**Тема: Мероприятия по снижению риска аварий**

**Цель занятия:** Ознакомиться с мероприятиями по снижению риска аварий

**Учебные вопросы:**

1. Квалификация риска

2. Методы оценки опасностей

3. Методика изучения риска

4. Методика анализа безопасности с помощью «дерева отказов»

5. Разработки мер по снижению риска аварий

**ПРИКАЗ от 3 ноября 2022 г. N 387**

**ОБ УТВЕРЖДЕНИИ РУКОВОДСТВА ПО БЕЗОПАСНОСТИ "МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА ОПАСНОСТЕЙ И ОЦЕНКИ РИСКА АВАРИЙ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ"**

**1. Квалификация риска**

Одной из основных задач является **определение количественных характеристик опасности.** 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. 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 (концепция индивидуального риска): риск - частота реализации опасностей. Риск- это отношение числа тех или иных неблагоприятных проявлений опасностей к их возможному числу за опреде­ленный период времени (год, месяц, час и т.д.).

Пример. Определить риск гибели человека на производстве за год, если известно, что ежегодно погибает около *n* =14000 человек, а численность работающих составляет *N* =138 млн. человек:

R = 

Второй пример. Ежегодно в нашей стране вследствие несчастных случаев, аварий и других происшествий неестественной смертью погибает около 500 тыс. человек.

Принимая численность населения страны 300 млн. чел, определим риск гибели R жителя страны от опасностей:

R ==1,6\*10-3

Количественная оценка представляет собой сложную и не до конца решенную проблему. На первый взгляд, наиболее пригодными являются экономические показатели, однако в последние десятилетия чаще применяются другие подходы, среди которых наиболее перспективна концепция риска.

**2. Методы оценки опасностей**

1. **Из экономических методов,** прежде всего, привлекла внимание оценка материального ущерба из-за аварий и несчастных случаев, травм и болезней.
2. Второй подход к экономической оценке опасности исходит из предпосылки, что **средства, выделенные на уменьшение риска, предназначены для увеличения продолжительности жизни.**

Различают индивидуальный и социальный риск.

Индивидуальный риск характеризует опасность для отдельного индивидуума.

Социальный (групповой) - это риск для группы людей. Под социальным риском понимается зависимость между частотой реализации опасности и числом пораженных при этом людей. **Социальный риск характеризует масштаб катастрофичности опасностей.** Необходимость учета социального риска обусловлена **большим значением общественного мнения при установлении уровня приемлемого риска и разработке стратегии обеспечения БЖД**. В общественном мнении вызывают более резкую реакцию редкие аварии, но с большим числом погибших, например, аварии в шахтах, чем более число одиночных смертельных исходов (например, при электротравматизме). В то же время, степень добровольного смертельного риска (например, в технических видах спорта) на 3 порядка выше, чем при вынужденном участии (например, при поражении не занятого в производстве населения при крупных промышленных авариях).

В некоторых странах приемлемые риски установлены законом. Например, индивидуальный риск считается максимально приемлемым 10-6 в год, пренебрежимо малым 10-8 в год. Приемлемый или допустимый уровень риска устанавливается в зависимости от конкретных социально-экономических условий общества. Существенное значение могут иметь и экономические возможности повышения безопасности.

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.

Таблица 1. Индивидуальный риск гибели по различным причинам, по отношению ко всему населению в США:

|  |  |
| --- | --- |
| 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, электрический ток | 6×10-6. |
| Железная дорога | 4×10-6. |
| Молния | 5×10-7. |
| Ураган, торнадо | 4×10-7. |

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.

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

Кроме того, необходимо отметить и помнить, что определение риска очень приблизительно.

**Имеется четыре методических подхода к определению риска:**

1.Инженерный, опирающийся на статистику, расчет частот, вероятностный анализ безопасности, построение деревьев опасности.

2.Модельный - построение моделей воздействия вредных факторов на человека или группу людей.

3.Экспертный - опрос опытных специалистов.

4.Социологический - опрос населения.

