

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.Б.04 Экспертиза безопасности

Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность  
Профиль подготовки Система управления рисками ЧС  
Форма обучения заочная

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>1. Конспект лекций .....</b>	
1.1 Лекция № 1 Концепция безопасности и понятийный аппарат риска .....	
1.2 Лекция № 2 Основные положения и понятия экспертизы безопасности.....	
 <b>2. Методические указания по выполнению лабораторных работ .....</b>	
2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Нормативная правовая база в области техносферной безопасности.....	
2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Анализ и оценка риска в процедуре декларирования промышленной безопасности .....	
2.3 Лабораторная работа № ЛР -3 Экологическая безопасность.....	
2.4 Лабораторная работа № ЛР- 4 Расчет и графическое представление потенциального территориального и социального рисков .....	

# **1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

## **1. 1 Лекция №\_1\_ ( 2 часа).**

### **Тема: «Концепция безопасности и понятийный аппарат риска»**

#### **1.1.1 Вопросы лекции:**

1. Концепция приемлемого риска.
2. Принципах приемлемого риска.

#### **1.2.2.Краткое содержание**

##### **1. Концепция приемлемого риска.**

Традиционный подход к обеспечению безопасности базируется на концепции «абсолютной безопасности». Ее суть сводилась к стремлению сделать технику и техносферу абсолютно безопасной для людей и предполагала внедрение всех мер защиты, которые практически осуществимы. Однако сейчас люди пришли к пониманию, что абсолютная безопасность недостижима или связана с огромными, подчас неоправданными для общества финансовыми затратами. Кроме того, требование абсолютной безопасности, подкупающее своей гуманностью, оборачивается трагедией для людей, потому что обеспечить нулевой риск в действующих системах невозможно, и человек должен быть ориентирован на возможность возникновения опасной ситуации.

Поэтому в промышленно развитых странах начиная с конца 70-х -начала 80-х гг. XX в. в исследованиях, связанных с обеспечением безопасности, начался переход от концепции абсолютной безопасности к концепции приемлемого (допустимого) риска, суть которой заключается в снижении опасности до такого низкого уровня, который приемлет общество в данный период времени.

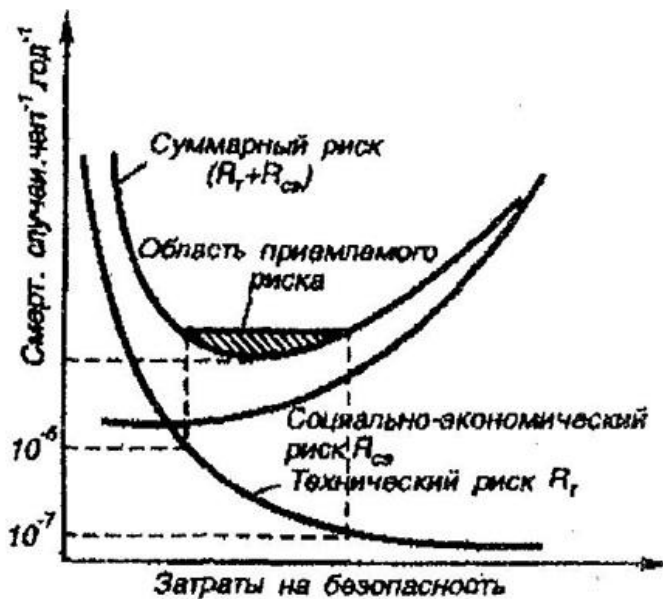
К настоящему моменту сложились представления о величинах приемлемого (допустимого) и неприемлемого риска. Приемлемым риском называется такой уровень опасности, с которым на данном этапе развития общества можно смириться. Это такой низкий уровень смертности, травматизма или инвалидности людей, который не влияет на показатели безопасности предприятия, отрасли экономики или государства.

Неприемлемый риск - максимальный риск, выше которого необходимо принимать меры по его устранению. Неприемлемый риск имеет вероятность реализации негативного воздействия более  $10^{-3}$ , приемлемый — менее  $10^{-6}$ . При значениях риска от  $10^{-3}$  до  $10^{-6}$  принято различать переходную область значений риска. Для факторов, которые приводят к отдаленным опасным последствиям и не имеют порога действия, приняты эти же нормы.

Если такие факторы сказываются лишь при превышении порога (например, предельно допустимой концентрации вредного вещества), то максимальный приемлемый уровень риска соответствует порогу. Максимально приемлемым риском для экосистем считается тот, при котором может пострадать 5% видов биогеоценоза. Приемлемые риски на 2-3 порядка «строже» фактических, т.е. их введение прямо направлено на защиту человека.

Приемлемый риск сочетает в себе технические, экономические, социальные и политические аспекты и представляет некоторый компромисс между требуемым уровнем безопасности и возможностями его достижения. Ресурсы любого общества ограничены, и если вкладывается неоправданно много средств в мероприятия, направленные на снижение технического риска, то объем средств, направляемых на развитие социальной сферы и экономики, будет уменьшаться. Т.е. при увеличении затрат на безопасность технический риск уменьшается, но растет риск социально-экономический. Кривая же суммарного риска имеет минимум при определенном отношении между инвестициями в

техническую и социальную сферы. Это приходится учитывать при выборе уровня риска, с которым общество пока вынуждено мириться.



#### Определение приемлемого риска

Разработаны социально-приемлемые для общества в целом и отдельного человека критерии безопасности техники:

1. для общества - математическое ожидание ущерба не более 1% общественных затрат на создание, эксплуатацию и уничтожение объекта;
2. для индивидуума из населения - вероятность смерти или тяжелой травмы не выше бытовой или от случайных поражающих факторов;
3. для индивидуума из персонала, обслуживающего объект - не выше, чем для менее опасных профессий.

Принцип приемлемого риска получил известность как принцип ALARA (аббревиатура от *as low as reasonably achievable*, т.е. «настолько низко, насколько это достижимо в пределах разумного»).

#### 2. Принципах приемлемого риска

**Политика приемлемого риска базируется на нескольких принципах:**

1. формировании качественно новой цели безопасности: от цели политики абсолютной безопасности, ориентированной только на совершенствование технических систем, к цели, ориентированной на улучшение состояния здоровья каждого человека, общества в целом и качества окружающей среды;
2. разработке методов количественной оценки факторов опасности, основанных на методологии изучения риска;
3. разработке методов количественной оценки безопасности, основанных на показателях состояния здоровья человека и качества окружающей среды;
4. разработке методов определения приемлемого баланса между опасностями и выгодами от той или иной деятельности, основанных на оценке социальных предпочтений, экономических возможностей и экологических ограничений последних, т. е. методов определения приемлемого риска,
5. переориентации системы контроля за состоянием безопасности: от контроля, сконцентрированного, главным образом, на факторах опасности, к контролю за воздействием этих факторов на человека и окружающую его среду, сохраняя при этом и контроль за факторами опасности.

Степень внедрения этой концепции в практическую деятельность сегодня различна в разных странах и в некоторых из них уже введена в законодательство. Например, в Нидерландах эта концепция в 1985 г. была принята парламентом страны в качестве государственного закона. Согласно ему, вероятность смерти в течение года для индивидуума от опасностей, связанных с техносферой, более  $10^{-6}$  считается недопустимой, а менее  $10^{-8}$  - пренебрежимой. «Приемлемый» уровень риска выбирается в диапазоне  $10^{-6}$ - $10^{-8}$  в год, исходя из экономических и социальных причин.

Нидерланды следует рассматривать как пример страны, где наиболее широко используются вероятностные методы в практической деятельности по обеспечению безопасности населения от риска при эксплуатации промышленных объектов. В других странах (страны ЕС, США, Канада, Япония) масштабы использования концепции «приемлемого» риска в законодательстве более ограничены, но во всех этих странах существует тенденция к ее все более полному применению.

При сопоставлении уровней имеющих место в нашей стране рисков со значениями, которые принято считать приемлемыми и неприемлемыми в промышленно развитых странах, видно, что риски уже на уровне величины  $10^{-3}$  являются неприемлемыми для целого ряда стран. Таким образом, показатели России по реализовавшимся индивидуальным рискам, к большому сожалению, оказываются значительно выше, чем уровни неприемлемых рисков в промышленно развитых странах.

Существует уровень риска, который можно считать пренебрежимо малым. Если риск от какого-то объекта не превышает такого уровня, нет смысла принимать дальнейшие меры по повышению безопасности, поскольку это потребует значительных затрат, а люди и окружающая среда из-за действия иных факторов все равно будут подвергаться почти прежнему риску. С другой стороны, есть уровень максимального приемлемого риска, который нельзя превосходить, каковы бы ни были расходы. Между двумя этими уровнями лежит область, в которой и нужно уменьшать риск, отыскивая компромисс между социальной выгодой и финансовыми убытками, связанными с повышением безопасности.

В рамках концепции приемлемого риска рост уровня жизни всех членов общества ограничен, так как при ее реализации не учитываются выгоды (общественная полезность) от прогрессивных технологий, которые на первых порах могут быть сопряжены с повышенным риском для тех, кто их реализует. Это приводит к их отторжению общественностью. Но новые технологии в итоге осваиваются человечеством как средство для выживания и дальнейшего повышения уровня жизни членов общества.

Поэтому в качестве регулятора безопасности людей наряду с концепцией приемлемого риска должна использоваться концепция оправданного риска, согласно которой приемлем тот риск, который общественно оправдан. При этом непосредственно рискующие члены общества, безопасность которых на данном этапе развития науки и техники не может быть обеспечена на приемлемом уровне, получают социально-экономические компенсации от общества.

## **1.2. Лекция № 2\_2 ( 2 часа).**

### **Тема: «Основные положения и понятия экспертизы безопасности»**

#### **1.2.1 Вопросы лекции:**

1. Цель проведения экспертизы промышленной безопасности.
2. Прием, регистрация, рассмотрение и утверждение заключений экспертизы.

#### **1.2.2. Краткое содержание**

## 1. Цель проведения экспертизы промышленной безопасности.

**Экспертиза промышленной безопасности** - оценка соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности, результатом которой является заключение.

**Объекты экспертизы** - проектная документация, технические устройства, здания и сооружения на опасном производственном объекте, декларации промышленной безопасности и иные документы, связанные с эксплуатацией опасного производственного объекта.

**Система экспертизы** промышленной безопасности - совокупность участников экспертизы промышленной безопасности, а также норм, правил, методик, условий, критериев и процедур, в рамках которых организуется и осуществляется экспертная деятельность.

**Заключение экспертизы** - документ, содержащий обоснованные выводы о соответствии или несоответствии объекта экспертизы требованиям промышленной безопасности.

