Волгоградский государственный технический университет

Кафедра “Промышленной экологии и

безопасности жизни деятельности”

## Семестровая работа

*по БЖД*

### на тему:

### **“Основные источники и виды риска, подлежащие оценке. Количественные меры техногенных воздействий и нагрузок”.**

*Выполнил:* студент группы ИВТ-464

Ю.В.

*Проверила:* Сторожикова Н.А.

Волгоград 2003

**Содержание:**

Введение.

1. Основные положения теории риска.

2. Методика изучения риска.

3. Другие приемы анализа риска.

4. Сравнительные данные различных методов анализа.

5. Необходимость защиты окружающей среды от опасных техногенных воздействий промышленности на экосистемы.

Список литературы.

## Введение.

Необходимым условием существования человеческого общества является деятельность. Существует большое количество видов деятельности, которые охватывают практические, интеллектуальные и духовные процессы, протекающие в быту, общественной, культурной, производственной, научной и других сферах жизни.

Модель процесса жизнедеятельности в наиболее общем виде можно представить состоящей из двух элементов: человека и среды его обитания. Между собой эти элементы связаны двухсторонними связями (рис.1).

Человек

Рис.1. Модель процесса деятельности человека.

Прямые связи человека со средой очевидны.

Обратные связи обусловлены всеобщим законом реактивности материального мира.

Система “человек – среда” является двухцелевой:

1. одна цель состоит в достижении определенного эффекта в процессе деятельности;
2. вторая – в исключении нежелательных последствий от этой деятельности.

Другими словами, окружающая нас природа рассматривается человеком с двух противоположных позиций. С одной стороны, для нормального существования нам необходимо обеспечивать стабильность всех факторов окружающей среды. Например, потепление, изменение давления, влажности, уровня радиации, уменьшение количества растений и т.д. может оказывать вредное влияние на человеческий организм. Насколько важна эта проблема, можно судить по возросшей роли “зеленых” в политической жизни развитых стран.

С другой стороны, жизнедеятельность человека невозможна без пагубного воздействия на природу. Извлечение полезных ископаемых, различные загрязнения грунта, вод и воздуха, выделение большого количества тепла – вот лишь небольшая часть “последствий” человеческой деятельности, которые оказывают вредное влияние на окружающую среду.

Именно в одновременности этих двух сторон состоит противоречие во взаимодействии человека с природной средой. Человеческая практика дает основание утверждать, что любая деятельность потенциально опасна (так называемая “аксиома о потенциальной опасности”).

Тема взаимодействия человека и окружающей среды выходит за пределы какой-либо одной науки или области человеческой деятельности. Это предопределило необходимость появление новой области знаний – безопасности жизнедеятельности (БЖД).

БЖД – комплексная дисциплина, изучающая возможности обеспечения безопасность человека применительно к любому виду человеческой деятельности.

БЖД решает три взаимосвязанные задачи:

1. Идентификация опасностей, т.е. распознавание вида опасности с указанием ее количественных характеристик и координат опасности.
2. Защита от опасностей на основе сопоставления затрат и выгод.
3. Ликвидация возможных опасностей (исходя из концепции остаточного риска).

## 1. Основные положения теории риска.

Одной из основных задач БЖД является определение количественных характеристик опасности (идентификация). Только зная эти характеристики можно на базе общих методов разработать эффективные частные методы обеспечения безопасности и оценивать существующие технические системы и объекты с точки зрения их безопасности для человека.

При анализе технических систем широко используется понятие надежности.

**Надежность** - свойство объекта выполнять и сохранять во времени заданные ему функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Надежность является внутренним свойством объекта. Оно проявляется во взаимодействии этого объекта с другими объектами внутри технической системы, а также с внешней средой, являющейся объектом, с которым взаимодействует сама техническая система в соответствии с ее назначением. Это свойство определяет эффективность функционирования технической системы во времени через свои показатели. Являясь комплексным свойством, надежность объекта (в зависимости от его назначения и условий эксплуатации) оценивается через показатели частных свойств - безотказности, долговечности, ремонтопригодности и сохранности - в отдельности или определенном сочетании.

При анализе безопасности технической системы, характеристики ее надежности не дают исчерпывающей информации. Необходимо провести анализ возможных последствий отказов технической системы в смысле ущерба, наносимого оборудованию и последствий для людей, находящихся вблизи него. Таким образом, расширение анализа надежности, включение в него рассмотрения последствий, ожидаемую частоту их появления, а также ущерб, вызываемый потерями оборудования и человеческими жертвами, и является оценкой риска. Конечным результатом изучения степени риска может быть, например, такое утверждение: “Возможное число человеческих жертв в течение года в результате отказа равно N человек”.

Таким образом, можно дать следующее определение риска: **риск** - частота реализации опасностей. Количественная оценка риска - это отношение числа тех или иных неблагоприятных последствий к их возможному числу за определенный период.