**3. 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:

* выявление источников опасности;
* определение частей системы (подсистем), которые могут вызвать эти опасные состояния (химические реакторы, емкости и хранилища, энергетические установки и др.)

Установленные в процессе предварительного анализа опасности классифицируются по 4 классам опасности:

1) Первый класс - безопасный (пренебрежимые опасности). Обычно это ошибки персонала, недостатки конструкции или ее несоответствие проекту, неправильная работа персонала, которые не ведут к существенным нарушениям и несчастному случаю, не вызывают повреждений оборудования;

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

3) Класс третий – 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, требующую немедленных мер по спасению персонала и оборудования;

4) Четвертый класс - катастрофические опасности. Состояние, связанное с ошибками персонала, недостатками конструкции или ее несоответствием проекту, а также неправильной работой; оно приводит к последующей потере оборудования и (или) гибели или массовому травмированию персонала.

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.

**Пример.** Фирма “Боинг” использует следующий перечень опасностей:

* Обычное топливо.
* Двигательное топливо.
* Инициирующие взрывчатые вещества.
* Заряженные электрические конденсаторы.
* Аккумуляторные батареи.
* Статические электрические заряды.
* Емкости под давлением.
* Пружинные механизмы.
* Подвесные устройства.
* Газогенераторы.
* Электрические генераторы.
* Источники высокочастотного излучения.
* Радиоактивные источники излучения.
* Падающие предметы.
* Катапультированные предметы.
* Нагревательные приборы.
* Насосы, вентиляторы.
* Вращающиеся механизмы.
* Приводные устройства.
* Ядерная техника и т.д.

Процессы и условия, представляющие опасность:

* Разгон, торможение.
* Загрязнения.
* Коррозия.
* Химическая реакция (диссипация, замещение, окисление).
* Электрические: поражение током; ожог; непредусмотренные включения; отказы источника питания; электромагнитные поля.
* Взрывы.
* Пожары.
* Нагрев и охлаждение: высокая температура; низкая температура; изменение температуры.
* Утечки.
* Влага: высокая влажность; низкая влажность.
* Давление: высокое; низкое; быстрое изменение.
* Излучения: термическое; электромагнитное; ионизирующее; ультрафиолетовое.
* Механические удары и т.д.

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

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.

**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:

* построения дерева событий;
* построения дерева отказов.

Для построения сравнительно простого дерева отказов достаточно использовать следующие два символа событий: анализируемое далее событие, в том числе вводимое логическим элементом; исходное событие, обеспеченное достаточными данными для количественных оценок.

Головным событием дерева опасностей (верхом дерева) является производственная авария или несчастный случай. Само дерево состоит из последовательности событий, которые ведут к конечному событию и соединяются логическими знаками. Построение дерева ведется до исходных событий.

При построении дерева опасностей следует заменять абстрактные события менее абстрактными, разделять события на более элементарные, точно определять причину событий и находить совместно действующие причины и точно указывать место отказа элемента.

При анализе дерева определяют максимальные аварийные сочетания и минимальную траекторию, приводящую к конечному событию.

**4.** **Методика анализа безопасности с помощью «дерева отказов»**

Рассмотрим пример (см. рис. 4):



Рис. 4. Простой пример построения дерева отказов.

Символика, используемая при построении дерева отказов:

Прямоугольник – событие, головное событие, или событие анализируемое далее.

Круг – нормальное событие (исходное событие, которое долее не анализируется).

Ромб – событие не достаточно детально разработанное, и поэтому далее не анализируется.

Знаки логических операций:



События, входные для операции “или”, должны формулироваться таким образом, чтобы вместе они исчерпывали все возможные пути появления выходного события.

Для любого события подлежащего анализу сначала рассматриваются все события являющиеся входами операций “или”, а затем события, являющиеся входами операций “и”.

Любое из событий являющиеся исходом операции “или” должно обеспечивать появление выходного события.

События являющееся входами операции “и” приводят к реализации выходного события, если они происходят все вместе.

Этапы построения дерева отказов:

1. Выбирается уровень детализации эрготической системы, и рассматриваются все возможные нежелательные события в системе.

2. События разделяются на самостоятельные группы.