**Эксперт** - специалист, осуществляющий проведение экспертизы промышленной безопасности.

**Заказчик** - организация, обратившаяся с заявкой на проведение экспертизы.

**Под экспертизой** промышленной безопасности понимается деятельность, направленная на установление соответствия объектов экспертизы требованиям промышленной безопасности

Целью проведения экспертизы промышленной безопасности является определение достаточности разработанных и (или) реализованных мер по обеспечению требований промышленной безопасности.

Обязательность проведения экспертизы промышленной безопасности устанавливается № 116 ФЗ на стадиях проектирования, эксплуатации опасных производственных объектов, при рассмотрении вопроса о выдаче лицензии на эксплуатацию опасных производственных объектов. Проведение экспертизы промышленной безопасности может быть назначено предписанием федерального органа исполнительной власти или его территориального органа.

Объекты экспертизы промышленной безопасности для конкретных отраслей промышленности конкретизируются в нормативных документах Ростехнадзора.

Экспертизе промышленной безопасности подлежат:

- проектная документация на расширение, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта;
- технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте;
- здания и сооружения на опасном производственном объекте;
- декларация промышленной безопасности в составе проектной документации на расширение, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта и иные документы, связанные с эксплуатацией опасного производственного объекта.

Экспертизу промышленной безопасности проводят организации, имеющие лицензии Ростехнадзора .

Контроль соблюдения экспертными организациями лицензионных требований и условий

Результатом осуществления экспертизы промышленной безопасности является

**заключение.** Решение о выдаче положительного или отрицательного заключения экспертизы принимается на основании рассмотрения и анализа документов, полученных при экспертизе, проверке состояния объекта или проведении необходимых испытаний. Выдача заключения экспертизы.

Готовится проект заключения экспертизы. Результаты проведенных экспертами работ оформляются каждым членом экспертной группы в виде отчета. В случае работы группы экспертов все отчеты обобщаются в проекте заключения экспертизы, составляемом ведущим экспертом по отчетам членов экспертной группы.

Проект заключения экспертизы служит основанием для консультаций и принятия решения о выдаче положительного или отрицательного заключения экспертизы. Заказчику пересылается копия проекта заключения экспертизы. Замечания к проекту заключения экспертизы направляются заказчиком в экспертную организацию в письменной форме и не позднее, чем через 14 дней после получения проекта. При положительном заключении экспертизы в нем перечисляются объекты, на которые распространяется действие заключения экспертизы с условиями или без них. В случае отрицательного заключения по объекту экспертизы, находящемуся в эксплуатации, экспертная организация немедленно ставит в известность Ростехнадзор или его территориальный орган для принятия оперативных мер по дальнейшей эксплуатации опасного производственного объекта. В этом случае заказчику должны быть представлены обоснованные выводы:

- о необходимости доработки представленных материалов по замечаниям и предложениям, изложенным в итоговом отчете эксперта (ведущего эксперта);
- о недопустимости эксплуатации объекта ввиду необеспеченности соблюдения требований промышленной безопасности.

В этом случае заказчик вправе представить материалы на повторную экспертизу при условии их переработки с учетом выявленных в ходе экспертизы замечаний. Так как развитие промышленности, создание новых и эксплуатация действующих опасных производственных объектов затрагивают многие общественные интересы - экологические, санитарно гигиенические, экономические и другие, то в отношении объектов экспертизы промышленной безопасности могут проводиться иные виды экспертиз, в том числе экологическая, санитарно гигиеническая, экономическая и др. Порядок проведения таких экспертиз регулируется соответствующими актами законодательства.

## 2. Прием, регистрация, рассмотрение и утверждение заключений экспертизы.

**Прием, регистрация, рассмотрение и утверждение заключений экспертизы** проводится, как правило, территориальными органами Ростехнадзора не позднее 1 месяца с момента его подписания руководителем экспертной организации.

В центральном аппарате Ростехнадзора проводится прием, регистрация, рассмотрение и утверждении заключений экспертизы:

- деклараций промышленной безопасности проектируемых и действующих опасных производственных объектов при величине отношения количества опасного вещества на объекте к предельному количеству этого опасного вещества, указанного в Федеральном законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» более 10;

- в случаях, когда заказчиком экспертизы промышленной безопасности является иностранная организация;

- а также по распоряжению Начальника Ростехнадзора или его заместителей.

По результатам рассмотрения подготавливается предложение о возможности утверждения или отказа в утверждении заключения экспертизы и проект соответствующего письма в организацию, представившую заключение экспертизы.

В случае отказа в утверждении заключения экспертизы, отказ необходимо аргументировано обосновать.

Решение об утверждении или об отказе в утверждении заключения экспертизы принимает руководитель или заместитель руководителя территориального органа.

Письмо с решением подписывается руководителем или заместителем руководителя территориального органа и направляется организации, представившей заключение экспертизы, копия письма направляется экспертной организации.

В случае отказа в утверждении заключения экспертизы руководство территориального органа принимает решение о необходимости проверки соблюдения лицензионных

требований и условий экспертной организацией, подготовившей это заключение экспертизы.

Проведение экспертизы промышленной безопасности является платной процедурой, она проводится за счет средств заказчика.



## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### 2.1 Лабораторная работа №1 ( 2 часа).

**Тема: «Нормативная правовая база в области техносферной безопасности»**

2.1.1 Цель работы: изучить нормативно правовую базу в области техносферной безопасности.

2.1.2 Задачи работы:

1. Познакомиться с вопросами практического занятия.
2. Подготовить письменные ответы на вопросы используя предложенную литературу, данные сети Интернет и литературы научно-методической лаборатории.
3. Выписать в тетрадь новые понятия.

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

ФЗ от 21.07.1997г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности ОПО» (с изменениями).  
Постановление Правительства РФ от 11.05.1999 №526 «Об утверждении Правил представления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями).

Приказ РТН от 29.11.2005 №893 «Об утверждении Порядка оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечня включаемых в нее сведений», РД 03-14-2005.

Постановление Госгортехнадзора России от 26.04.2000 №23 «Методические рекомендации по составлению декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта», РД 03-357-00 (с изменениями).

Постановление Госгортехнадзора России от 06.11.1998 №64 «Об утверждении Правил проведения экспертизы промышленной безопасности», ПБ 03-246-98 (с изменениями).

Постановление Госгортехнадзора России от 07.09.1999 №65 «Об утверждении Правил экспертизы декларации промышленной безопасности», ПБ 03-314-99 (с изменениями).

Приказ Госгортехнадзора России от 11.03.1999 №44 «Об утверждении и введении в действие Положения о порядке прохождения поступающих в Госгортехнадзор России деклараций промышленной безопасности», РД 04-271-99 (с изменениями).

Приказ РТН от 01.08.2012 №436 «О Временном порядке утверждения заключений экспертизы промышленной безопасности».

Приказ РТН от 15.07.2013 №306 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие требования к обоснованию безопасности ОПО».

2.1.4 Описание (ход) работы:

1. Осуществление контроля за применением и соблюдением нормативов в области техносферной безопасности.
2. Формирование и ведение единой информационной базы данных нормативов в области техносферной безопасности;
3. Оценка и прогнозирование экологических, социальных, экономических последствий применения нормативов в области охраны окружающей среды.

## **2.2 Лабораторная работа №2 ( 4 часа).**

### **Тема: «Анализ и оценка риска в процедуре декларирования промышленной безопасности»**

2.2.1 Цель работы: Научиться проводить анализ и оценку риска ОПО в соответствии с требованиями, предъявляемыми Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору

2.2.2 Задачи работы:

1. планирование и организация работ на опасных производственных объектах;
2. идентификация опасностей;
3. оценка риска;
4. разработка рекомендаций по уменьшению риска.

Основные этапы анализа риска включают:

- планирование и организацию работ;
- идентификацию опасностей;
- оценку риска;
- разработку рекомендаций по уменьшению риска.

#### *1. этап планирования и организации работ*

На этапе планирования и организации работ следует:

- определить анализируемый опасный производственный объект и дать его общее описание;
- описать причины и проблемы, которые вызвали необходимость проведения анализа риска;
- подобрать группу исполнителей для проведения анализа риска;
- определить и описать источники информации об опасном производственном объекте;
- указать ограничения исходных данных, финансовых ресурсов и другие обстоятельства, определяющие глубину, полноту и детальность проводимого анализа риска;
- четко определить цели и задачи проводимого анализа риска;
- обосновать используемые методы анализа риска;
- определить критерии приемлемого риска.

Для обеспечения качества анализа риска следует использовать знание закономерностей возникновения и развития аварий на опасных производственных объектах. Если

существуют результаты анализа риска для подобного опасного производственного объекта или аналогичных технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, то их можно применять в качестве исходной информации. Однако при этом следует показать, что объекты и процессы подобны, а имеющиеся отличия не будут вносить значительных изменений в результаты анализа.

*Цели и задачи анализа риска* могут различаться и конкретизироваться на разных этапах жизненного цикла опасного производственного объекта.

Например, на этапе размещения (обоснования инвестиций или проведения предпроектных работ) или проектирования опасного производственного объекта целью анализа риска, как правило, является:

- выявление опасностей и априорная количественная оценка риска с учетом воздействия поражающих факторов аварии на персонал, население, имущество и окружающую природную среду;
- обеспечение учета результатов при анализе приемлемости предложенных решений и выборе оптимальных вариантов размещения опасного производственного объекта, применяемых технических устройств, зданий и сооружений опасного производственного объекта, включая особенности окружающей местности, расположение иных объектов и экономическую эффективность;
- обеспечение информацией для разработки инструкций, технологического регламента и планов ликвидации (локализации) аварийных ситуаций на опасном производственном объекте;
- оценка альтернативных предложений по размещению опасного производственного объекта или техническим решениям.

На этапе ввода в эксплуатацию (вывода из эксплуатации) опасного производственного объекта целью анализа риска могут быть:

- выявление опасностей и оценка последствий аварий, уточнение оценок риска, полученных на предыдущих этапах функционирования опасного производственного объекта;
- проверка соответствия условий эксплуатации требованиям промышленной безопасности;
- разработка и уточнение инструкций по вводу в эксплуатацию (выводу из эксплуатации).

На этапе эксплуатации или реконструкции опасного производственного объекта целью анализа риска может быть:

- проверка соответствия условий эксплуатации требованиям промышленной безопасности;

- уточнение информации об основных опасностях и рисках (в том числе при декларировании промышленной безопасности);
- разработка рекомендаций по организации деятельности надзорных органов;
- совершенствование инструкций по эксплуатации и техническому обслуживанию, планов ликвидации (локализации) аварийных ситуаций на опасном производственном объекте;
- оценка эффекта изменения в организационных структурах, приемах практической работы и технического обслуживания в отношении совершенствования системы управления промышленной безопасностью.