Пример. Определить риск гибели человека на производстве за год, если известно, что ежегодно погибает около *n* =14000 человек, а численность работающих составляет *N* =140 млн. человек:

С точки зрения общества в целом интересно сравнение полученной величины со степенью риска обычных условий человеческой жизни, для того чтобы получить представление приемлемом уровне риска и иметь основу для принятия соответствующих решений.

По данным американских ученых индивидуальный риск гибели по различным причинам, по отношению ко всему населению США за год составляет:

|  |  |
| --- | --- |
| Автомобильный транспорт | 3×10-4. |
| Падение | 9×10-5. |
| Пожар и ожог | 4×10-5. |
| Утопление | 3×10-5. |
| Отравление | 2×10-5. |
| Огнестрельное оружие и станочное оборудование | 1×10-5. |
| Водный, воздушный транспорт | 9×10-6. |
| Падающие предметы, эл. ток | 6×10-6. |
| Железная дорога | 4×10-6. |
| Молния | 5×10-7. |
| Ураган, торнадо | 4×10-7. |

Таким образом, полная безопасность не может быть гарантирована никому, независимо от образа жизни.

При уменьшении риска ниже уровня 1×10-6 в год общественность не выражает чрезмерной озабоченности и поэтому редко предпринимаются специальные меры для снижения степени риска (мы не проводим свою жизнь в страхе погибнуть от удара молнии). Основываясь на этой предпосылке, многие специалисты принимают величину 1×10-6 как тот уровень, к которому следует стремиться, устанавливая степень риска для технических объектов. Во многих странах эта величина закреплена в законодательном порядке. Пренебрежимо малым считается риск 1×10-8 в год.

Необходимо отметить, что оценку риска тех или иных событий можно производить только при наличии достаточного количества статистических данных. В противном случае данные будут не точны, так как здесь идет речь о так называемых “редких явлениях”, к которым классический вероятностный подход не применим. “Так, например, до чернобыльской аварии риск гибели в результате аварии на атомной электростанции оценивался в 2×10-10 в год”.

Анализ риска позволяет выявить наиболее опасные деятельности человека. По данным американских ученых частота несчастных случаев со смертельным исходом составляет (по времени суток) (рис.3):

Рис. 3. Наиболее опасные деятельности человека.

Выявление и количественная оценка риска может выполняться по следующей схеме (рис.4).

Обнаружение риска:

- материального

- психологического

- социального

Количественная оценка риска:

- запланированные операции

- незапланированные события

Политические мотивы

исторические предпосылки

Общественное мнение:

- выявленное

- выраженное

Официальный анализ:

- решения

- расходы- результаты

- стратегия использования

Стратегия управления риском

Управление риском



Предварительная оценка риска Анализ риска

Рис. 4. Выявление и количественная оценка риска.

Таким образом, должны рассматриваться все технические и социальные аспекты в их взаимосвязи. При этом возможно обеспечить приемлемый риск, который сочетает в себе технические, экономические, социальные и политические аспекты и представляет собой некоторый компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения.

Упрощенный пример определения приемлемого риска можно проиллюстрировать графиком (рис.5):

Зopt

1×10-7

Ropt

Rт (технич. риск)

Rсэ(социально- эконм. риск)

Rт + Rс э

Приемлемый

риск

Рис.5. Определение приемлемого риска.

Затрачивая чрезмерные средства на повышение надежности технических систем, можно нанести ущерб социальной сфере. Величина приемлемого риска определяется уровнем развития общества и темпами научно - технического прогресса.

Начальный импульс к созданию численных методов оценки надежности был дан авиационной промышленностью. После первой мировой войны в связи с увеличением интенсивности полетов и авиакатастроф были выработаны критерии надежности для самолетов и требования к уровню безопасности. В частности, проведен сравнительный анализ одномоторных и многомоторных самолетов с точки зрения успешного завершения полета и выработаны требования по частоте аварий, отнесенных к 1ч. полетного времени. К 1960г., например, было установлено, что одна катастрофа приходится в среднем на 1млн. посадок. Таким образом, для автоматических систем посадки самолетов можно было бы установить требования по уровню риска, не превышающего одной катастрофы на 1×107 посадок.

Дальнейшее развитие математического аппарата надежности применительно к сложным системам последовательного типа показало невозможность применения старого закона “цепь не прочнее, чем самое слабое ее звено”. Был получен закон произведения для последовательных элементов:

Таким образом, в системе последовательного типа надежность отдельных элементов должна быть значительно выше для удовлетворительного функционирования системы.

В 40-е годы увеличение надежности шло по пути улучшения конструкционных материалов, повышения точности и качества изготовления и сборки изделий. Большое внимание уделялось техническому обслуживанию и ремонту оборудования (до тех пор, пока министерство обороны США не обнаружило, что годовая стоимость обслуживания оборудования составляет 2$ на каждый 1$ его стоимости; т.е. при 10-летнем сроке его эксплуатации необходимо 20млн.$ на содержание оборудования стоимостью 1млн.$).

В дальнейшем от анализа надежности технических систем начали переходить к оценке риска, включив в анализ ошибочные действия оператора. Сильный толчок развитию теории надежности дала военная техника - требование поражения цели “с одного выстрела”.