3. Для каждой группы выделяется головное событие, т.е. событие, которому в различных комбинациях приводят все события данной группы, которое должно быть предотвращено.

4. Рассматриваются все первичные и вторичные события, которые могут вызвать головное событие.

5. Устанавливается связь между событиями через соответствующие логические операции.

6. Рассматриваются события, необходимые для анализа каждого из предыдущих событий.

7. События представляются в виде дерева отказов.

8. Выполнятся количественный анализ опасности, а именно вычисление вероятности головного события.

Другой пример: работа на заточном станке (рис.5).

Возможные травмаопасности:

1) Травмы пальцев и кисти руки.

2) Травма локтевой части руки.

3) Попадание одежды в станок.

4) Попадание металлической (образиной) крошки в глаз.

5) Перегрузка двигателей и пожар.

6) Неполадки с электропроводкой и электросистемой, в результате - поражение током.

Исходным выходом является определение вероятности НС.



Рис.5. Дерево отказов.

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.

По данным дерева отказов и полученным значениям вероятности возможных отказов строят гистограмму частот для различных величин опасностей .

**5. Разработки мер по снижению риска аварий**

На этапе разработки мер по снижению риска аварий рекомендуется в качестве

первоочередных планировать и разрабатывать:

обоснованные рекомендации по снижению риска аварий для наиболее опасных составных частей ОПО;

способы предупреждения возникновения возможных инцидентов и аварий на ОПО.

Выбор рекомендаций по снижению риска аварий имеет следующие приоритеты:

а) меры, снижающие возможность возникновения аварий, **включающие:**

уменьшение возможности возникновения инцидентов;

уменьшение вероятности перерастания инцидента в аварию;

б) меры, снижающие тяжесть последствий возможных аварий, **включающие:**

уменьшение вероятности эскалации аварий, когда последствия какой-либо аварии

становятся непосредственной причиной аварии на соседних составных частях ОПО;

уменьшение вероятности нахождения групп людей в зонах поражающих факторов аварий;

ограничение возможности возрастания масштаба и интенсивности воздействия

поражающих факторов аварий;

уменьшение вероятности развития аварий по наиболее опасным сценариям возможной аварий;

увеличение требуемого уровня надежности системы противоаварийной защиты, средств активной и пассивной защиты от воздействия поражающих факторов аварий;

в) меры обеспечения готовности к локализации и ликвидации последствий аварий.

Для оптимизации разработанных рекомендаций по снижению риска аварий

рекомендуется использовать следующую альтернативу:

а) в рамках доступных ресурсов обеспечить максимальное снижение риска аварий при эксплуатации ОПО;

б) обеспечить снижение риска аварий до требуемого уровня, в том числе допустимого риска аварий, при минимальных затратах ресурсов.

В качестве приоритетных способов предупреждения возникновения возможных

инцидентов и аварий рекомендуется **использовать:**

пассивную защиту эффективным расстоянием (включая физические барьеры) от опасного воздействия поражающих факторов возможных аварий на стадии проектирования ОПО;

активную защиту от перерастания аварийной опасности в угрозу аварии для жизни и

здоровья человека, имущества и окружающей среды на стадии эксплуатации ОПО.

**Литература:**

основная:

1. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / С.В.Белов, А.В.Ильницкая, А.Ф.Козьяков и др. Под общ. Ред. С.В.Белова. 4-е изд.-М.: Высшая школа. 2004. – 606 с.

дополнительная:

1. Фомочкин А.В. Производственная безопасность: Учебное пособие для вузов.- М.: Изд. «Нефть и газ», 2004.-414 с.

2. Мастрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: Учебник для вузов. – М.: Изд. центр «Академия», 2003.- 336 с.

3. Приказ от 3 ноября 2022 г. N 387. Об утверждении руководства по безопасности "Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах"

**Контрольные вопросы по лекции.**

1. Понятие надежности технической системы.
2. Понятие риска.
3. Методические подходы к определению риска.
4. Индивидуальный риск.
5. Групповой риск.
6. Стадии анализа риска.
7. Построение дерева отказов.