**АНАЛИЗ ОПАСНОСТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ РИСКА**

## Основные понятия и определения

При проведении экспертизы в области безопасности промышленных объектов, при анализе **риска** аварий на опасных производствах можно воспользоваться Руководством по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах», утвержденных Приказом Ростехнадзора №144 от 11.04.2016.

Увеличение количества и энергоемкости используемых в промышленности опасных веществ, усложнение технологий и режимов управления современными производствами требуют получения обоснованных оценок и критериев безопасности производств с учетом всей совокупности возникновения и последствий возможных аварий. Особенно важно учитывать данные обстоятельства при проведении анализа риска объектов, использующих пожаровзрывоопасные и опасные химические вещества. Требования о необходимости проведения анализа риска содержатся в «Положении о декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации», в «Правилах безопасности в нефтяной и газовой промышленности» и других отраслевых руководящих указаниях.

Основной итог результатов анализа *риска* связан с необходимостью иметь объективную информацию о выявлении и исследовании наиболее опасных аварийных ситуаций по критериям «вероятность-тяжесть последствий» и разработкой рекомендаций по предотвращению или уменьшению опасностей для людей, материальных объектов и окружающей среды.

Под обеспечением промышленной безопасности понимают системный подход к принятию политических решений, процедур и практических мер в решении задач предупреждения или уменьшения опасности промышленных аварий для жизни человека, заболеваний или травм, ущерба имуществу и окружающей среде.

Необходимыми условиями возникновения технологических аварий и катастроф являются:

1. существование источников риска;
2. действие источников риска;
3. экспозиция населения, а также воды, продуктов, одежды и т.д. воздействию факторов риска.

Под **источниками риска**понимают предприятия и производства, продукция или технологические процессы которых предусматривают использование высоких давлений, взрывчатых, легковоспламеняющихся, химически агрессивных, ядовитых и радиоактивных веществ, а также захоронение токсичных отходов.

**Действие источников риска**означает высвобождение энергии (взрыв, загорание), выделение токсичных веществ в количествах или дозах, представляющих угрозу жизни населения.

Анализ риска, или риск-анализ, - это процесс оценки опасностей и оценки риска для отдельных лиц или групп населения, имущества или окружающей среды, который заключается в использовании всей доступной информации для выявления **опасности** и оценки риска заранее определенного события (в нашем случае аварии и связанных с ней ситуаций), обусловленного этими опасностями. Под термином **«опасность»**понимается состояние среды, окружающей человека, при котором при определенных условиях возможно возникновение нежелательных событий, явлений, процессов, приводящих к одному из последствий или их совокупности:

* отклонению здоровья человека от среднестатистического уровня, то есть заболеванию или смерти;
* ухудшению состояния окружающей среды, обусловленному нанесением материального или социального ущерба.

Поскольку факторы опасности, которые могут возникнуть в окружающей среде, весьма разнообразны, их можно классифицировать по «источникам опасности» следующим образом.

1. Экологические факторы, обусловленные причинами природного характера.
2. Социально-экономические факторы, обусловленные причинами социального, экономического, психологического характера (недостаточ­ным уровнем питания, образования, здравоохранения, обеспечения материальными благами; недостаточно развитыми социальными структурами; нарушенными общественными отношениями).

3. Антропогенные производственные факторы, обусловленные хозяйственной деятельностью человека (факторы загрязнения окружающей среды, необоснованное отчуждение территорий под хозяйственную деятельность, чрезмерное вовлечение в хозяйственный оборот природных ресурсов и т.д.).

4. Военные факторы, обусловленные работой военной  
промышленности (транспортировкой военных материалов и оборудования, испытанием различного вида оружия и его уничтожения, функционированием военных объектов и всего комплекса военных средств в случае военных действий).

Все эти факторы и их воздействия следует рассматривать комплексно с учетом их взаимного влияния и связей иерархического характера. Необходимо отметить, что существуют **потенциальная опасность**и **ситуационная опасность***.* Взятые в отдельности, они не имеют самостоятельного значения и лишь в совокупности представляют реальную опасность. Для реализации потенциальной опасности нужен еще и источник ситуационной опасности, например, информационный кризис и др.

С понятием **риска**часто связывается представление о возможных или грозящих событиях с катастрофическими последствиями и потерями.

Слово **«риск»**заимствовано из итальянского языка и означает **«опасность»,****«угроза»**. Первоначально термин риск применялся в коммерции, затем, в связи с возможностью применения этого понятия в разнообразных ситуациях, оно перешло в другие области.