Основой для **определения приемлемого риска** являются: нормы и правила промышленной безопасности или иные документы по безопасности в анализируемой области; сведения о происшедших авариях, инцидентах и их последствиях; опыт практической деятельности; социально-экономическая выгода от эксплуатации опасного производственного объекта.

## *2. этап идентификации опасностей*

*Основные задачи* этапа идентификации опасностей - выявление и четкое описание всех источников опасностей и путей (сценариев) их реализации. Это ответственный этап анализа, так как не выявленные на этом этапе опасности не подвергаются дальнейшему рассмотрению и исчезают из поля зрения.

Для идентификации опасностей рекомендуется использовать один или несколько из перечисленных ниже методов анализа риска:

- "Что будет, если...?";
- проверочный лист;
- анализ опасности и работоспособности;
- анализ видов и последствий отказов;
- анализ "дерева отказов";
- анализ "дерева событий";
- соответствующие эквивалентные методы.

В результате идентификации опасностей получаем:

- перечень нежелательных событий;
- описание источников опасности, факторов риска, условий возникновения и развития нежелательных событий (например, сценариев возможных аварий);
- предварительные оценки опасности и риска\*1.

Идентификация опасностей завершается также выбором дальнейшего направления деятельности. В качестве вариантов дальнейших действий может быть:

- решение прекратить дальнейший анализ ввиду незначительности опасностей или достаточности полученных предварительных оценок (в этом случае под идентификацией опасностей подразумевается анализ или оценка опасностей);
- решение о проведении более детального анализа опасностей и оценки риска;
- выработка предварительных рекомендаций по уменьшению опасностей.

### *3. этап оценки риска*

*Основные задачи этапа оценки риска:*

- определение частот возникновения инициирующих и всех нежелательных событий;
- оценка последствий возникновения нежелательных событий;
- обобщение оценок риска.

Для определения частоты нежелательных событий рекомендуется использовать: статистические данные по аварийности и надежности технологической системы, соответствующие специфике опасного производственного объекта или виду деятельности; логические методы анализа "деревьев событий", "деревьев отказов", имитационные модели возникновения аварий в человекомашинной системе; экспертные оценки путем учета мнения специалистов в данной области.

*Оценка последствий включает* анализ возможных воздействий на людей, имущество и (или) окружающую природную среду. Для оценки последствий необходимо оценить физические эффекты нежелательных событий (отказы, разрушения технических устройств, зданий, сооружений, пожары, взрывы, выбросы токсичных веществ и т.д.), уточнить объекты, которые могут быть подвергнуты опасности. При анализе последствий аварий необходимо использовать модели аварийных процессов и критерии поражения, разрушения изучаемых объектов воздействия, учитывать ограничения применяемых моделей. Следует также учитывать и, по возможности, выявлять связь масштабов последствий с частотой их возникновения.

*Обобщенная оценка риска (или степень риска)* аварий должна отражать состояние промышленной безопасности с учетом показателей риска от всех нежелательных событий, которые могут произойти на опасном производственном объекте.

### *4 этап анализа риска (заключительный): разработка рекомендаций по уменьшению риска*

В рекомендациях представляются обоснованные меры по уменьшению риска, основанные на результатах оценок риска.

*Меры по уменьшению риска* могут носить технический и (или) организационный характер. При выборе мер решающее значение имеет общая оценка действенности и надежности мер, оказывающих влияние на риск, а также размер затрат на их реализацию.

В большинстве случаев первоочередными мерами обеспечения безопасности, как правило, являются *меры предупреждения аварии*. Выбор планируемых для внедрения мер безопасности имеет следующие приоритеты:

1) меры по уменьшению вероятности возникновения аварийной ситуации, включающие:

- меры по уменьшению вероятности возникновения инцидента,
- меры по уменьшению вероятности перерастания инцидента в аварийную ситуацию;

2) меры по уменьшению тяжести последствий аварии, которые, в свою очередь, имеют следующие приоритеты:

- меры, предусматриваемые при проектировании опасного объекта (например, выбор несущих конструкций, запорной арматуры),
- меры, относящиеся к системам противоаварийной защиты и контроля (например, применение газоанализаторов),
- меры, касающиеся готовности эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации последствий аварий.

При необходимости обоснования и оценки эффективности предлагаемых мер по уменьшению риска рекомендуется придерживаться двух альтернативных целей их оптимизации:

- при заданных средствах обеспечить максимальное снижение риска эксплуатации опасного производственного объекта;
- обеспечить снижение риска до приемлемого уровня при минимальных затратах.

#### *Требования к оформлению результатов анализа риска*

Результаты анализа риска должны быть обоснованы и оформлены таким образом, чтобы выполненные расчеты и выводы могли быть проверены и повторены специалистами, которые не участвовали при первоначальном анализе.

Процесс анализа риска следует документировать. Объем и форма отчета с результатами анализа зависят от целей проведенного анализа риска. В отчет рекомендуется включать:

- титульный лист;
- список исполнителей с указанием должностей, научных званий, названием организации;
- аннотацию;
- содержание (оглавление);
- задачи и цели проведенного анализа риска;
- описание анализируемого опасного производственного объекта;
- методологию анализа, исходные предположения и ограничения, определяющие пределы анализа риска;

- описание используемых методов анализа, моделей аварийных процессов и обоснование их применения;
- исходные данные и их источники, в том числе данные по аварийности и надежности оборудования;
- результаты идентификации опасности;
- результаты оценки риска;
- анализ неопределенностей результатов оценки риска;
- обобщение оценок риска, в том числе с указанием наиболее "слабых" мест;
- рекомендации по уменьшению риска;
- заключение;
- перечень используемых источников информации.

#### Показатели риска

Всесторонняя оценка риска аварий основывается на анализе причин (отказы технических устройств, ошибки персонала, внешние воздействия) возникновения и условий развития аварий, поражения производственного персонала, населения, причинения ущерба имуществу эксплуатирующей организации или третьим лицам, вреда окружающей природной среде.

Степень риска (или уровень риска) аварий на опасном производственном объекте, эксплуатация которого связана со множеством опасностей, определяется на основе учета соответствующих показателей риска. В общем случае показатели риска выражаются в виде сочетания (комбинации) вероятности (или частоты) и тяжести последствий рассматриваемых нежелательных событий.

Ниже проведены краткие характеристики основных количественных показателей риска.

1. При анализе опасностей, связанных с отказами технических устройств, выделяют технический риск, показатели которого определяются соответствующими методами теории надежности.
2. Одной из наиболее часто употребляющихся характеристик опасности является индивидуальный риск - это частота поражения отдельного индивидуума (человека) в результате воздействия исследуемых факторов опасности. В общем случае количественно (численно) индивидуальный риск выражается отношением числа пострадавших людей к общему числу рискующих за определенный период времени.

При расчете распределения риска по территории вокруг объекта (картировании риска) индивидуальный риск определяется потенциальным территориальным риском (см. ниже) и вероятностью нахождения человека в районе возможного действия опасных факторов. Индивидуальный риск во многом определяется квалификацией и готовностью индивидуума к действиям в опасной ситуации, его защищенностью.

Индивидуальный риск, как правило, следует определять не для каждого человека, а для групп людей, характеризующихся примерно одинаковым временем пребывания в различных опасных зонах и использующих одинаковые средства защиты. Рекомендуется оценивать индивидуальный риск отдельно для персонала объекта и для населения прилегающей территории или, при необходимости, для более узких групп, например для рабочих различных специальностей.

3. Другим комплексным показателем риска, характеризующим пространственное распределение опасности по объекту и близлежащей территории, является потенциальный территориальный риск - частота реализации поражающих факторов в рассматриваемой точке территории. Потенциальный территориальный, или потенциальный, риск не зависит от факта нахождения объекта воздействия (например, человека) в данном месте пространства. Предполагается, что условная вероятность нахождения объекта воздействия равна 1 (т.е. человек находится в данной точке пространства в течение всего рассматриваемого промежутка времени). Потенциальный риск не зависит от того, находится ли опасный объект в многолюдном или пустынном месте и может меняться в широком интервале. Потенциальный риск, в соответствии с названием, выражает собой потенциал максимально возможной опасности для конкретных объектов воздействия (реципиентов), находящихся в данной точке пространства. Как правило, потенциальный риск оказывается промежуточной мерой опасности, используемой для оценки социального и индивидуального риска при крупных авариях. Распределения потенциального риска и населения в исследуемом районе позволяют получить количественную оценку социального риска для населения. Для этого нужно рассчитать количество пораженных при каждом сценарии от каждого источника опасности и затем определить частоту событий  $F$ , при которой может пострадать на том или ином уровне  $N$  и более человек.

4. Социальный риск характеризует масштаб и вероятность (частоту) аварий и определяется функцией распределения потерь (ущерба), у которой есть установившееся название -  $F/N$ -кривая. В общем случае в зависимости от задач анализа под  $N$  можно понимать и общее число пострадавших, и число смертельно травмированных или другой показатель тяжести последствий. Соответственно критерий приемлемого риска будет определяться уже не числом для отдельного события, а кривой, построенной для различных сценариев аварии с учетом их вероятности. В настоящее время общераспространенным подходом для определения приемлемости риска является использование двух кривых, когда, например, в логарифмических координатах определены  $F/N$ -кривые приемлемого и неприемлемого риска смертельного травмирования. Область между этими кривыми определяет промежуточную степень риска, вопрос о снижении которой следует решать, исходя из специфики производства и региональных условий.

5. Другой количественной интегральной мерой опасности объекта является коллективный риск, определяющий ожидаемое количество пострадавших в результате аварий на объекте за определенное время.



6. Для целей экономического регулирования промышленной безопасности и страхования важным является такой показатель риска, как статистически ожидаемый ущерб в стоимостных или натуральных показателях.

#### Методы анализа риска

1. Методы проверочного листа и "Что будет, если...?" или их комбинация относятся к группе методов качественных оценок опасности, основанных на изучении соответствия условий эксплуатации объекта или проекта требованиям промышленной безопасности.

Результатом проверочного листа является перечень вопросов и ответов о соответствии опасного производственного объекта требованиям промышленной безопасности и указания по их обеспечению. Метод проверочного листа отличается от "Что будет, если...?" более обширным представлением исходной информации и представлением результатов о последствиях нарушений безопасности.

