным негативным последствиям.

# Риск от ионизирующего излучения



---

- Воздействие ионизирующего излучения на организм человека носит стохастический характер (особенно в области малых доз) и здесь специалисты оперируют понятием "риск" как вероятностью нанесения ущерба здоровью человека при определенной дозе облучения.

- 
- Рассматривается индивидуальный риск (для индивидуума выбранной группы) и коллективный риск с учетом всего контингента облученных лиц (аналог выше упомянутому "социальному риску"). В данном подходе не затрагивается вопрос о причинах и вероятности возникновения ситуации с облучением населения, т.е. вопрос носит чисто медицинский характер.

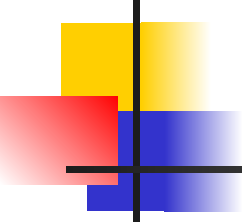


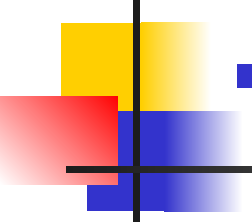
# Вероятностный анализ безопасности атомных станций

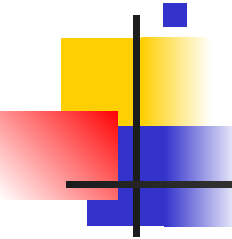
---

- С 70-х годов в мире начал бурно развиваться вероятностный анализ безопасности атомных станций первоначально поставивший своей целью продемонстрировать, что безопасность атомных станций для конкретного индивидуума из населения существенно выше, чем вероятность гибели от других воздействий техногенного и природного характера.

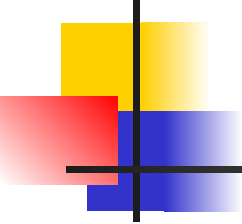


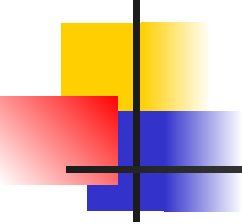
- 
- . За меру безопасности был взят "риск" для жизни индивидуума, проживающего около атомной станции, от возможных аварий на этой станции. В понятие "риск" здесь включают вероятность и последствия (выбросы и сбросы радиоактивных веществ за пределы станции) от рассматриваемого набора аварий на атомной станции, вероятности определенных погодных условий в момент аварии, вероятности облучения индивидуума различными путями, вероятность нанесения ущерба здоровью от определенной дозы облучения.

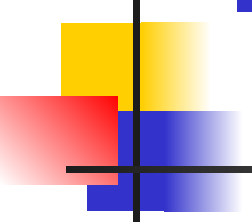
- 
- Было показано, что индивидуальный риск смерти (вероятность в год) от аварий на атомной станции на один-два порядка ниже, чем от причин техногенного характера (транспорт, пожары и т.п.) и на два-три порядка меньше, чем от экзотических природных явлений (молнии, метеориты и т.п.).



- Впоследствии вероятностный анализ безопасности атомных станций стал использоваться как инструмент для оценки безопасности конкретного блока станции с точки зрения наличия и эффективности мер по предотвращению аварий и систем безопасности по ограничению последствий аварий.

- 
- Величина риска при таком подходе стала оцениваться как сумма произведения вероятности выброса (сброса) радиоактивных веществ на вероятность в год (частоту) такого выброса. При таком подходе можно сравнивать безопасность различных атомных станций, поскольку со своим "статвесом" сравниваются все аварии различной степени тяжести и специфичные для конкретного блока.

- 
- В дальнейшем произошло еще большее упрощение вероятностного подхода к оценке безопасности атомных станций, когда за критерий была взята вероятность в год (частота) разрушения (повреждения) активной зоны реактора, так как только при разрушении активной зоны могут иметь место значительные выбросы (сбросы) радиоактивных веществ.

- 
- Важно понять общие закономерности применения этого понятия и, главное, как используется или предполагается использовать результаты анализа риска или его составляющих на государственном или отраслевом уровне, т.е. как управлять риском.

# Зарубежные подходы к проблеме "риска"



---

- За основу зарубежного подхода возьмем Заявление Американской Ассоциации Инженерных обществ "Анализы риска. Процессы и Применения". В упомянутом документе ключевым словом является "анализ риска", три составные части:



# Заявление включает следующие рекомендации:

---

- Необходимо принять единую терминологию для процесса "анализ риска". Всем федеральным агентствам следует использовать единую терминологию в своих решениях.