Точное определение риска, пригодное для всех случаев, когда оно применяется, едва ли возможно вследствие его крайнего разнообразия.

При оценке промышленной безопасности под **риском**или **степенью риска**понимают сочетание частоты (или вероятности) и последствий определенного опасного события. Понятие риска всегда включает два элемента: частоту, с которой осуществляется опасное событие и последствия этого события.

При таком подходе риск *R* в виде усредненного оценочного значения может быть выражен как:

|  |  |
| --- | --- |
| *R = Н ⋅ А* | (7.1) |

где *Н –* частота, повторяемость неблагоприятных событий во времени; *А* – последствия (ущерб, людские, экономические, экологические и др. потери) неблагоприятного события.

Можно еще выразить риск через отношение неблагоприятных последствий *L*к заданному ретроспективно или прогнозируемому интервалу времени Δ*t****:***

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7.2) |

Частота проявления конкретных неблагоприятных событий по предыдущим наблюдениям, как и последствия этих событий, приемлемы лишь оценочно для аналогичных условий при неизменности существенных признаков действующих систем. Под системой подразумеваются социотехнические системы – производства, предприятия и отрасли.

## Классификация различных видов рисков

В основу классификаций рисков могут быть положены различные признаки.

Риск может быть индивидуальный, коллективный, потенциальный, социальный, технологический, профессиональный.

Риск может быть дифференцирован по последствиям (для человека): риск смерти, инвалидности, потери возможности трудиться, травмирования, профзаболевания. Все эти составляющие риска в ретроспективных оценках сравниваются со значениями приемлемого (предельного) риска. Очень важно в действующих и особенно проектируемых системах закладывать и соблюдать принцип снижения или, по меньшей мере, стабилизации существующего риска, минимизируя параметры *Н* и *А*

**Индивидуальный риск**– частота поражения отдельного индивидуума в результате воздействия исследуемых факторов опасности. Можно выделить несколько степеней индивидуального риска: чрезмерная, высокая, средняя, низкая, незначительная. Степень индивидуального риска связана с «выгодностью» деятельности человека. Под выгодностью понимается компенсация (дополнительные блага, предоставляемые рискующим), получаемая человеком за единицу риска, фактически – цена риска. Стоимостное выражение ущерба здоровью человека:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7.3) |

где *у* – ущерб в долларах или рублях; *α* – цена риска (ущерб на единицу риска); *R* – риск для одного человека в год.

На рис.7.1 представлена зависимость степени индивидуального риска человека от «выгодности» его деятельности.

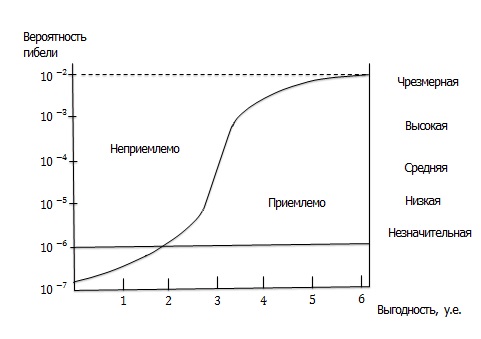


Рис.7.1 Зависимость степени индивидуального риска от выгодности деятельности

На рис.7.1 выделены две области: «Приемлемо» и «Неприемлемо». При высокой выгодности деятельности человек допускает даже чрезмерный риск – 10-2 (уровень вероятности смерти в результате болезней), 10-6 – уровень вероятности смерти от природных явлений (укус змеи, землетрясения, удар молнии и т.п.).

Существует шкала риска смерти, обусловленная воздействием различных источников опасности для человека, включая естественную и искусственную среду, профессиональную и непрофессиональную деятельность, социальное окружение и т.д.

Все уровни риска приведены к одному часу деятельности или жизни одного человека, так как это дает наглядность при сравнении различных причин смерти. Сводка данных обычно приводится в порядке возрастания масштабов риска от 10-12 до 10-4.

Чаще всего индивидуальный риск оценивается для групп людей, характеризующихся приблизительно одинаковым временем пребывания в различных опасных зонах и использующих одинаковые защитные средства. Обычно речь идет об индивидуальном риске для работающих и населения окружающих районов или для более узких групп, например рабочих различных специальностей.

**Коллективный риск**является количественной интегральной мерой опасности. Он определяет масштаб ожидаемых последствий для людей от потенциальных аварий. Фактически коллективный риск определяет ожидаемое количество смертельно травмированных в результате аварий на рассматриваемой территории за определенный период времени.