Развитие космонавтики и ядерной энергетики, усложнение авиационной техники привело к тому, что изучение безопасности систем было выделено в независимую отдельную область деятельности. В 1969г. МО США приняло стандарт MIL - STD - 882 “Программа по обеспечению надежности систем, подсистем и оборудования”: Требования в качестве основного стандарта для всех промышленных подрядчиков по военным программам. А параллельно МО разработало требования по надежности, работоспособности и ремонтопригодности промышленных изделий.

### **2. Методика изучения риска.**

Изучение риска проводится в три стадии

**Первая стадия**: предварительный анализ опасности.

Риск чаще всего связан с бесконтрольным освобождением энергии или утечками токсических веществ (факторы мгновенного действия). Обычно одни отделения предприятия представляют большую опасность, чем другие, поэтому в самом начале анализа следует разбить предприятие, для того чтобы выявить такие участки производства или его компоненты, которые являются вероятными источниками бесконтрольных утечек. Поэтому первым шагом будет:

1. Выявление источников опасности (например, возможны ли утечки ядовитых веществ, взрывы, пожары и т.д.?);
2. Определение частей системы (подсистем), которые могут вызвать эти опасные состояния (химические реакторы, емкости и хранилища, энергетические установки и др.)

Средствами к достижению понимания опасностей в системе являются инженерный анализ и детальное рассмотрение окружающей среды, процесса работы и самого оборудования. При этом очень важно знание степени токсичности, правил безопасности, взрывоопасных условий, прохождения реакций, коррозионных процессов, условий возгораемости и т.д.

Перечень возможных опасностей является основным инструментом в их выявлении. Фирма “Боинг” использует следующий перечень:

1. Обычное топливо.
2. Двигательное топливо.
3. Инициирующие взрывчатые вещества.
4. Заряженные электрические конденсаторы.
5. Аккумуляторные батареи.
6. Статические электрические заряды.
7. Емкости под давлением.
8. Пружинные механизмы.
9. Подвесные устройства.
10. Газогенераторы.
11. Электрические генераторы.
12. Источники высокочастотного излучения.
13. Радиоактивные источники излучения.
14. Падающие предметы.
15. Катапультированные предметы.
16. Нагревательные приборы.
17. Насосы, вентиляторы.
18. Вращающиеся механизмы.
19. Приводные устройства.
20. Ядерная техника.

и т.д.

Процессы и условия, представляющие опасность:

1. Разгон, торможение.
2. Загрязнения.
3. Коррозия.
4. Химическая реакция (диссипация, замещение, окисление).
5. Электрические: поражение током; ожог; непредусмотренные включения; отказы источника питания; электромагнитные поля.
6. Взрывы.
7. Пожары.
8. Нагрев и охлаждение: высокая температура; низкая температура; изменение температуры.
9. Утечки.
10. Влага: высокая влажность; низкая влажность.
11. Давление: высокое; низкое; быстрое изменение.
12. Излучения: термическое; электромагнитное; ионизирующее; ультрафиолетовое.
13. Механические удары и т.д.

Обычно необходимы определенные ограничения на анализ технических систем и окружающей среды (Например, нерационально в деталях изучать параметры риска, связанного с разрушением механизма или устройства в результате авиакатастрофы, т.к. это редкое явление, однако нужно предусматривать защиту от таких редких явлений при анализе ядерных электростанций, т.к. это влечет за собой большое количество жертв). Поэтому необходим следующий шаг.

1. Введение ограничений на анализ риска (например, нужно решить, будет ли он включать детальное изучение риска в результате диверсий, войны. ошибок людей, поражения молнией, землетрясений и т.д.).

Таким образом, целью первой стадии анализа риска является определение системы и выявление в общих чертах потенциальных опасностей.

Опасности после их выявления, характеризуются в соответствии с вызываемыми ими последствиями.

Характеристика производится в соответствии с категориями критичности:

1 класс - пренебрежимые эффекты;

2 класс - граничные эффекты;

3 класс - критические ситуации;

4 класс - катастрофические последствия.

В дальнейшем необходимо наметить предупредительные меры (если такое возможно) для исключения опасностей 4-го класса (3-го, 2-го) или понижения класса опасности. Возможные решения, которые следует рассмотреть, представляются в виде алгоритма, называемого деревом решений для анализа опасностей (рис.6).

Рис.6. Дерево решений.

После этого можно принять необходимые решения по внесению исправлений в проект в целом или изменить конструкцию оборудования, изменить цели и функции и внести нештатные действия с использованием предохранительных и предупредительных устройств.

Типовая форма, заполняемая при проведении предварительного анализа риска имеет следующий вид (рис.7.).

Рис.7. Типовая форма для проведения предварительного анализа.