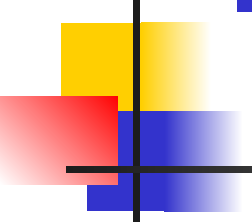




Все социальные ценности следует  
учитывать исходя из оценки риска

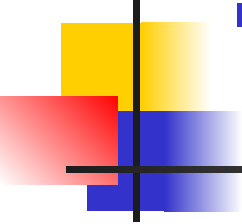
---

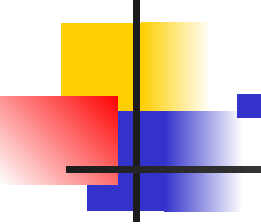
- Специфические риски здоровью (смерти) должны рассматриваться как уменьшение продолжительности жизни выделенной группы населения.

- 
- Анализ "стоимость-выгода", выраженная в стоимость предотвращенного риска, должен стать основой правительственных решений.
  - Стоимость человеческого здоровья (смерти) должна быть выражена в долларах на единицу времени сокращения продолжительности жизни.



Компоненты "анализа риска"

- 
- Само обозначение проблемы "анализ риска" говорит о попытке системного подхода с точки зрения организации этого процесса и с логическим завершением в виде создания государственного механизма управления риском, а также с вопросами популяризации такого подхода (см. рисунок).



В нашей практике основное внимание уделяется "анализу риска" (в терминологии США), хотя имеются отдельные элементы "управления риском" (доплаты за опасные профессии, лимитирование уровней ионизирующего облучения, ограничение вероятностей тяжелых аварий на атомных станциях и др.).



## ■ Компоненты "оценки риска"

---

### ■ **Объективные**

- Оценка источника
- Оценка воздействия
- Оценка эффектов воздействия

Характеризация риска

### **Субъективные**

Политика оценки риска

# Компоненты управления риском

---

## Объективные

- Охарактеризованный риск
- Сравнительная оценка риска
- Оценка стоимости
- Оценка стоимости-пользы

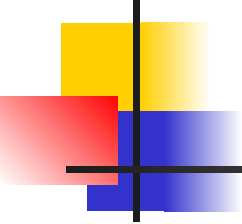
## Субъективные

Восприятие риска

Политическое и юридическое  
воздействие

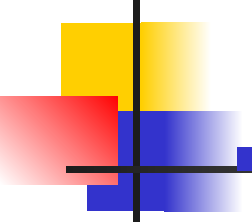
Неохваченные аспекты

Управленческое решение

- 
- 
- Компонентами "Распространения информации о риске" (коммуникабельности риска) являются "послание - источник (послания) - канал - получатель".



# Безопасность и риск



Количественный подход к оценке риска был предложен Фармером в 1967 году. Он предложил критерий, согласно которому авария с заданными последствиями (пример, мгновенные смертельные случаи или отдельные раковые заболевания) считается неприемлемыми для общества, если его вероятность превышает определённую величину.

Последствия  
(дозовый предел  
облучения, Зв/год)

# Недопустимая зона

0,1

Остаточный  
риск

0,004

Риск аварий,  
(проектные аварии)

Риск отказов и  
нарушений при  
нормальной экспл.

$10^{-7}$

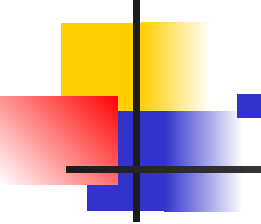
$10^{-2}$  Вероятность



- Кривая **Фармера**

- (зависимость величины последствий **аварии** от вероятности ее возникновения)
- 

- \* **Остаточный риск - это риск, который продолжает существовать несмотря на все предпринятые меры (например, риск падения метеорита на защитную оболочку АС)**
- " вероятность  $10^{-7}$  означает, что событие может произойти 1 раз в 10 000 000 лет.

- 
- Краеугольным камнем в дальнейшем развитии вероятностной оценки риска явилось исследование реакторной безопасности WASH-1400 (ноябрь 1975 года).
  - Основным результатом WASH-1400 это кривая.