**Приемлемый риск** *–* риск, уровень которого допустим и обоснован, исходя из экономических и социальных соображений. Риск эксплуатации промышленного объекта является приемлемым, если его величина настолько незначительна, что ради выгоды, получаемой от эксплуатации объекта, общество готово пойти на этот риск. Для промышленных объектов приемлемым считается риск 10-4, а для промышленных объектов, содержащих пожаровзрывоопасные вещества, - 10-6 . Основой для определения приемлемой степени риска в общем случае служат законодательство по промышленной безопасности, правила, нормы безопасности в анализируемой области, сведения об имеющихся аварийных событиях и их последствиях, опыт практической деятельности.

Проблема определения приемлемого риска в различных сферах деятельности современного человека имеет социальные, экономические, психологические и другие аспекты.

## Основные элементы методики анализа риска

Так как риск является неизбежным сопутствующим фактором промышленной деятельности, то он является фактической мерой опасности, поэтому риском необходимо управлять. Целью управления риском является предотвращение или уменьшение травматизма, разрушений материальных объектов, потерь имущества и вредного воздействия на окружающую среду. Следовательно, для управления риском его необходимо проанализировать и оценить. В анализ и оценку риска входит выявление существующих опасностей, определение уровней риска выявленных нежелательных событий (по частоте и последствиям) и возможность реализации мер по уменьшению риска в случае превышения его приемлемого уровня. Анализ риска может быть количественным и качественным. Количественный анализ включает в себя результаты расчётов риска, вероятностей возникновения того или иного нежелательного события и всей совокупности событий в целом. При качественном анализе результаты представляют, как правило, в виде таблиц, текстового описания, диаграмм, путем применения качественных методов анализа опасностей и экспертных оценок.

Анализ риска по предлагаемой схеме включает в себя:

1) предварительный анализ опасностей (ПАО);

2) выявление последовательности опасных ситуаций, построение  
«дерева событий» и «дерева отказов»;

3) анализ последствий.

Предварительный анализ опасностей включает в себя предварительное выявление элементов системы или событий, которые ведут к опасным ситуациям. Он состоит из двух этапов.

**На первом этапе**осуществляют определение системы.

**Шаг 1*.*** Система (предприятие) разбивается на подсистемы для выявления участков или компонентов системы, которые являются вероятными источниками бесконтрольных утечек ядовитых веществ, взрывов, пожаров, электротравм и др., то есть выявляются источники опасности.

**Шаг 2.**Определяются те части системы, которые могут вызвать эти опасные состояния (химические реакторы, емкости, энергетические установки, хранилища и т.д.). Для этого проводится *инженерный анализ* и детальное рассмотрение опасных состояний, процесса работы и самого оборудования.

Инженерный анализ включает в себя:

1) определение степени токсичности различных химических веществ, которые могут попасть в воздух рабочей зоны или атмосферный воздух;

1. определение условий взрыва различных веществ;
2. определение условий возгораемости;
3. анализ условий прохождения химических реакций;
4. анализ правил безопасности;
5. анализ возможности протекания коррозионных процессов.

**Шаг 3.**Вводятся ограничения на анализ. Определяют события, которые нет необходимости включать в детальное изучение риска.

Таким образом, после проведения первого этапа выявляют в общих чертах потенциальные опасности.

**На втором этапе**проводят уже непосредственно предварительный анализ опасностей (ПАО). Определяется последовательность событий*,* превращающая опасность в происшествие, вырабатываются корректирующие мероприятиядля устранения последствий происшествия.

**Шаг 4*.*** Выявленные опасности разбиваются на группы или классы в соответствии с вызываемыми ими последствиями, вводятся категории критичности:

класс I - пренебрежимые опасности;

класс II - граничные эффекты;

класс III - критические ситуации;

класс IV - катастрофические последствия.

Затем намечаются предупредительные меры (если их можно принять) и корректирующие мероприятия, чтобы исключить аварии класса IV и, возможно, классов III и II. Процедура принятия решения чрезвычайно важна и включает операцию подразделения полученных вариантов на три группы решений:

1. решения, связанные с уменьшением риска;
2. решения, связанные с минимизацией риска;
3. решения, связанные с оптимизацией риска.

Данные по ПАО можно свести в номенклатурный список по следующим пунктам.