1. Аппаратура или функциональный элемент, подвергаемые анализу.
2. Соответствующая фаза работы системы или вид операции.
3. Анализируемый элемент аппаратуры или операция, являющаяся по своей природе опасными.
4. Состояние, нежелательное событие или ошибка, которые могут быть причиной того, что опасный элемент вызовет определенное опасное состояние.
5. Опасное состояние, которое может быть создано в результате взаимодействия элементов в системе или системы в целом.
6. Нежелательные события или дефекты, которые могут вызывать опасное состояние, ведущее к определенному типу возможной аварии.
7. Любая возможная авария, которая возникает в результате определенного опасного состояния.
8. Возможные последствия потенциальной аварии в случае ее возникновения.
9. Качественная оценка потенциальных последствий для каждого опасного состояния в соответствии со следующими критериями:

класс 1 - безопасный (состояние, связанное с ошибками персонала, недостатками конструкции или ее несоответствием проекту, а также неправильной работой), не приводит к существенным нарушениям и не вызывает повреждений оборудования и несчастных случаев с людьми;

класс 2 - граничный (состояние, связанное с ошибками персонала, недостатками конструкции или ее несоответствием проекту, а также неправильной работой), приводит к нарушениям в работе, может быть компенсировано или взято под контроль без повреждений оборудования или несчастных случаев с персоналом;

класс 3 - критический: (состояние, связанное с ошибками персонала, недостатками конструкции или ее несоответствием проекту, а также неправильной работой), приводит к существенным нарушениям в работе, повреждению оборудования и создает опасную ситуацию, ситуацию требующую немедленных мер по спасению персонала и оборудования;

класс 4 - катастрофический (состояние, связанное с ошибками персонала, недостатками конструкции или ее несоответствием проекту, а также неправильной работой), приводит к последующей потере оборудования и (или) гибели или массовому травмированию персонала.

1. Рекомендуемые защитные меры для исключения или ограничения выявленных опасных состояний и (или) потенциальных аварий; рекомендуемые превентивные меры должны включать требования к элементам конструкции, введение защитных приспособлений, изменение конструкций, введение специальных процедур и инструкций для персонала.
2. Следует регистрировать введенные превентивные мероприятия и следить за составом остальных действующих превентивных мероприятий.

Таким образом предварительный анализ опасности представляет собой первую попытку выявить оборудование технической системы и отдельные события, которые могут привести к возникновению опасностей и выполняется на начальном этапе разработки системы.

Пример предварительного анализа опасности химического реактора:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Подсис­тема или операция | Ситуа­ция | Опасный элемент | Событие, вызы­вающее опасное состояние | Опасные условия | Событие, вызы­вающее опасные условия | Потен­циаль¬ная авария | Послед­ствия | Класс опас­ности | Мероприятия |
| Емкость для хранения щелочи | 1. Эксплуатация | 1, Сильный окислитель | 1. Щелочь загрязнена смазочным маслом | 1. Возможность сильной реакции от восстановления или окисления | 1. Выделение достаточного количества энергии для начала реакции | 1. Взрыв | 1. Ранение персонала, повреждение близлежащих построек | IV | Хранение щелочи на достаточном расстоянии от всех источников загрязнения. Контроль чистоты элементов оборудования |
|  | 2. Заправка емкости щелочью | 2. Коррозия | 2. Содержимое емкости загрязнено парами воды | 2. Образование ржавчины внутри бака | 2. Увеличение давления в емкости при закчке щелочи | 2. Разрушение емкости под давлением | 2. Ранение персонала, повреждение близлежащих построек | IV | Использование емкостей из коррозионностойких сплавов, размещение их на достаточном расстоянии от другого оборудования и персонала |

**Вторая стадия**: выявление последовательности опасных ситуаций.

Вторая стадия начинается после того, как определена конфигурация системы и завершен предварительный анализ опасностей. Дальнейшее исследование производят с помощью двух основных аналитических методов:

1. построения дерева событий;
2. построения дерева отказов.

Рассмотрим построение дерева событий и дерева отказов на примере ядерного реактора.

Пусть на первой стадии (предварительный анализ опасности) было установлено, что наибольший риск связан с радиоактивными утечками, а подсистемой, с которой начинается риск, является система охлаждения реактора (рис.8).

Рис.8. Семь главных задач, решаемых при анализе безопасности реактора.

Определение последовательности развития аварии

1

Утечка продуктов деления из замкнутого объема 3

Распространение излучения в окружающей среде

4

Воздействие на здоровье людей и материальные ценности

5

Общая оценка риска

6

Анализ других источников риска

7

Выбор параметров, характеризующих вероятность 2

Анализ риска на второй стадии начинается с прослеживания последовательности возможных событий, начиная от инициирующего события (разрушения трубопровода холодильной установки), вероятность которого равна РА.

Обратимся к блоку 1 и рассмотрим дерево событий (рис.9). Авария начинается с разрушения трубопровода, имеющего вероятность возникновения РА. Далее анализируются возможные варианты развития событий, которые могут последовать за разрушением трубопровода.

На основе анализа возможных событий строится дерево отказов (рис.9). При этом выполняется правило: верхняя ветвь соответствует желательному событию (“успех”), нижняя нежелательному (“отказ”).