Эти методы наиболее просты (особенно при обеспечении их вспомогательными формами, унифицированными бланками, облегчающими на практике проведение анализа и представление результатов), нетрудоемки (результаты могут быть получены одним специалистом в течение одного дня) и наиболее эффективны при исследовании безопасности объектов с известной технологией.

2. Анализ видов и последствий отказов (АВПО) применяется для качественного анализа опасности рассматриваемой технической системы. Существенной чертой этого метода является рассмотрение каждого аппарата (установки, блока, изделия) или составной части системы (элемента) на предмет того, как он стал неисправным (вид и причина отказа) и какое было бы воздействие отказа на техническую систему.

Анализ видов и последствий отказа можно расширить до количественного анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО). В этом случае каждый вид отказа ранжируется с учетом двух составляющих критичности - вероятности (или частоты) и тяжести последствий отказа. Определение параметров критичности необходимо для выработки рекомендаций и приоритетности мер безопасности.

Результаты анализа представляются в виде таблиц с перечнем оборудования, видов и причин возможных отказов, с частотой, последствиями, критичностью, средствами обнаружения неисправности (сигнализаторы, приборы контроля и т.п.) и рекомендациями по уменьшению опасности.

Систему классификации отказов по критериям вероятности-тяжести последствий следует конкретизировать для каждого объекта или технического устройства с учетом его специфики.

Ниже (табл. 1) в качестве примера приведены показатели (индексы) уровня и критерии критичности по вероятности и тяжести последствий отказа. Для анализа выделены четыре группы, которым может быть нанесен ущерб от отказа: персонал, население, имущество (оборудование, сооружения, здания, продукция и т.п.), окружающая среда.

В табл. 1 применены следующие варианты критериев:

– критерии отказов по тяжести последствий: катастрофический отказ - приводит к смерти людей, существенному ущербу имуществу, наносит невосполнимый ущерб окружающей среде; критический (некритический) отказ - угрожает (не угрожает) жизни людей, приводит (не приводит) к существенному ущербу имуществу, окружающей среде; отказ с пренебрежимо малыми последствиями - отказ, не относящийся по своим последствиям ни к одной из первых трех категорий;

– категории (критичность) отказов: А - обязателен количественный анализ риска или требуются особые меры обеспечения безопасности; В - желателен количественный

анализ риска или требуется принятие определенных мер безопасности; С - рекомендуется проведение качественного анализа опасностей или принятие некоторых мер безопасности; D - анализ и принятие специальных (дополнительных) мер безопасности не требуются.

Методы АВПО, АВПКО применяются, как правило, для анализа проектов сложных технических систем или технических решений. Выполняются группой специалистов различного профиля (например, специалистами по технологии, химическим процессам, инженером-механиком) из 3-7 чел. в течение нескольких дней, недель.

Таблица 1

Матрица "вероятность-тяжесть последствий"

Степень частоты возникновения отклонения от зад.	Частота возникновения отклонения от зад.	Тяжесть последствий отказа			
		катастрофического	критического	некритического	с пренебрежимо малыми последствиями
Частый	$>1$	A	A	A	C
Вероятный	$1=10^{-2}$	A	A	B	C
Возможный	$10^{-3}-10^{-4}$	A	B	B	C
Редкий	$10^{-4}-10^{-5}$	A	B	C	D
Практически невероятный	$<10^{-5}$	B	C	C	D

3. Методом *анализа опасности и работоспособности* (АОР) исследуются опасности отклонений технологических параметров (температуры, давления и пр.) от регламентных режимов. АОР по сложности и качеству результатов соответствует уровню АВПО, АВПКО.

В процессе анализа для каждой составляющей опасного производственного объекта или технологического блока определяются возможные отклонения, причины и указания по их недопущению. При характеристике отклонения используются ключевые слова "нет", "больше", "меньше", "так же, как", "другой", "иначе, чем", "обратный" и т.п. Применение ключевых слов помогает исполнителям выявить все возможные отклонения. Конкретное сочетание этих слов с технологическими параметрами определяется спецификой производства.

Примерное содержание ключевых слов следующее: "**нет**" - отсутствие прямой подачи вещества, когда она должна быть; "**больше (меньше)**" - увеличение (уменьшение) значений режимных переменных по сравнению с заданными параметрами (температуры,

давления, расхода); *"так же, как"* - появление дополнительных компонентов (воздух, вода, примеси); *"другой"* - состояние, отличающиеся от обычной работы (пуск, остановка, повышение производительности и т.д.); *"иначе, чем"* - полное изменение процесса, непредвиденное событие, разрушение, разгерметизация оборудования; *"обратный"* - логическая противоположность замыслу, появление обратного потока вещества.

Результаты анализа представляются на специальных технологических листах (таблицах). Степень опасности, отклонений может быть определена количественно - путем оценки вероятности и тяжести последствий рассматриваемой ситуации по критериям критичности аналогично методу АВПКО (см. табл. 1).

Отметим, что метод АОР, так же как АВПКО, кроме идентификации опасностей и их ранжирования позволяет выявить неясности и неточности в инструкциях по безопасности и способствует их дальнейшему совершенствованию. Недостатки методов связаны с затрудненностью их применения для анализа комбинаций событий, приводящих к аварии.

4. Практика показывает, что крупные аварии, как правило, характеризуются комбинацией случайных событий, возникающих с различной частотой на разных стадиях возникновения и развития аварии (отказы оборудования, ошибки человека, нерасчетные внешние воздействия, разрушение, выброс, пролив вещества, рассеяние веществ, воспламенение, взрыв, интоксикация и т.д.). Для выявления причинно-следственных связей между этими событиями используют *логико-графические методы анализа "деревьев отказов" и "деревьев событий"*.

При анализе *"деревьев отказов" (АДО)* выявляются комбинации отказов (неполадок) оборудования, инцидентов, ошибок персонала и нерасчетных внешних (техногенных, природных) воздействий, приводящие к головному событию (аварийной ситуации). Метод используется для анализа возможных причин возникновения аварийной ситуации и расчета ее частоты (на основе знания частот исходных событий). При анализе *"дерева отказа" (аварии)* рекомендуется определять минимальные сочетания событий, определяющие возникновение или невозможность возникновения аварии (минимальное пропускное и отсечное сочетания, соответственно).

*Анализ "дерева событий" (АДС)* - алгоритм построения последовательности событий, исходящих из основного события (аварийной ситуации). Используется для анализа развития аварийной ситуации. Частота каждого сценария развития аварийной ситуации рассчитывается путем умножения частоты основного события на условную вероятность конечного события (например, аварии с разгерметизацией оборудования с горючим веществом в зависимости от условий могут развиваться как с воспламенением, так и без воспламенения вещества).

5. *Методы количественного анализа риска*, как правило, характеризуются расчетом нескольких показателей риска и могут включать один или несколько вышеупомянутых методов (или использовать их результаты). Проведение количественного анализа требует высокой квалификации исполнителей, большого объема информации по аварийности, надежности оборудования, выполнения экспертных работ, учета особенностей окружающей местности, метеоусловий, времени пребывания людей в опасных зонах и других факторов.

Количественный анализ риска позволяет оценивать и сравнивать различные опасности по единым показателям, он наиболее эффективен:

- на стадии проектирования и размещения опасного производственного объекта;
- при обосновании и оптимизации мер безопасности;
- при оценке опасности крупных аварий на опасных производственных объектах, имеющих однотипные технические устройства (например, магистральные трубопроводы);
- при комплексной оценке опасностей аварий для людей, имущества и окружающей природной среды.

6. Рекомендации по выбору методов анализа риска для различных видов деятельности и этапов функционирования опасного производственного объекта представлены в табл. 2.

Таблица 2

Рекомендации по выбору методов анализа риска

<b>Метод</b>	<b>Вид деятельности</b>				
	<b>Размещение (предпроект ные работы)</b>	<b>Проектирова ние</b>	<b>Ввод/выво д из эксплуатац ии</b>	<b>Эксплуата ция</b>	<b>Реконструк ция</b>
Анализ "Что будет, если...?"	0	+	++	++	+
Метод проверочного листа	0	+	+	++	+
Анализ опасности и работоспособн ости	0	++	+	+	++
Анализ видов и последствий отказов	0	++	+	+	++
Анализ деревьев отказов и событий	0	++	+	+	++

Количественный анализ риска	++	++	0	+	++
-----------------------------	----	----	---	---	----

Приняты следующие обозначения: **0** - наименее подходящий метод анализа; **+** - рекомендуемый метод; **++** - наиболее подходящий метод.

Методы могут применяться изолированно или в дополнение друг к другу, причем методы качественного анализа могут включать количественные критерии риска (в основном, по экспертным оценкам с использованием, например, матрицы "вероятность-тяжесть последствий" ранжирования опасности). По возможности полный количественный анализ риска должен использовать результаты качественного анализа опасностей.

#### 2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

РД 03-418-01 Методические указания по проведению анализа риска на опасных производственных объектах.

#### 2.2.4 Описание (ход) работы:

Познакомиться с теоретическими положениями<sup>^</sup>

2. Получить задание у преподавателя или использовать собственные исходные данные по выбранному объекту экономики
3. Проанализировать все возможные причины возникновения аварийной ситуации на заданном объекте экономики, принимая во внимание общие закономерности возникновения и развития происшествий
4. Провести моделирование возможных исходов аварийных ситуаций, используя соответствующие графо-аналитические модели
5. Выделить наиболее опасный и наиболее вероятный сценарии развития ситуации, обосновать свой выбор
6. Составить отчет по работе по требуемой форме

#### Контрольные вопросы

1. Назовите количественные показатели риска, используемые в процедуре декларирования промышленной безопасности
2. В чем заключается поэтапный анализ риска?
3. На каких стадиях жизненного цикла объекта применима процедура анализа риска?

## **2.3 Лабораторная работа №3 ( 2 часа).**

### **Тема: «Экологическая безопасность»**

2.3.1 Цель работы: изучение принципов и структуры экологического мониторинга оценки жизненного цикла (МОЖЦ), обеспечивающих проведение исследования и представление отчетности по МОЖЦ, а также некоторых минимальных требований к данному экологическому мониторингу для оценки возможных воздействий, связанных с возведением зданий, строительных сооружений, изготовлением строительной продукции, других видов деятельности а также для повышения интереса к разработке методов, направленных на снижение этих воздействий.

#### 2.3.2 Задачи работы:

1. изучить принципы мониторинга оценки жизненного цикла: область применения, ограничения, основные особенности, фазы МОЖЦ;
2. рассмотреть методологическую структуру МОЖЦ;
3. провести инвентаризационный анализ МОЖЦ проекта: сбор данных, инвентаризация данных входных и выходных потоков;
4. интерпретация МОЖЦ;
5. провести оценивание эффективности системы экологического мониторинга;
6. составить вывод по работе.