1. Аппаратура или элемент, подвергаемый анализу.
2. Соответствующая фаза работы системы или вид операции.
3. Анализируемый элемент или операция, являющиеся по своей природе опасными.
4. Состояние, нежелаемое событие или ошибка, которые могут быть причиной того, что опасный элемент вызовет определенное опасное состояние.
5. Опасное состояние, которое может быть создано в результате взаимодействий элементов в системе и функционирования системы в целом.
6. Нежелательные события или дефекты, которые могут вызвать 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 I (безопасный) - это состояния, связанные с ошибками персонала, недостатками конструкции или ее несоответствием проекту, а также неправильным ее функционированием, которые не приводят к существенным нарушениям и не вызывают повреждений оборудования и несчастных случаев с людьми;

класс II (граничный) - это состояния, которые приводят к нарушениям в работе, но могут быть взяты под контроль без повреждения оборудования или несчастных случаев с персоналом;

класс III (критический) - это состояния, приводящие к существенным нарушениям в работе, повреждению оборудования и создающие опасную ситуацию, которая требует немедленных мер по спасению персонала и оборудования;

класс IV (катастрофический) - это состояния, которые полностью нарушают работу и приводят к последующей потере оборудования и (или) гибели или массовому травмированию персонала.

**Шаг 5.** По тем же критериям определяется класс аварии (I, II, III, IV).

10. Рекомендуемые защитные меры для исключения или ограничения  
выявленных опасных ситуаций или аварий (инструкции, защитные  
приспособления и т.п.)

Таким образом, ПАО - первая попытка выявить оборудование и отдельные события, которые могут привести к возникновению опасностей.

## Правила построения «дерева отказов»

На второй стадии при изучении риска выявляются последовательности опасных ситуаций, приводящие к нежелательному событию или аварии. На второй стадии методики изучения риска строят «дерево отказов».

«Дерево отказов» - довольно сложная система, которая служит для определения причинных взаимодействий между исходными аварийными событиями, приводящими к аварии в системе, и определения способов устранения вредных воздействий, а также способов и средств защиты. Существуют следующие правила построения «дерева отказов».

1. Нежелательное событие (конечное событие) помещается сверху и соединяется с рядом более элементарных исходных отказов путем констатации событий и логических символов.
2. Анализ ограничивается выявлением только тех элементов системы и событий, которые приводят к данному конкретному отказу системы или аварии.
3. События разделяются на более элементарные, и точно определяются причины этих событий.
4. Анализ системы проводится до тех пор, пока на всех ветвях не появятся первичные отказы.

5. Каждому логическому элементу присваивается буквенный символ.

6. Каждое исходное событие нумеруется.  
 Основные логические знаки представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1

**Логические знаки, используемые при построении «дерева отказов»**

|  |  |
| --- | --- |
| Логический знак | Описание |
| **«и»** | Выходное событие *В* происходит, если все входные события *А1, А2 …, Аn* случаются одновременно.  Вероятность возникновения *В*: *Р(В*)=*Р(Аi)* |
| **«или»** | Выходное событие *В* происходит, если случается любое из входных событий *А1, А2,… Аn* .  Вероятность возникновения *В*: *Р(В*)=1- (*1-Р(Аi))* |
| **«Запрет»** | Наличие входа вызывает появление выхода тогда, когда происходит условное событие |
| **Приоритетное «И»** | Выходное событие имеет место, если все входные события происходят в нужном порядке слева направо |
| **Исключительное «ИЛИ»** | Выходное событие происходит, если случается одно (но не оба) из входных событий |
| **«m из n» (голосование)** | Выходное событие происходит, если случается *m* из *n* входных событий |

## Основные блоки «дерева отказов»

1. Событие, вводимое логическим элементом. Это событие возникает в результате более элементарных исходных отказов и описывается символом:

2. Исходное базовое событие или исходный отказ (первичный отказ) отдельного элемента. Это событие обеспечено достаточными данными (сведениями по интенсивности отказов) и обозначается символом:

1. Вторичный отказ элемента обозначается символом:

На рис.7.2 приведен элементарный блок описания отказа элемента.

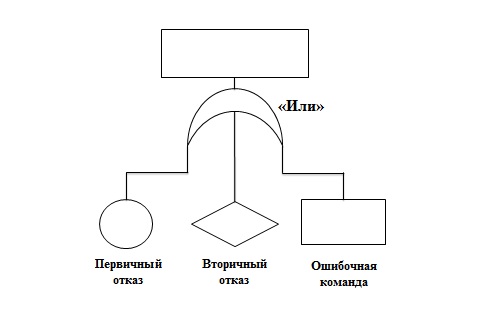


Рис. 7.2 Элементарный блок описания отказа элемента

**Первичный отказ** *–* нерабочее состояние элемента, причиной которого является он сам. Для расчёта вероятности возникновения конечного события, круглые блоки должны представлять события, для которых имеются данные по надежности. Обычно исходное событие обусловливается определенным элементом и, когда оно происходит, этот элемент надо отремонтировать или заменить.