*Основное дерево*

*Упрощенное дерево*

А – поломка трубопровода; В – электропитание; С – автоматическая система охлаждения реактора; D – удаление радиоактивных продуктов; Е – целостность замкнутого контура.

Рис.9. Способ упрощения дерева событий.

На практике дерево отказов анализируют с помощью обычной инженерной логики и упрощают, отбрасывая “ненужные ” события.

Например, если отсутствует электропитание (В), то никакие действия, предусмотренные на случай аварии, не могут производиться (не работают насосы, системы охлаждения и т.д.). В результате, упрощенное дерево отказов не содержит выбора в случае отсутствия электропитания и т.д.

Таким образом, вторая стадия заканчивается определением всех возможных вариантов отказов в системе и нахождением значений вероятности для этих вариантов.

**Третья стадия**: анализ последствий.

При анализе последствий используются данные, полученные на стадии предварительной оценки опасности и на стадии выявления последовательности опасных ситуаций.



**PA**

**PA×PE1**

**+**

**PA×PD1**

**PA×PD1×PE2**

**PA×PC1**

**PA×PC1×PD2+PA×PB**

По данным дерева отказов и полученным значениям вероятности возможных отказов можно построить гистограмму частот для различных величин утечек (на примере ядерного реактора).

Рис.10. Гистограмма частот для различных величин утечек.

Если по данным гистограммы построить кривую, то мы получим предельную кривую частоты аварийных утечек (кривая Фармера). Считается, что кривая отделяет верхнюю область недопустимо большого риска от области приемлемого риска, расположенной ниже и левее кривой.



Рис.11. Кривая Фармера.

### **3. Другие приемы анализа риска**

1. Анализ видов отказов и последствий.

С помощью анализа видов отказов и последствий 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 выявляются и анализируются для того чтобы определить их воздействие на другие близлежащие элементы и систему в целом.

Анализ видов отказов и последствий существенно более детальный, чем анализ с помощью дерева отказов, так как при этом необходимо рассмотреть все возможные виды отказов или аварийные ситуации для каждого элемента системы

Например, реле может отказать по следующим причинам:

1. контакты не разомкнулись или не сомкнулись;
2. запаздывание в замыкании или размыкании контактов;
3. короткое замыкание контактов на корпус, источник питания, между контактами и в цепях управления;
4. дребезг контактов (неустойчивый контакт);
5. контактная дуга, генерирование помех;
6. разрыв обмотки;
7. короткое замыкание обмотки;
8. низкое или высокое сопротивление обмотки;
9. перегрев обмотки.

Для каждого вида отказа анализируются последствия, намечаются методы устранения или компенсации отказов.

Дополнительно для каждой категории должен быть составлен перечень необходимых проверок.

Например, для баков, емкостей, трубопроводов этот перечень может включать следующее:

1. переменные параметры (расход, количество, температура, давление, насыщение и т.д.);
2. системы (нагрева, охлаждения, электропитания, управления и т.д.);
3. особые состояния (обслуживание, включение, выключение, замена содержимого и т.д.);
4. изменение условий или состояния (слишком большие, слишком малые, гидроудар, осадок, несмешиваемость вибрация, разрыв, утечка и т.д.)

Используемые при анализе формы документов подобны применяемым при выполнении предварительного анализа опасностей, но в значительной степени детализирован.

2. Анализ критичности.

Этот вид анализа предусматривает классификацию каждого элемента в соответствии со степенью его влияния на выполнение общей задачи системой. Устанавливаются категории критичности для различных видов отказов:

категория 1 – отказ, приводящий к дополнительному незапланированному обслуживанию;

категория 2 – отказ, приводящий к задержкам в работе или потере трудоспособности;

категория 3 – отказ, потенциально приводящий к невыполнению основной задачи;

категория 4 – отказ, потенциально приводящий к жертвам.

Данный метод не дает количественной оценки возможных последствий или ущерба, но позволяет ответить на следующие вопросы:

* какой из элементов должен быть подвергнут детальному анализу с целью исключения опасностей, приводящих к возникновению аварий;
* какой элемент требует особого внимания в процессе производства;
* каковы нормативы входного контроля;
* где следует вводить специальные процедуры, правила безопасности и другие защитные мероприятия;
* как наиболее эффективно затратить средства для предотвращения аварий.

### **4. Сравнительные данные различных методов анализа**.

1. Предварительный анализ опасностей – определяет опасности для системы и выявляет элементы для проведения анализа с помощью дерева отказов и анализа последствий. Частично совпадает с методом анализа последствий и анализом критичности.

Преимущества: является первым необходимым шагом.

Недостатки: нет.

1. Анализ с помощью дерева отказов – начинается с инициирующего события, затем рассматриваются альтернативные последовательности событий.

Преимущества: широко применим, эффективен для описания взаимосвязей отказов, их последовательности и альтернативных отказов.

Недостатки: большие деревья отказов трудны в понимании, требуется использование сложной логики. Непригодны для детального изучения.

1. Анализ видов отказов и последствий – рассматривает все виды отказов по каждому элементу. Ориентирован на аппаратуру.