#### Общие сведения

1. Принципы мониторинга оценки жизненного цикла
2. Методологическая структура экологического мониторинга
3. Инвентаризационный анализ мониторинга жизненного цикла
4. Интерпретация мониторинга жизненного цикла

#### 1. Этапы работы:

1. Изучить принципы мониторинга оценки жизненного цикла: область применения, ограничения, основные особенности, фазы МОЖЦ;
2. Рассмотреть методологическую структуру МОЖЦ
3. Провести инвентаризационный анализ МОЖЦ проекта: сбор данных, инвентаризация данных входных и выходных потоков.
4. Интерпретация МОЖЦ.
5. Провести оценивание эффективности системы экологического мониторинга.
6. Сделать вывод по работе.

#### 2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. ГОСТ Р ИСО 14001-98 Системы управления окружающей средой. Требования и

руководство по использованию.

2. ГОСТ Р ИСО 14004-98 Системы управления окружающей средой. Общее руководство по принципам, системам и методам обеспечения функционирования.

3. ГОСТ Р ИСО 14010-98 Руководство по экологическому аудиту. Основные принципы.

4. ГОСТ Р ИСО 14011-98 Руководство по экологическому аудиту. Процедуры аудита. Аудит систем управления окружающей средой.

5. ГОСТ Р ИСО 14040-99 Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура.

6. ГОСТ Р ИСО 14031-2001 Управление окружающей средой. Оценивание экологической эффективности. Общие требования.

ГОСТ Р ИСО 14041-2000 Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла.

Определение целей и области исследования инвентаризационный анализ.....

#### 2.3.4 Описание (ход) работы:

### 2 Общие сведения

#### 1 Принципы мониторинга оценки жизненного цикла

Экологический мониторинг оценки жизненного цикла включает в себя:

- проведение инвентаризации соответствующих входных и выходных потоков производственной системы;
- экологический мониторинг и оценивание потенциальных воздействий на окружающую среду, связанных с этими потоками;
- интерпретацию результатов инвентаризационного анализа и этапов оценки воздействий в зависимости от цели исследования.

С помощью экологического мониторинга отслеживают экологические аспекты и потенциальные воздействия на протяжении всего жизненного цикла продукции (от приобретения сырья до производства, эксплуатации и утилизации). Основными категориями воздействий на окружающую среду являются использование ресурсов, здоровье человека и экологические последствия.

МОЖЦ дает возможность:

- улучшения экологических аспектов продукции в различные моменты ее жизненного цикла;
- принятия решений в промышленных, государственных или не государственных организациях (например, при стратегическом планировании, определении приоритетов, проектировании продукции или процесса);
- выбора соответствующих показателей экологической эффективности, включая методы измерений;

- маркетинга (например, при заявлении об экологическом иске, связанном с системой экологической маркировки или декларацией об экологической чистоте продукции).

Область применения, границы и степень детализации исследования с помощью МОЖЦ зависят от объекта и предполагаемого использования результатов. Глубина и широта охвата МОЖЦ зависят от цели конкретного исследования.

МОЖЦ - это один из нескольких видов мониторинга для управления окружающей средой (например, оценка риска, оценка экологической эффективности или характеристик экологичности, экологический аудит и оценка воздействий на окружающую среду), и он применим не для всех ситуаций. Как правило, МОЖЦ не касается экономических и социальных аспектов продукции.

Для метода МОЖЦ характерны следующие ограничения:

- характер выбора и допущений, сделанных применительно к МОЖЦ, (например, установление границ системы, выбор источников информации и категории воздействий), может быть субъективным;
  - модели, используемые для инвентаризационного анализа или оценки воздействия на окружающую среду, ограничены соответствующими допущениями и могут быть непригодны для всех потенциальных воздействий;
  - результаты МОЖЦ, сфокусированные на глобальных и региональных проблемах, могут быть непригодны для локальных применений, т.е. локальные условия могут быть неадекватно представлены региональными или глобальными условиями;
  - точность МОЖЦ может быть ограничена степенью доступности не обходимой или отсутствием соответствующей информации, ее качеством, например пропусками, видами имеющейся информации, ее группированием, усреднением, специфичностью для данного местоположения объекта;
- отсутствие пространственных и временных параметров в инвентаризационных данных, используемых для оценки воздействий, вносит неопределенность в результаты воздействий. Эта неопределенность меняется и зависит от пространственных и временных характеристик каждой категории воздействий.

В стандарте ГОСТ Р ИСО 14040 содержатся принципы и структура проведения исследований ОЖЦ, а также некоторые методологические требования к этому процессу. Дополнительная информация содержится в стандартах ИСО 14041, ИСО 14042 и ИСО 14043, относящихся к различным стадиям ОЖЦ.

Основные характерные особенности методологии МОЖЦ следующие:

- исследования, связанные с экологическим мониторингом, должны быть системными и соответствующим образом ориентированы на экологические аспекты производственных систем от получения сырья до утилизации;



- глубина детализации и временные рамки исследования экологическим мониторингом могут в значительной степени изменяться в зависимости от поставленной цели и области применения;
- область применения, допущения, описание качества данных, применяемые методы и получаемые результаты экологического мониторинга, должны быть четкими и прозрачными. В исследованиях с использованием экологического мониторинга должны обсуждаться и документироваться источники данных;
- в зависимости от предполагаемого применения экологического мониторинга следует предусмотреть меры по сохранению конфиденциальности и прав собственности на информацию;
- методология экологического мониторинга должна быть восприимчива для включения в нее новых научных результатов и усовершенствования технологий;
- к исследованиям при помощи экологического мониторинга предъявляют специальные требования, используемые для сравнительного заключения, представляемого общественности;
- научная основа для сведения результатов экологического мониторинга к единственному количественному показателю или числу отсутствует, так как на различных стадиях жизненного цикла анализируемых производственных систем существуют компромиссы и сложности;
- одного единственного метода проведения экологического мониторинга не существует. При практическом внедрении экологического мониторинга организациям следует проявлять гибкость, обусловленную спецификой применения и требованиями пользователя.

Фазы МОЖЦ. В экологический мониторинг оценки жизненного цикла включают определение цели и области применения, инвентаризационный анализ, оценку воздействий и интерпретацию результатов.

## 2 Методологическая структура экологического мониторинга

Цель и область применения экологического мониторинга ОЖЦ должны быть четко определены и согласованы с предполагаемым использованием.

Цель исследования должна однозначно указывать предполагаемое использование, причины выполнения исследования и намеченного адресата, т.е. кому предполагается сообщить результаты исследования.

При определении области применения экологического мониторинга ОЖЦ следует установить:

- функции производственной системы или, в случае сравнительных исследований, функции рассматриваемых систем;
- функциональную единицу;

- исследуемую производственную систему;
- границы производственной системы;
- процедуры распределения (входных, выходных потоков);
- типы воздействия и используемые методологии оценки воздействия, а также последующую интерпретацию;
- требования к данным;
- допущения;
- ограничения;
- требования к качеству первичных данных;
- вид критического пересмотра, если таковой имеется;
- вид и форму отчета, требуемого для исследования.

Область применения экологического мониторинга ОЖЦ должна четко устанавливать функции исследуемой системы. Функциональная единица является мерой характеристик функциональных выходных потоков производственной системы. Главной целью функциональной единицы является обеспечение эталона измерений входных и выходных потоков. Эта единица необходима для того, чтобы предусмотреть сопоставимость результатов экологического мониторинга ОЖЦ. Сопоставимость результатов экологического мониторинга ОЖЦ особенно важна, чтобы гарантировать наличие общей основы для сравнения различных систем.

Требования к качеству данных определяются характеристиками данных, необходимых для экологического мониторинга. Эти требования должны способствовать соответственно, целям и области применения экологического мониторинга ОЖЦ. Требования к качеству данных должны включать:

- охватываемый период времени;
- географические условия;
- технологические факторы;
- правильность, полноту и представительность данных;
- согласованность и воспроизводимость методов, используемых при экологическом мониторинге ОЖЦ;
- источники данных и их представительность;
- степень неопределенности информации.

Там, где экологический мониторинг используют для сравнительного заключения, утверждения, представляемого общественности, следует обратиться к упомянутым выше требованиям к качеству данных.

Для сравнительного заключения экологического мониторинга,

представляемого общественности, оценивание систем должно проводиться в соответствии с процессом критического пересмотра. Другим требованием к сравнительному заключению экологического мониторинга является проведение оценки воздействий.

### 2.3 Инвентаризационный анализ мониторинга жизненного цикла

Инвентаризационный анализ включает в себя процедуры сбора и расчета данных с целью количественного определения соответствующих входных и выходных потоков данных производственной системы. Входные и выходные потоки могут включать в себя использование ресурсов, выбросы в атмосферу, сбросы в воду и землю, связанные с системой.

В зависимости от целей и области применения экологического мониторинга ОЖЦ эти данные можно использовать для интерпретаций результатов. Эти данные также являются исходными для оценки воздействия на протяжении жизненного цикла.

Данные качественного и количественного характера для включения и инвентаризационный анализ должны быть собраны для каждого единичного процесса, входящего в границы системы.

Сбор данных может быть ресурсоемким процессом. В области применения следует рассмотреть практические ограничения на сбор данных и документировать их в отчете об экологическом мониторинге.

Некоторые особенности расчетов:

- процедуры распределения необходимы, когда имеют дело с системами, включающими многокомпонентную продукцию (например, многокомпонентные продукты переработки строительных материалов). Потоки материала и энергии, а также связанные с ними выбросы в окружающую среду должны быть привязаны к различным компонентам продукции в соответствии с четко изложенными процедурами, которые должны быть документированы и обоснованы;
- при расчете потока энергии следует принять во внимание различные используемые источники топлива и энергии, коэффициент эффективности преобразования и распределение потока энергии, входные и выходные потоки, связанные с производством и использованием этого потока энергии.

Оценка воздействия на протяжении жизненного цикла.

Фаза экологического мониторинга оценки воздействий при проведении ОЖЦ направлена на оценивание значимости потенциальных воздействий на окружающую среду по результатам инвентаризационного анализа жизненного цикла. В широком смысле этот процесс включает в себя увязывание между собой инвентаризационных данных с конкретными воздействиями на окружающую среду и попытку осмыслить эти воздействия. Уровень детализации, выбор оцениваемых воздействий и применяемые методологии зависят от цели и области применения экологического мониторинга. Эта оценка может включать в себя итерационный процесс пересмотра цели и области

применения экологического мониторинга ОЖЦ, с тем чтобы определить, достигнуты ли цели экологического мониторинга, или следует изменить цель и область применения, если оценка показывает, что они не могут быть достигнуты.