**Вторичный отказ**происходит, когда сам элемент не является причиной отказа, а выходит из строя из-за избыточных напряжений на элемент, которые могут быть вызваны неправильными действиями персонала, выходом из строя соседних элементов, а также окружающей средой.

**Ошибочные команды**означают, что элемент находится в нерабочем состоянии из-за неправильного сигнала управления или помехи.

Итак, «дерево отказов» – это графоаналитический способ представления информации о возможных отказах системы. Он позволяет качественно и количественно оценить надежность системы.

Качественный анализ состоит в сопоставлении различных маршрутов, ведущих от исходных к конечному событию. Определяют наименьший набор исходных событий, приводящих к аварии.

Количественный анализ состоит в расчёте вероятности возникновения аварии для всех маршрутов или частоты ее возникновения.

Наконец на третьей (последней) стадии анализа риска разрабатывают основные мероприятия по уменьшению опасности и риска и рекомендации по выполнению изменений в системе с целью улучшения показателей безаварийности.

## Причины ошибок при взаимодействии с техническими средствами

Технические системы становятся взаимосвязанными только благодаря наличию такого основного звена как человек. Согласно данным, примерно 20-30 % отказов прямо или косвенно связаны с ошибками человека; 10-15 % всех отказов непосредственно связаны с ошибками человека.

В связи с этим анализ надежности реальных систем должен обязательно включать человеческий фактор.

Надежность работы человека определяется как вероятность успешного выполнения им работы или поставленной задачи на заданном этапе функционирования системы в течение заданного интервала времени при определенных требованиях к продолжительности выполнения работы.

Ошибка человека определяется как невыполнение поставленной задачи (или выполнение запрещенного действия), которое может явиться причиной повреждения оборудования или имущества либо нарушения нормального хода запланированных операций.

В реальных условиях в большинстве систем независимо от степени их автоматизации требуется участие человека.

Можно утверждать, что там, где работает человек, появляются ошибки. Они возникают независимо от уровня подготовки, квалификации или опыта. Поэтому прогнозирование надежности оборудования без учета надежности работы человека не может дать истинной картины.

Виды ошибок, допускаемых человеком на различных стадиях взаимодействия в системе «человек - машина», следующие.

1) **Ошибки проектирования**обусловлены неудовлетворительным  
качеством проектирования. Например, управляющие устройства и  
индикаторы расположены настолько далеко друг от друга, что оператор  
будет испытывать затруднения при одновременном пользовании ими.

1. **Операторские ошибки**возникают при неправильном выполнении обслуживающим персоналом установленных процедур или в тех случаях, когда правильные процедуры вообще не предусмотрены.
2. **Ошибки изготовления**имеют место на этапе производства вследствие неудовлетворительного качества работы (например, неправильной сварки), неправильного выбора материала, изготовления изделия с отклонениями от конструкторской документации.

4) **Ошибки технического обслуживания**возникают в процессе эксплуатации и обычно вызваны некачественным ремонтом оборудования или неправильным монтажом вследствие недостаточной подготовленности обслуживающего персонала, неудовлетворительного оснащения необходимой аппаратурой и инструментами.

1. **Внесенные ошибки**:как правило, это ошибки, для которых трудно установить причину их возникновения, т.е. определить, возникли они по вине человека или связаны с оборудованием.
2. **Ошибки контроля**связаны с ошибочной приемкой как годного элемента или устройства, характеристики которого выходят за пределы 160 допусков, либо с ошибочной отбраковкой годного устройства или элемента с характеристиками в пределах допусков.
3. **Ошибки обращения**возникают вследствие неудовлетворительного хранения изделий или их транспортировки с отклонениями от рекомендаций изготовителя.
4. **Ошибки организации рабочего места:**теснота рабочего помещения, повышенная температура, шум, недостаточная освещенность и т.д.
5. **Ошибки управления коллективом:**недостаточное стимулирование специалистов, их психологическая несовместимость, не позволяющие достигнуть оптимального качества работы.

В таблица 7.2 представлены потенциальные опасности, которые могут привести к аварийной ситуации, для модели «Человек - Техника - Среда - Производственная система». Эти источники опасностей необходимо рассматривать при построении «дерева отказов».