Преимущества: прост для понимания, широко применим, непротиворечив, не требует применения математического аппарата.

Недостатки: рассматривает неопасные отказы, требует много времени, часто не учитывает сочетания отказов и человеческого фактора.

1. Анализ критичности – определяет и классифицирует элементы для усовершенствования системы.

Преимущества: прост для пользования и понимания, не требует применения математического аппарата.

Недостатки: часто не учитывает эргономику, отказы с общей причиной и взаимодействие системы.

На прктике, при исследовании опасности системы, чаще всего последовательно применяются различные методы (например, предварительный анализ, затем - дерево отказов, затем – анализ критичности и анализ видо вотказов и последствий).

Для оценки эффективности затрат, связанных с уменьшением риска, можно использовать упрощенный подход, рассмотренный ранее (график *Rт + Rсэ*) или воспользоваться другими.

Одним из способов оценки уменьшения риска является сравнение оцениваемых затрат с ожидаемыми результатами в денежном выражении. Этот вид анализа противоречив, так как требует оценки безопасности для человеческой жизни в стоимостном выражении.

В исследовательской лаборатории “Дженерал моторс” разработан способ оценки, не касающийся этой проблемы, сосредотачивая внимание на продолжительности жизни. Исходная предпосылка: средства для сокращения риска предназначены увеличить продолжительность жизни.

В методе используются данные по всем категориям смертельного риска и определяется их влияние на продолжительность жизни независимо для каждой категории. Таким способом определяется возможность увеличения продолжительности жизни в годах или днях благодаря внедрению мероприятий по уменьшению риска. В сочетании с оценками затрат это помогает определить эффективность таких мероприятий (рис.3).

Главной целью при изучении опасностей, свойственных системе, является определение причинных взаимосвязей между исходными аварийными событиями, относящимися к оборудованию, персоналу и окружающей среде и приводящими к авариям в системе, а также отыскание способов устранения вредных воздействий путем перепроектирования системы или ее усовершенствования.

Причинные взаимосвязи можно установить с помощью одного из рассмотренных методов, а затем подвергнуть качественному и количественному анализам. После того, как сочетания исходных аварийных событий, ведущих к возникновению опасных ситуаций в системе выявлены, система может быть усовершенствована и опасности уменьшены.

Необходимо отметить, что использование некоторых из упрощенно рассмотренных выше методов требует работы со сложными логическими структурами, их построение и количественный анализ требует, по меньшей мере, твердых знаний математической логики, булевой алгебры, теории множеств и других сложных разделов современной математики.

**5. Необходимость защиты окружающей среды от опасных техногенных воздействий промышленности на экосистемы.**

Экологическое состояние многих районов нашей страны вызывает законную тревогу общественности.

В многочисленных публикациях показано, что во многих регионах нашей страны наблюдается устойчивая тенденция к многократному, в десятки и более раз превышению санитарно-гигиенических норм по содержанию в атмосфере городов окислов углерода, азота, пыли, токсичных соединений металлов, аминов и других вредных веществ. Имеются серьезные проблемы с мелиорацией земель, бесконтрольным применением в сельском хозяйстве минеральных удобрений, чрезмерным использованием пестицидов, гербицидов. Происходит загрязнение сточными водами промышленных и коммунальных предприятий больших и малых рек, озер, прибрежных морских вод. Из-за постоянного загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв, растительности происходит деградация экосистем, сокращение продуктивных возможностей биосферы.

Загрязнение среды обитания вредно отражается на здоровье людей, приносит значительные убытки народному хозяйству. В последнее врем обстановка ухудшилась настолько, что многие районы объявлены районами экологического бедствия.

Общие выбросы двуокиси азота оцениваются в 6,5\*108 т/год, выбросы серы составляют 2,4\*108 т/год, промышленность выбрасывает 5,2\*107 т/год всевозможных отходов. Выбросы углекислого газа, сернистых соединений в атмосферу в результате промышленной деятельности, функционирования энергетических, металлургических предприятий ведут к возникновению парникового эффекта и связанного с ним потепления климата. По оценкам ученых глобальное потепление без принятия мер по сокращению выбросов парниковых газов составит от 2-х до 5 градусов в течение следующего столетия, что явится беспрецедентным явлением за последние десть тысяч лет. Потепление климата, увеличение уровня океана на 60-80 см к концу следующего столетия приведут к экологической катастрофе невиданного масштаба, угрожающей деградацией человеческому сообществу.

Другая опасность связана с дефицитом чистой пресной воды. Известно, что промышленность потребляет 3000 куб. км пресной воды в год, из которых примерно 40% возвращается в цикл, но с жидкими отходами, содержащими продукты коррозии, отработанное масло, органику, частицы золы, смол, технологические сбросы, в том числе вредные компоненты типа тяжелых металлов и радиоактивных веществ. Эти жидкости растекаются по водным системам, причем вредные вещества депонируются в фитоценозах, донных отложениях, рыбах, распространяются по трофическим, т.е. пищевым цепям, попадают на стол человека. Расход пресной воды на сельскохозяйственные нужды - орошение, ирригацию стал в некоторых районах столь велик, что вызвал крупные необратимые сдвиги в экологическом равновесии целых регионов. Среди других экологических проблем, связанных с антропогенным воздействием на биосферу, следует упомянуть риск нарушения озонового слоя, загрязнение Мирового океана, деградацию почв и опустынивание зернопроизводящих районов, закисление природных сред, изменение электрических свойств атмосферы.