Фаза оценки воздействия может включать следующие элементы:

- привязку инвентаризационных данных к категориям воздействий (классификация);
- моделирование инвентаризационных данных в рамках категорий воздействий (определение характеристик);
- возможное агрегирование результатов в конкретных случаях, если это существенно (определение взвешиванием).

#### 4 Интерпретация мониторинга жизненного цикла

Интерпретация является фазой МОЖЦ, на которой увязывают результаты анализа инвентаризационных данных и оценки воздействий или для получения выводов и рекомендаций увязывают только результаты анализа инвентаризационных данных согласно поставленной цели и области применения.

Результаты этой интерпретации должны быть в форме выводов и рекомендаций для лиц, принимающих решения, согласно цели и области применения экологического мониторинга.

Результаты интерпретации должны отражать результаты проведенного «анализа чувствительности».

#### Отчетность

Результаты МОЖЦ должны быть беспристрастно, полностью и точно сообщены потребителю. Вид и форма отчета должны быть определены при формулировании области применения экологического мониторинга.

Результаты, данные, методы, допущения и ограничения должны быть, прозрачными и представленными достаточно подробно, чтобы потребитель понял сложности и компромиссы, заложенные в экологическом мониторинге ОЖЦ. Отчет должен также позволить использовать результаты и интерпретацию их таким образом, который согласуется с целями экологического мониторинга.

Если результаты МОЖЦ должны быть сообщены третьей (заинтересованной) стороне, не являющейся уполномоченным лицом или исполнителем, принимающим участие в экологическом мониторинге, независимо от формы коммуникаций, должен быть подготовлен отчет справочного характера для третьей стороны, с которой существуют коммуникации.

Отчет должен охватывать:

- а) Общие аспекты:
  - 1) уполномоченное лицо по МОЖЦ, исполнитель МОЖЦ (внутренний

или внешний);

- 2) дату подготовки отчета;
  - 3) заявление о том, что исследование было проведено в соответствии с требованиями конкретного стандарта.
- б) Определение цели и области применения;
- в) Инвентаризационный анализ жизненного цикла: процедуры сбора и расчета данных;
- г) Оценку воздействий на протяжении жизненного цикла (методологию и результаты проведенной оценки воздействия);
- д) Интерпретацию жизненного цикла:
- 1) результаты экологического мониторинга;
  - 2) допущения и ограничения, связанные с интерпретацией результатов, и относящиеся к ним методология и данные экологического мониторинга;
  - 3) оценку качества данных.
- е) Критический обзор:
- 1) имя и статус лиц, выполняющих обзор;
  - 2) отчеты о критическом обзоре;
  - 3) ответы на рекомендации.

Для сравнительного заключения в отчете должны быть рассмотрены следующие вопросы:

- анализ потоков материалов и энергии с обоснованием для их включения или исключения (из анализа);
- оценка правильности, полноты и представительности использованных данных;
- описание эквивалентности сравниваемых систем;
- описание процесса критического обзора.

Критический обзор (экспертиза)

Процесс критического обзора должен гарантировать, что:

- методы, использованные для проведения МОЖЦ, согласуются с конкретным стандартом;
- методы, использованные для проведения МОЖЦ, научно и технически обоснованы;

- использованные данные адекватно соответствуют цели экологического мониторинга;
- интерпретации отражают выявленные ограничения и цель экологического мониторинга;
- отчет об экологическом мониторинге прозрачен и отвечает своему назначению.

Область применения и вид требуемого критического обзора должны быть определены при формулировке области применения экологического мониторинга ОЖЦ.

Критический обзор должен способствовать пониманию и усилению доверия к экологическому мониторингу ОЖЦ, например, при вовлечении заинтересованных сторон.

Использование результатов МОЖЦ для сравнительных заключений вызывает некоторые вопросы и требует критического обзора (экспертизы), поскольку это применение по всей вероятности затронет заинтересованные стороны, являющиеся внешними по отношению к исследованию МОЖЦ. Для того, чтобы снизить вероятность непонимания или негативных влияний на внешние заинтересованные стороны, критические обзоры по экологическому мониторингу ОЖЦ должны проводиться тогда, когда результаты используются в поддержку сравнительных заключений.

Однако сам факт проведения критического обзора никоим образом не должен трактоваться как поддержка того или иного сравнительного заключения, основанного на экологическом мониторинге ОЖЦ.

Если экологический мониторинг ОЖЦ подвергается критическому обзору (экспертизе), следует определить область применения такого обзора. В области применения обзора следует указать, почему предпринимается обзор, какой уровень детализации он будет охватывать и кто должен принять участие в процессе критического обзора.

При необходимости следует указать на договоренности о сохранении конфиденциальности содержания экологического мониторинга ОЖЦ.

Критический обзор может быть выполнен внутри организации. В этом случае его выполняет внутренний эксперт, не зависимый от экологического мониторинга ОЖЦ. Этот эксперт должен быть знаком с требованиями экологического мониторинга и обладать необходимым научным и техническим опытом.

Заключение обзора готовит лицо, проводящее экологический мониторинг ОЖЦ, и затем внутренний независимый эксперт проводит его экспертизу. Заключение обзора целиком может также подготовить внутренний независимый эксперт.

Заключительная часть обзора должна быть включена в отчет об экологическом мониторинге ОЖЦ.

Уполномоченное лицо по исследованию выбирает внешнего независимого эксперта в качестве председателя комиссии по обзору. На основе целей, области применения и финансовых ресурсов, выделенных на проведение обзора, руководитель выбирает других независимых квалифицированных специалистов для участия в обзоре.

В состав комиссии могут войти другие заинтересованные стороны, например правительственные органы, негосударственные группы или конкуренты.

Заключение обзора и отчет комиссии вместе с замечаниями эксперта и любыми ответами на рекомендации лиц, проводящих обзор, или членов комиссии, должны быть включены в отчет об экологическом мониторинге ОЖЦ.

## 2.5 Оценивание эффективности систем экологического мониторинга

В соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО 14031-2001 - Оценивание экологической эффективности (ОЭЭ) - внутренний процесс и инструмент управления, предназначенный для обеспечения руководства достоверной и подтверждаемой текущей проверкой информацией, позволяющей определить, соответствует ли экологическая эффективность организации экологического мониторинга совокупности критериев, заданных руководством организации.

Организации, имеющие систему экологического мониторинга, оценивают соответствие своей экологической эффективности политике, целям, плановым показателям и другим критериям экологической эффективности.

Если организация не имеет такой системы, ОЭЭ позволяет:

- идентифицировать экологические аспекты;
- оценить, какие аспекты являются для нее наиболее важными;
- задать критерии экологической эффективности;
- оценить соответствие своей экологической эффективности этим критериям.

Оценивание экологической эффективности (ОЭЭ) - внутренний процесс управления, использующий показатели, предоставляющие информацию, позволяющую сравнить прошлую и настоящую экологическую эффективность организации с критериями этой эффективности. ОЭЭ осуществляют по следующей модели управления: «Планирование - Выполнение - Проверка - Действие». Ниже перечислены стадии этого процесса.

### а) Планирование

- 1) планирование ОЭЭ;
- 2) выбор показателей для ОЭЭ (выбор из числа существующих показателей и разработка новых показателей).

### б) Выполнение

- 1) сбор данных, относящихся к выбранным показателям;
- 2) анализ и преобразование данных в информацию, описывающую экологическую эффективность организации;
- 3) оценка информации, описывающей экологическую эффективность организации в сравнении с критериями экологической эффективности организации;

- 4) подготовка отчета и передача информации, описывающей экологическую эффективность организации.
- в) Проверка и действие
- 1) рассмотрение и совершенствование ОЭЭ.
- 2) Оценивание экологической эффективности по стандарту ГОСТ Р ИСО 14031-2001.

Показатели ОЭЭ подразделяют на две категории:

- показатели экологической эффективности (ПЭЭ);
- показатели состояния окружающей среды (ПСОС).

ПЭЭ подразделяют на два типа:

- показатели эффективности управления (ПЭУ), обеспечивающие информацию об усилиях, предпринимаемых руководством с целью воздействия на экологическую эффективность организации;
- показатели эффективности функционирования (ПЭФ), обеспечивающие информацию об экологической эффективности функционирования организации.

ПСОС дают представление о фактическом или потенциальном воздействии на окружающую среду экологических аспектов деятельности и тем самым способствуют планированию и внедрению ОЭЭ.



## 2.4 Лабораторная работа №4 ( 2 часа).

### Тема: «Расчет и графическое представление потенциального территориального и социального рисков»

2.4.1 Цель работы: научиться рассчитывать и наносить на карту потенциальный территориальный риск возникновения аварии на ОПО, а также строить F/N диаграммы

#### 2.4.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Получить задание у преподавателя либо использовать собственные исходные данные для выбранного объекта экономики.
3. Выполнить необходимые расчеты риска и выполнить их графическое представление .
4. Оформить отчет, сформулировать соответствующие выводы .

#### 2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Федеральный закон РФ от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

Федеральный закон от 21.12.1994 года № 69-ФЗ "О пожарной безопасности"

Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ

"О техническом регулировании" Федеральный закон от 8 августа 2001 г. N 128-ФЗ

"О лицензировании отдельных видов деятельности"

Федеральный закон от 22 августа 1995 г. N 151-ФЗ

"Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей"

Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. N 68-ФЗ

"О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера"

#### 2.4.4 Описание (ход) работы:

Требования и этапы расчета потенциального территориального и социального рисков приведены в ГОСТ Р 12.3.047-98 Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. Приложения Э и Ю.

Оценку риска проводят на основе построения логической схемы, в которой учитывают различные иницирующие события и возможные варианты их развития.