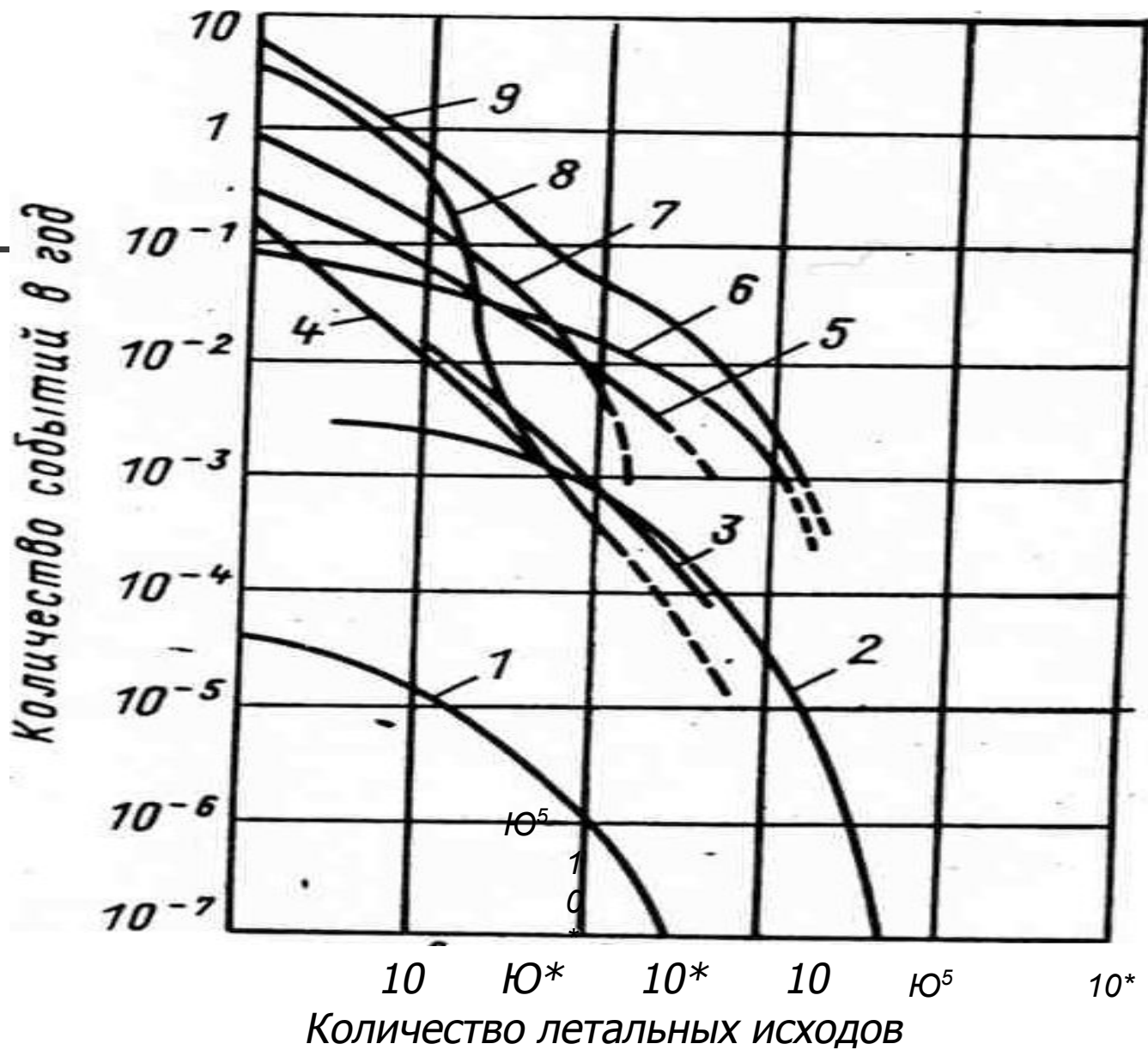
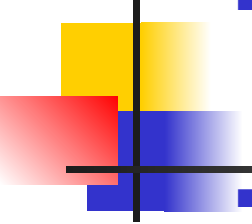


Рис. 8.1 1. Частота аварий и количество

- 
- **Рис. 8.1 1. Частота аварий и количество летальных исходов, обусловленных различными причинами (WASH-1400):**
  - **1 - эксплуатация 100 энергетических реакторов (ранние летальные исходы);**
  - **2 - эксплуатация 100 энергетических реакторов (поздние летальные исходы);**
  - **3 - выбросы хлора;**
  - **4 - авиационные катастрофы с падением самолетов на землю;**
  - **5 - взрывы; 6 - разрушение плотин;**
  - **7 – пожары ;**
  - **8 - авиационные катастрофы;**
  - **9 - суммарное количество летальных исходов**

## ВАБ-1

- Фаза 1. Анализ внутренних исходных событий
- Фаза 2. Анализ стояночных режимов
- Фаза 3. Анализ пожаров. Анализ сейсмического воздействия
- Фаза 4. Анализ режимов с повреждениями отработавшего топлива в БВ

Вероятность  
повреждения  
источников  
радиоактивности

## ВАБ-2

- Анализ развития аварии
- Определение состояний повреждения станций
- Определение состояния защитной оболочки