Все техногенные воздействия на окружающую среду можно разделить на незначимые, приемлемые и недопустимые.

В области незначимых воздействий все виды деятельности дозволены без ограничений. Это зона невмешательства в процессы, протекающие в окружающей среде. По-видимому, границей этой области могут быть санитарно- гигиенические нормативы по содержанию вредных веществ в воде, воздухе, пищевых продуктах. Считается, что эти нормативы соответствуют порогам каких-либо неприятных воздействий веществ на здоровье людей. Однако при этом не учитывается возможность накопления, сорбирования этих веществ в других компонентах экосистем. Поэтому кроме санитарно-гигиенических норм, дающих границу несущественности концентраций веществ с точки зрения защиты здоровья человека, должны быть установлены и экологические нормативы концентраций, разграничивающих значимые и незначимые области воздействий на экосистемы.

В области значимых концентраций, где ожидается, что интенсивность воздействий может превысить некоторый приемлемый уровень - должны приниматься меры защиты для ограничения последствий воздействий. В этой области **Санитарная Инспекция и Контрольные органы Госкомприроды** должна обладать властью для принуждения организаций-загрязнителей принимать необходимые меры к сокращению количества выбрасываемых загрязнителей. В области недопустимых воздействий, где вероятный вред, ущерб и другие последствия воздействий слишком велики, деятельность, гроз экологическими катастрофами, не должна допускаться или даже должна запрещаться. В случаях нарушения запрета виновников следует привлекать к строгой ответственности.

Для установления границ этой важной области должны быть известны величины критических воздействий, которые приводили бы к деградации, угнетению биологических процессов в элементах экосистем, выводили бы экосистемы из динамического равновесия с переходом в менее благоприятные состояния.

С другой стороны нужно знать и репарационные способности экосистем, возможности восстановления численности популяций, видового разнообразия за счет адаптивных и миграционных явлений.

Техногенные воздействия на окружающую среду при строительстве и эксплуатации атомных электростанций многообразны. Обычно говорят, что имеются физические, химические, радиационные и другие факторы техногенного воздействия эксплуатации АЭС на объекты окружающей среды.

Отметим наиболее существенные факторы -

* локальное механическое воздействие на рельеф - при строительстве,
* повреждение особей в технологических системах - при эксплуатации,
* сток поверхностных и грунтовых вод, содержащих химические и радиоактивные компоненты,
* изменение характера землепользования и обменных процессов в непосредственной близости от АЭС,
* изменение микроклиматических характеристик прилежащих районов.

Возникновение мощных источников тепла в виде градирен, водоемов- охладителей при эксплуатации АЭС обычно заметным образом изменяет микроклиматические характеристики прилежащих районов. Движение воды в системе внешнего теплоотвода, сбросы технологических вод, содержащих разнообразные химические компоненты оказывают травмирующее воздействие на популяции, флору и фауну экосистем.

Особое значение имеет распространение радиоактивных веществ в окружающем пространстве. В комплексе сложных вопросов по защите окружающей среды большую общественную значимость имеют проблемы безопасности атомных станций (АС), идущих на смену тепловым станциям на органическом ископаемом топливе. Общепризнанно, что АС при их нормальной эксплуатации намного - не менее чем в 5-10 раз "чище" в экологическом отношении тепловых электростанций (ТЭС) на угле. Однако при авариях АС могут оказывать существенное радиационное воздействие на людей, экосистемы. Поэтому обеспечение безопасности экосферы и защиты окружающей среды от вредных воздействий атомных электростанций - крупная научная и технологическая задача ядерной энергетики, обеспечивающая ее будущее.

Отметим важность не только радиационных факторов возможных вредных воздействий АС на экосистемы, но и тепловое и химическое загрязнение окружающей среды, механическое воздействие на обитателей водоемов-охладителей, изменения гидрологических характеристик прилежащих к АС районов, т.е. весь комплекс техногенных воздействий, влияющих на экологическое благополучие окружающей среды.

Видно, что все вопросы защиты окружающей среды составляют единый научный, организационно- технический комплекс, который следует называть экологической безопасностью. Следует подчеркивать, что речь идет о защите экосистем и человека, как части экосферы от внешних техногенных опасностей, т.е. что экосистемы и люди являются субъектом защиты. Определением экологической безопасности может быть утверждение, что

**экологическая безопасность - необходимая и достаточная защищенность экосистем и человека от вредных техногенных воздействий**

Обычно выделяют защиту окружающей среды как защищенность экосистем от воздействий атомных станций при их нормальной эксплуатации и безопасность как систему защитных мер в случаях аварий на них.