Рассчитывают вероятности  $Q(A_i)$  реализации каждого из рассматриваемых вариантов логической схемы. Для этого используют следующие соотношения:

$$Q(A_1) = Q_{ав} * Q_{мг} * Q_{ф} * Q_{о.ш} \dots \dots \dots (Э.1)$$

где  $Q_{ав}$  — вероятность аварийного выброса горючего вещества (разгерметизация установки, резервуара, трубопровода);

$Q_{мг}$  — вероятность мгновенного воспламенения истекающего продукта;

$Q_{\text{ф}}$  — вероятность факельного горения струи истекающего продукта;

$Q_{\text{о.ш}}$  — вероятность разрушения близлежащего резервуара под воздействием «огненного шара»;

$$Q_{\text{о.ш}} = \tilde{I} Q_{\text{о.ш}}.$$

$$Q(A2) = Q_{\text{ав}} Q_{\text{мг}} Q_{\text{ф}} Q_{\text{о.ш}}, \quad (\text{Э.2})$$

$$Q(A3) = Q_{\text{ав}} Q_{\text{мг}} Q_{\text{о.ш}}. \quad (\text{Э.3})$$

где  $Q_{\text{о.ш}}$  — вероятность разрушения резервуара с образованием «огненного шара».

$$Q(A4) = Q_{\text{ав}} Q_{\text{мг}} P_3, \quad (\text{Э.4})$$

где  $Q_{\text{мг}}$  — вероятность того, что мгновенного воспламенения истекающего продукта не произойдет;

$P_3$  — вероятность того, что средства предотвращения пожара задачу выполнили, либо произошло рассеяние облака парогазовоздушной смеси.

$$Q(A5) = Q_{\text{ав}} Q_{\text{мг}} P_3 Q_{\text{в.п}} Q_{\text{о.ш}}, \quad (\text{Э.5}) \text{ где вероятность невыполнения задачи средствами предотвращения пожара; } z \text{ з } P_1 \tilde{P}$$

где  $\bar{P}_3 = 1 - P_3$  — вероятность невыполнения задачи средствами предотвращения пожара;

$Q_{в.п}$  — вероятность воспламенения пролива.

$$Q(A_6) = Q_{ав} \bar{Q}_{мг} \bar{P}_3 Q_{в.п} Q_{о.ш}, \quad (Э.6)$$

$$Q(A_7) = Q_{ав} \bar{Q}_{мг} \bar{P}_3 \bar{Q}_{в.п} Q_{с.о} \bar{Q}_{о.ш}, \quad (Э.7)$$

где  $\bar{Q}_{в.п} = 1 - Q_{в.п}$ ;

$Q_{с.о}$  — вероятность воспламенения облака паровоздушной смеси.

$$Q(A_8) = \bar{Q}_{ав} \bar{Q}_{мг} \bar{P}_3 Q_{в.п} Q_{с.о} Q_{о.ш}, \quad (Э.8)$$

$$Q(A_9) = \bar{Q}_{ав} \bar{Q}_{мг} \bar{P}_3 Q_{в.п} \bar{Q}_{с.д} Q_{о.ш} \quad (Э.9)$$

где  $Q_{с.д} = 1 - Q_{с.о}$  — вероятность сгорания облака паровоздушной смеси, с развитием избыточного давления.

$$Q(A_{10}) = \bar{Q}_{ав} \bar{Q}_{мг} \bar{P}_3 Q_{в.п} Q_{с.д} Q_{о.ш} \quad (Э.10)$$

Символы  $A_1 — A_{10}$  обозначают:

$A_1$  — мгновенное воспламенение истекающего продукта с последующим факельным горением;

$A_2$  — факельное горение, тепловое воздействие факела приводит к разрушению близлежащего резервуара и образованию «огненного шара»;

$A_3$  — мгновенный выброс продукта с образованием «огненного шара»;

$A_4$  — мгновенного воспламенения не произошло, авария локализована благодаря эффективным мерам по предотвращению пожара либо в связи с рассеянием парового облака;

$A_5$  — мгновенной вспышки не произошло, меры по предотвращению пожара успеха не имели, возгорание пролива;

$A_7$  — сгорание облака парогазовоздушной смеси;

$A_9$  — сгорание облака с развитием избыточного давления в открытом пространстве;

$A_6, A_8, A_{10}$  — разрушение близлежащего резервуара под воздействием избыточного давления или тепла при горении пролива или образовании «огненного шара».

Оценку вероятностных параметров, входящих в формулы (Э.1) — (Э.10), проводят следующим образом.

Вероятность  $Q_{ав}$  разгерметизации установки (трубопровода, резервуара) и выброса горючего вещества в течение года определяют исходя из статистических данных об авариях по формуле

$$Q_{ав} = \frac{N_{ав}}{N_{уст} T}. \quad (Э.11)$$

где  $N_{ав}$  — общее число аварийных выбросов горючего продукта на установках данного типа;

$N_{уст}$  — число наблюдаемых единиц установок;

$T$  — период наблюдения, лет.

Вероятность мгновенного возгорания истекающего продукта  $Q_{\text{мг}}$  рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{мг}} = \frac{N_{\text{мг}}}{N_{\text{а.в}}}, \quad (\text{Э.12})$$

где  $N_{\text{мг}}$  — число случаев мгновенного воспламенения истекающего продукта при его аварийных выбросах.

При отсутствии необходимых статистических данных допускается принимать:

$$Q_{\text{мг}} = 0,05; \bar{Q}_{\text{мг}} = 0,95. \quad (\text{Э.13})$$

Вероятность возникновения факельного горения  $Q_{\text{ф}}$  рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{ф}} = \frac{N_{\text{ф}}}{N_{\text{мг}}}, \quad (\text{Э.14})$$

где  $N_{\text{ф}}$  — число случаев факельного горения истекающего продукта на установках данного типа.

Вероятность возникновения «огненного шара» при разрушении близлежащего резервуара под воздействием пожара (избыточного давления)  $Q_{\text{о.ш}}$  рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{о.ш}} = 1 - R_{\text{бл}} R_{\text{п.а}} R_{\text{оп}} [1 - (1 - R_{\text{ор}})(1 - R_{\text{т.п}})], \quad (\text{Э.15})$$

где  $R_{\text{п.а}}$  — техническая надежность предохранительной арматуры резервуаров, принимают:

$$R_{\text{п.а}} = \begin{cases} 0,95 - \text{если установлены системы аварийного сброса продукта} \\ \quad \text{с требуемой производительностью,} \\ 0 - \text{если системы аварийного сброса отсутствуют;} \end{cases}$$

$R_{\text{бл}}$  — техническая надежность систем блокирования процессов подачи и переработки продукта при аварии, принимается:

$$R_{\text{бл}} = \begin{cases} 0,95 - \text{если системы блокирования установлены,} \\ 0 - \text{если системы блокирования отсутствуют;} \end{cases}$$

$R_{\text{т.п}}$  — вероятность эффективной защиты поверхности установки с помощью теплоизолирующих покрытий:

$$R_{\text{т.п}} = \begin{cases} 0,95 - \text{при наличии теплоизолирующего покрытия,} \\ 0 - \text{при отсутствии теплоизолирующего покрытия;} \end{cases}$$

$R_{\text{ор}}$  — вероятность эффективной работы систем орошения установок (резервуаров):

$$R_{\text{ор}} = \begin{cases} 0,95 - \text{при наличии системы орошения,} \\ 0 - \text{при отсутствии системы орошения;} \end{cases}$$

$R_{\text{оп}}$  — вероятность успеха выполнения задачи оперативными подразделениями пожарной охраны, прибывающими к месту аварии, рассчитывают по формуле

$$R_{\text{оп}} = P_{\text{у.п.с}} P(t_{\text{пр}} \leq t_p) + \bar{P}_{\text{у.п.с}} P'(t_{\text{пр}} \leq t_p), \quad (\text{Э.16})$$

где  $P_{\text{у.п.с}}$  — вероятность выполнения задачи установками пожарной сигнализации;

$$\bar{P}_{у.п.с} = 1 - P_{у.п.с};$$

$P_{пр}$  — вероятность вызова персоналом аварийных подразделений:

$$P_{пр} = \begin{cases} 0,33 - \text{при односменном режиме работы,} \\ 0,67 - \text{при двухсменном режиме работы,} \\ 0 - \text{при трехсменном режиме работы;} \end{cases}$$

$t_p$  — расчетное время воздействия опасных факторов пожара на близлежащий резервуар до его разрушения, мин;

$t_{пр}$  — время прибытия оперативных подразделений к месту пожара, мин;

$P(t_{пр} \leq t_p)$  — вероятность прибытия оперативных подразделений пожарной охраны за время, меньшее расчетного времени разрушения близлежащего резервуара.

Вероятность  $P_3$  предотвращения пожара благодаря эффективным противопожарным мероприятиям или по погодным условиям рассчитывают по формуле

$$P_3 = \frac{N_{н.в}}{N_{а.в} - N_{мг}}, \quad (\text{Э.17})$$

где  $N_{н.в}$  — число аварий, при которых не произошло воспламенения горючих веществ.

Вероятность  $Q_{в.п}$  воспламенения пролива горючих веществ, образовавшегося в результате аварии с разгерметизацией установки, рассчитывают по формуле

$$Q_{в.п} = \frac{N_{в.п}}{N_{а.в} - N_{мг} - N_{н.в}}, \quad (\text{Э.18})$$

где  $N_{в.п}$  — число случаев воспламенения пролива при авариях на установках данного типа.

Вероятность  $Q_{с.о}$  о сгорания облака паровоздушной смеси, образовавшейся в результате выброса и последующего испарения горючих веществ, рассчитывают по формуле (Э.19)

где  $N_{с.о}$  — число случаев сгорания облака при авариях на установках данного типа.

Вероятность  $Q_{с.д}$  сгорания паровоздушной смеси с развитием избыточного давления рассчитывают по формуле

$$Q_{с.д} = \frac{N_{с.д}}{N_{а.в} - N_{мг} - N_{н.в} - N_{в.п}}, \quad (\text{Э.20})'$$

где  $N_{с.д}$  — число случаев сгорания паровоздушной смеси с развитием избыточного давления при авариях на установках данного типа.

Если статистические данные, необходимые для расчета вероятностных параметров, входящих в формулы (Э.1) — (Э.10), отсутствуют, вероятность реализации различных сценариев аварии рассчитывают по формуле

$$Q(A_i) = Q_{ав} Q(A_i)_{ст}, \quad (Э.21)$$

где  $Q(A_i)_{ст}$  — статистическая вероятность развития аварии по  $i$ -й ветви логической схемы. Для СУГ,  $Q(A_i)_{ст}$  определяют по табл. Э.1.

**Таблица Э.1**  
**Статистические вероятности различных сценариев развития аварии с выбросом СУГ**

Сценарий	Вероятно	Сценарий аварии	Вероятн
Факел	0,0574	Сгорание	с развитием избыточного давления 0,0119 0,0292
Огненный шар	0,7039		
Горение пролива	0,0287		

Для каждого варианта логической схемы проводят расчеты поражающих факторов (интенсивность теплового излучения, длительность его воздействия, избыточное давление и импульс волны давления) с помощью методов, приведенных в приложениях В, Д, Е. Вычисления проводят для заданных расстояний от места инициирования аварии. Количество вещества, принимающего участие в создании поражающих факторов, оценивают в соответствии с расчетным вариантом аварии.