Таблица 7.2

**Номенклатура потенциальных опасностей**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Элементы производственной системы | Источник опасности | Опасность для здоровья и жизни человека |
| Человек | Субъективное состояние | Голод, жажда, заболевание, испуг, необученность, опьянение, отравление, паника, перегрев, переохлаждение, психологическая несовмести­мость, сонливость, утомление, эмоциональный стресс. Возможность падения, гиподинамия, гиперкинезия, монотонность, невесомость, неудоб­ная рабочая поза, перенапряжение анализаторов, спешка, умственное перенапряжение, физические (статические и динамические) перегрузки, эмоциональные перегрузки |
|  | Состояние средств  производства | Вакуум, горячие поверхности, движение (вращение), избыточное давление, коррозия, накипь, недостаточная прочность, острые кромки, перегрузки машин и механизмов, резонанс, скользкая поверхность, статические перегрузки, холодные поверхности |
| Техника | Энергетическое воздействие | Взрыв, искры, качка, кинетическая энергия, огонь, потенциальная энергия, статическое электричество, ударная волна, электрическая дуга, электрический ток |
| Среда | Гомосфера (рабочая зона) | Аномальные температура, влажность, подвижность воздуха; ионизация воздуха, барометрическое давление, аномальное освещение, вибрация, газ, дым, едкие вещества, инфразвук, лазерное, рентгеновское, ультрафиолетовое излучения; пыль, радиация, ультразвук, электромагнитное излу­чение, шум, ядовитые вещества |

## Определение вероятности возникновения события

Используя правила построения «дерева отказов», приведенные в разделах 7.4. и 7.5., построим «дерево отказов» для конечного события «пожар-взрыв» в системе (рис. 7.3) и определим вероятность возникновения данного события.

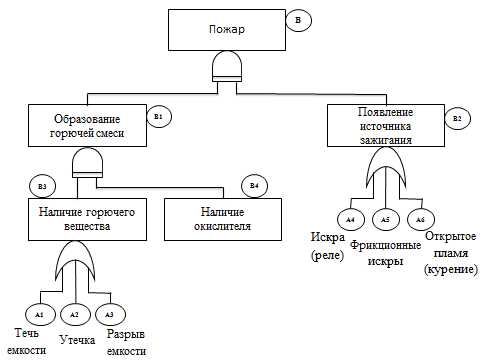


Рис. 7.3. Пример построения «дерева отказов»

Вероятность возникновения пожара для равновероятных событий:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7.4) |

Вероятность образования горючей смеси:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7.5) |

Вероятность наличия окислителя для воздуха производственных помещений:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7.6) |

Вероятность наличия горючего вещества определяется как:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7.7) |

где ***Р(А1) и Р(А2)*** определяются, как правило, из статистических данных;

***Р(А3)*** рассчитывается исходя из переполнения емкости жидкостью. Вероятность появления источника зажигания:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7.8) |

где ***P(Ai)*** - вероятность реализации воспламенения горючей смеси для *i* -го источника зажигания (*i* =4; 5; 6).

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7.9) |

где ***P(Ai)*** - вероятность появления *i-*го источника зажигания;

***P(Aiq)***- условная вероятность того, что энергия *i-*го источника зажигания достаточна для воспламенения смеси;

***P(AiT)*** - условная вероятность того, что время контакта источника с горючей смесью достаточно для ее воспламенения.

Построение «дерева отказов» позволяет определить возможные аварийные сочетания событий, которые могут привести к аварии, например в нашем случае это *А2- В4- A4* **-** *В*или *А1 - В4* **–** *А6- В*и т.д.

Итак, перечислим основные этапы анализа «дерева отказов».

1. Определение вершины «дерева» - аварийного события (пожар, взрыв,  
разрыв емкости, поражение электрическим током и т.п.).

2. Построение последовательности событий, которые ведут к  
конечному событию, используя символы событий и логические символы  
(построение совокупности сценариев аварий).

3. Проведение количественного и качественного анализа.

## Исходные данные для расчета

Построить дерево отказов для конечного события пожар. Исходные данные для расчёта приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3

**Тип помещения**

|  |  |
| --- | --- |
| **№ бригады** | **Конечное событие** |
| 1 | Пожар в учебной лаборатории |
| 2 | Пожар в жилом доме |
| 3 | Пожар общежитии |
| 4 | Пожар в торговом центре |
| 5 | Пожар в автомобиле |
| 6 | Пожар в трамвае |