Атомные электростанции оказывают на окружающую среду - **тепловое, радиационное, химическое и механическое** воздействие. Для обеспечения безопасности биосферы нужны необходимые и достаточные защитные средства. Под необходимой защитой окружающей среды будем понимать систему мер, направленных на компенсацию возможного превышения допустимых значений температур сред, механических и дозовых нагрузок, концентраций токсикогенных веществ в экосфере. Тогда защита не требуется, если

Т(r,t) < Tд, В(r,t) < Вд, М(r,t) < Mд, Сi(r,t) < С iд.

В противном случае, при невыполнении неравенств необходимы меры, которые будут компенсировать превышение параметров над допустимыми значениями. Эти меры суть управляющие воздействия для возвращение системы в область нормального функционирования. Достаточность защиты достигается в том случае, когда температуры в средах, дозовые и механические нагрузки сред, концентрации вредных веществ в средах не превосходят предельных, критических значений, т.е.

Т(r,t) < Tкр, В(r,t) < Вкр, М(r,t) < Mкр, Сi(r,t) < С iкр.

Здесь и выше Т - температура, Tд, Tкр - допустимое и критическое значение температуры, В - дозовая нагрузка, Вд, Вкр - допустима и критическая дозовая нагрузка, Mд, Mкр - допустимое и предельное значение механической, например, шумовой, нагрузки, Сi - концентрация i-того вещества в биосфере, С iд - предельно-допустимая концентрация (ПДК), С iкр - критическая концентрация i-того вещества.

Разнообразные техногенные воздействия на окружающую среду характеризуются их частотой повторения и интенсивностью. Например, выбросы вредных веществ имеют некоторую постоянную составляющую, соответствующую нормальной эксплуатации, и случайную компоненту, зависящую от вероятностей аварий, т.е. от уровня безопасности рассматриваемого объекта. Ясно, что чем тяжелее, опаснее авария, тем вероятность ее возникновения ниже. Эти воздействия и соответствующие им последствия могут быть разбиты на незначимые, допустимые и недопустимые области. По-видимому, разумно ввести некоторые относительные коэффициенты вредности воздействий на данные элементы экосистем по отношению к некоторым эталонам. Разумеется, в качестве эталона мог бы быть взят человек. Например, нам известно сейчас по горькому опыту Чернобыля, что сосновые леса имеют радиочувствительность похожую на то, что характерно для человека, а смешанные леса и кустарники - в 5 раз меньшую. Учитывая, что воздействия АС на биосферу не ограничиваются лишь радиационными факторами, ясно, что реальную защиту окружающей среды следует строить на основе нормативного эшелонирования защит от всех воздействий, влияющих на состояния экосистем. Меры предупреждения опасных воздействий, их предотвращения при эксплуатации, создания возможностей для их компенсации и управления вредными воздействиями должны приниматься на стадии проектирования объектов. Это предполагает разработку и создание систем экологического мониторинга регионов, разработку методов расчетного прогнозирования экологического ущерба, признанных методов оценивания экологических емкостей экосистем, методов сравнения разнотипных ущербов. В пределе эти меры должны создать базу для активного управления состоянием окружающей среды.

В настоящее время принято обосновывать экологическую безопасность атомных электростанций при их проектировании в несколько стадий.

В начале работ, до реального проектирования АС разрабатывается т.н. **Концепция экологической безопасности АС**, в которой оценивается состояние окружающей среды в районе предполагаемого строительства АС и определяется уровень допустимых воздействий на природное окружение, т.е. тот уровень, который

* согласуется с природоохранным и санитарно-гигиеническим законодательством,
* учитывает социальные аспекты экологической безопасности - сохранность ценных природных комплексов, возможные изменения в жизненном укладе населения, структуре землепользования региона, а также предполагаемую реакцию населения,
* обеспечивает отсутствие значительного вмешательства в природные процессы и серьезных воздействий на биогеоценозы на прилежащих к АС территориях.

Затем, в рамках **Технико-экономического обоснования - ТЭО** разрабатывается *Оценка воздействий АС на окружающую среду - АВОС АС*, а далее, уже на стадии проекта АС разрабатывается т.н. *Обоснование экологической безопасности - ОЭБ АС*, в котором подтверждается соответствие технических решений требованиям **Концепции охраны окружающей среды в регионе**.

Эти материалы тщательно анализируются в рамках Экологической экспертизы, проводимой независимыми экспертами.

**Список литературы:**

1. «Анализ риска - основа для решения проблем безопасности населения и окружающей среды», Internet - http://www.admhmao.ru/committe/upr\_prsr/Sayt/ht01.htm

2. Бабаев Н.С., Кузьмин И.И. Абсолютная безопасность или “приемлемый риск”. М.,1992.

3. Демин В.Ф., Шевелев Я.В. Развитие основ анализа риска и управления безопасностью. М., 1989.

4. «Тема 4. Ядерная энергетика и окружающая среда», Internet - http://www.wdcb.ru/mining/book/cap4.html