Вероятность  
выхода  
радиоактивных  
веществ за  
пределы ЗО

## ВАБ-3

- Анализ распределения радиоактивных веществ в окружающей среде за пределами ЗО
- Определение воздействия на персонал, население и имущество

Оценка  
суммарного  
риска АЭС

# Вероятностный анализ безопасности для режимов работы на мощности и стояночных режимов

- ВАБ-0 – Анализ надежности систем безопасности и систем важных для безопасности
- ВАБ-1 – Определение интегральной частоты повреждения активной зоны
- ВАБ при пожарах в помещениях АЭС - Определение дополнительной интегральной частоты повреждения активной зоны вызванной пожаром
- ВАБ-2 - Определение частоты выбросов ПД в окружающую среду превышающих значение предельного аварийного выброса (ПАВ) и оценка требуемого объема и вероятности введения защитных мер для населения



# Использование результатов ВАБ-0

## Стадия проектирования

- Проектные расчеты надежности систем АЭС
- Обоснование и оптимизация структуры систем на основе многовариантных расчетов по критериям, «надежность», «надежность-стоимость»
- Обоснование требований к надежности оборудования
- Обоснование требований к системам диагностирования
- Обоснование требований к системе и организации ТОР АЭС

## Стадия строительства и эксплуатации

- Разработка симптомно-ориентированных инструкций для персонала по действиям в аварийных ситуациях
- Обоснование номенклатуры оборудования, подлежащего диагностированию, и периодичности проверок
- Обоснование регламентов технического обслуживания и ремонта
- Разработка программ модернизации АЭС



# Результаты ВАБ-1 для Тяньваньской АЭС

## Работа на мощности

- Среднее значение суммарной ЧПЗ в :  $3.31 \cdot 10^{-6}$  1/год
- Малые течи I контура внутри ЗО – частота повреждения зоны  $6.77E-07$  1/год;
- Обесточивание блока - частота повреждения зоны  $6.72E-07$  1/год;
- Потеря отвода тепла через II контур - частота повреждения зоны  $5.29E-07$  1/год;
- Административный останов - частота повреждения зоны  $3.40E-07$  1/год.

## Стояночные режимы

- Среднее значение суммарной ЧПЗ в СР равно:  $3.56 \cdot 10^{-7}$  1/год
- Границы 90% доверительного интервала:  
Нижняя граница (5%)  
 $2.01 \cdot 10^{-8}$  1/год  
Верхняя граница (95%)  
 $1.35 \cdot 10^{-7}$  1/год



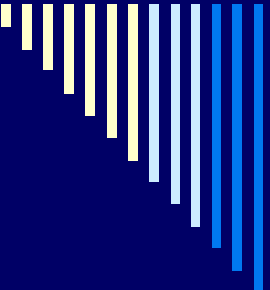
# Опыт выполнения ВАБ при пожарах

Целью ВАБ при пожарах является комплексная оценка пожарной безопасности АЭС.

Комплексная оценка достигается решением определенных задач:

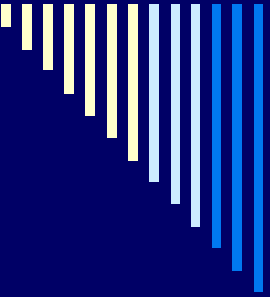
Первая группа включает определение и анализ факторов, которые могут быть связаны с возникновением и развитием пожара на АЭС (включая анализ кабельных трасс).

Вторая группа включает определение последствий, которые могут возникнуть при пожаре и частоту их реализации при работе на мощности и в стояночных режимах.



Основным результатом ВАБ ТАЭС при пожарах является оценка вклада пожара в частоту повреждения активной зоны, которая составила:

Для режима работы на мощности	Для стояночных режимов	Суммарная частота
2,60E-08	2,43E-08	5,03E-08



---

# Цели ВАБ-2 для ТАЭС

- Оценка вероятностей аварийных выбросов, характеризующих различные группы конечных состояний деревьев событий защитной оболочки (SET end states) в первые сутки аварии
  - Подтверждение проектных вероятностных критериев
-



## Предельный аварийный выброс (ПАВ)

- Принят в проекте для различных периодов тяжелой аварии
- Значения ПАВ для первых суток тяжелой аварии (утечки через неплотности двойной ЗО)
  - Xe-133 – 2% от содержания в АЗ
  - I-131 – 0.01% от содержания в АЗ
  - Cs-137 – 0.01% от содержания в АЗ
- Аварийный выброс для реперного сценария ТА (<1ПАВ) используется Заказчиком для разработки плана защитных мероприятий