Условная вероятность  $Q_{пi}$  поражения человека избыточным давлением, развиваемым при сгорании газопаровоздушных смесей, на расстоянии  $r$  от эпицентра рассчитывают следующим образом:

- вычисляются избыточное давление  $\Delta p$  и импульс  $i$  по методам, описанным в приложении Е;

- исходя из значений  $\Delta p$  и  $i$ , вычисляют значение «пробит» — функции  $P_r$  по формуле

$$P_r = 5 - 0,26 \ln(V), \quad (Э.22)$$

$$\text{где } V = \left( \frac{17500}{\Delta p} \right)^{8,4} + \left( \frac{290}{i} \right)^{9,3} \quad (Э.23)$$

$\Delta p$  — избыточное давление. Па;

$i$  — импульс волны давления. Па · с;

- с помощью соответствующей таблицы определяют условную вероятность поражения человека.

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением определяется следующим образом:

а) рассчитываются  $P_r$  по формуле

$$P_r = -14,9 + 2,56 \ln(t q^{1,33}), \quad (Э.24)$$

где  $t$  — эффективное время экспозиции, с;

$q$  — интенсивность теплового излучения, кВт/м<sup>2</sup>.

$t$  определяют:



1) для пожаров проливов ЛВЖ, ГЖ и твердых материалов

$$t = t_0 + x/v, \quad (\text{Э.25})$$

где  $t_0$  — характерное время обнаружения пожара, с (допускается принимать  $t = 5$  с);

$x$  — расстояние от места расположения человека до зоны (интенсивность теплового излучения не превышает  $4 \text{ кВт/м}^2$ ), м;

$v$  — скорость движения человека, м/с (допускается принимать  $v = 5$  с);

2) для воздействия «огненного шара» — в соответствии с приложением Д;

б) с помощью таблицы Э.2 определяют условную вероятность  $Q_{\pi i}$  поражения человека тепловым излучением.

Э.8 Индивидуальный риск  $R$ ,  $\text{год}^{-1}$ , определяют по формуле

$$R = \sum_{i=1}^n Q_{\pi i} Q(A_i), \quad (\text{Э.26})$$

где  $Q_{\pi i}$  — условная вероятность поражения человека при реализации  $i$ -й ветви логической схемы;

$Q(A_i)$  — вероятность реализации в течение года  $i$ -й ветви логической схемы,  $\text{год}^{-1}$ ;

$n$  — число ветвей логической схемы.

**Пример** — Расчет индивидуального риска при выбросе пропана из шарового резервуара.

Данные для расчета

Резервуар расположен на территории резервуарного парка склада сжиженных газов и имеет объем  $600 \text{ м}^3$ . Температура  $20^\circ\text{C}$ . Плотность сжиженного пропана  $530 \text{ кг/м}^3$ . Степень заполнения резервуара 80 % (по объему). Удельная теплота сгорания пропана  $4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$ . Расстояние от резервуара до человека, для которого определяют индивидуальный риск, составляет 500 м. Анализ статистики аварий показал, что вероятность выброса пропана из резервуара составляет  $1 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ .

Расчет

Выполним оценку вероятности развития аварии по таблице Э.1 и формуле (Э.21).

Вероятность сгорания паровоздушной смеси в открытом пространстве с образованием волны избыточного давления ( $A_9$ )

$$Q_{\text{с.д}} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0119 = 1,19 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Вероятность образования «огненного шара» ( $A_3$ ):

$$Q_{\text{о.ш}} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7039 = 7,039 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}.$$

Вероятность воспламенения пролива ( $A_5$ ):

$$Q_{\text{в.п}} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0287 = 2,87 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Вероятности развития аварии в остальных случаях принимают

равными 0.

Определяем значения поражающих факторов с помощью методов, приведенных в приложениях В, Д, Е.

Согласно расчетам, выполненным в контрольных примерах приложений Д, Е, избыточное давление  $\Delta p$  и импульс  $i$  волны давления, интенсивность теплового излучения от «огненного шара»  $q_{o.ш}$  и время его существования  $t_s$  на расстоянии 500 м составляют

$$\Delta p = 16,2 \text{ кПа}, i = 1000 \text{ Па} \cdot \text{с}; q_{o.ш} = 12,9 \text{ кВт/м}^2, t_s = 40 \text{ с}.$$

В соответствии с приложением В значение интенсивности теплового излучения от пожара пролива пропана на расстоянии 500 м составляет

$$q_{п} = 0,7 \text{ кВт/м}^2.$$

Для приведенных значений поражающих факторов по формулам (Э.22) и (Э.24) определяем значения «пробит» — функции  $P$ , которые соответственно составляют

$$P_r^{c.д} = 4,83; P_r^{o.ш} = 3,28; P_r^{п} = 0.$$

Для указанных значений «пробит» — функции по соответствующей таблице условная вероятность поражения человека поражающими факторами равна:

$$Q_{п}^{c.д} = 0,43; Q_{п}^{o.ш} = 0,04; Q_{п}^{п} = 0.$$

По формуле (Э.26) определяем индивидуальный риск:

$$R = 4,3 \cdot 10^{-1} \cdot 1,19 \cdot 10^{-5} + 4,0 \cdot 10^{-2} \cdot 7,039 \cdot 10^{-4} = 3,3 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Наносим на карту зону, ограниченную этим уровнем риска, таким образом, представляем потенциальный территориальный риск.

#### *Оценка социального риска для наружных технологических установок*

Настоящий метод применим для расчета социального риска на наружных технологических установках при возникновении таких поражающих факторов, как избыточное давление, развиваемое при сгорании газопаровоздушных смесей, и интенсивность теплового излучения.

Оценку риска проводят на основе построения логической схемы, в которой учитываются различные инициирующие события и возможные варианты их развития. Пример построения логической схемы приведен в предыдущем разделе.

Рассчитывают вероятности  $Q(A_i)$  реализации каждой из рассматриваемых ветвей логической схемы. Для этого используют соотношения (Э.1) — (Э.10), приведенные в разделах Э.3 и Э.4 приложения Э.

Если статистические данные, необходимые для расчета вероятностных параметров, входящих в формулы (Э.1) — (Э.10), отсутствуют, то вероятность реализации различных сценариев



аварии определяют в соответствии с Э.4.9.

Для каждой ветви логической схемы проводят расчеты значений поражающих факторов (интенсивность теплового излучения, длительность его воздействия, избыточное давление и импульс волны давления). Вычисления проводят для заданных расстояний от места инициирования аварии. Количество вещества, принимающего участие в создании поражающих факторов, оценивают в соответствии с расчетным вариантом аварии.

Определяют условные вероятности  $Q_{pi}$  поражения человека на различных расстояниях  $r_i$ -й от наружной установки при реализации  $i$ -й ветви логической схемы. Строят графические зависимости  $Q_{pi} = f(r)$ . На генеральном плане предприятия вокруг наружной установки строят зоны поражения, и для каждой из этих зон определяют:

- средние (по зоне) условные вероятности  $Q_{pi,j}$ , поражения человека ( $j$  — номер зоны);
- среднее число и. людей, постоянно находящихся в  $j$ -й зоне.

Вычисляют ожидаемое число  $N_i$  погибших людей при реализации  $i$ -й ветви логической схемы по формуле

$$N_i = \sum_{j=1}^k Q_{pi,j} n_j, \quad (\text{Ю.1})$$

где  $k$  — число рассматриваемых зон поражения, выбираемое исходя из того, что вне  $k$ -й зоны все значения

$Q_{pi,k} \leq 1 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$ , а в  $k$ -й зоне хотя бы одно из значений  $Q_{pi,k} > 1 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$ .

Социальный риск  $S$  рассчитывают по формуле

$$S = \sum_{i=1}^l Q(A_i) \quad (\text{Ю.2})$$

где  $l$  — число ветвей логической схемы, для которых  $N_i \geq N_0$  ( $N_0$  — ожидаемое число погибших людей, для которого оценивается социальный риск. Допускается принимать  $N_0 = 10$ ).

Если для всех ветвей логической схемы выполняется условие  $N_i < N_0$ , то рассматривают попарные сочетания ветвей логической схемы (реализация в течение года двух ветвей логической схемы), для которых выполняется условие:

$$N_{i_1,i_2} = N_{i_1} + N_{i_2} \geq N_0 \quad (\text{Ю.3})$$

При этом  $S_r$  рассчитывают по формуле

$$S_r = \sum_{i_1,i_2} Q(A_{i_1}) Q(A_{i_2}), \quad (\text{Ю.4})$$

где  $Q(A_{i_1}) Q(A_{i_2})$  — вероятности реализации ветвей  $i_1$  и  $i_2$  дерева событий соответственно. В данной формуле суммирование проводят по всем парам ветвей логической схемы, для которых выполняется

условие (Ю.3).

Если ни для одной пары ветвей логической схемы условие (Ю.3) не выполняется, то  $S_r$  принимают равным 0.

*Пример* — Расчет социального риска при выбросе пропана из шарового резервуара  
Данные для расчета

Резервуар расположен на территории резервуарного парка склада сжиженных газов и имеет объем 600 м<sup>3</sup> (рисунок Ю.1). Температура 20 °С. Плотность сжиженного пропана 530 кг/м<sup>3</sup>. Степень заполнения резервуара 80 % (по объему). Удельная теплота сгорания пропана  $4,6 \cdot 10^7$  Дж/кг. Численность персонала, обслуживающего склад, — 15 чел. Режим работы — трехсменный. С одной стороны склада от его внешней границы расположена территория садово- дачных участков с плотностью заселения 200 чел/км<sup>2</sup>. Далее находится жилая зона с плотностью заселения 2000 чел/км<sup>2</sup> (рисунок Ю.1). Анализ статистики аварий показал, что вероятность выброса пропана из резервуара составляет  $1 \cdot 10^{-3}$  год<sup>-1</sup>.

*Расчет*

Согласно расчетам, выполненным в контрольном примере приложения Э, вероятности сгорания паровоздушной смеси с образованием волны давления, образования «огненного шара» и воспламенения пролива соответственно составляют

$Q_{с.д} = 1,19 \cdot 10^{-5}$  год<sup>-1</sup>;  $Q_{о.ш} = 7,039 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>;  $Q_{в.п} = 2,87 \cdot 10^{-5}$  год<sup>-1</sup>.

Вероятности развития аварии по остальным вариантам принимают равными 0.

Рассчитываем значения поражающих факторов, соответствующих рассматриваемым вариантам логической схемы, и значения условных вероятностей поражения человека  $p_i Q$  (согласно приложению Э) на различных расстояниях от аварийного резервуара.

Выбираем расстояния от 100 до 1000 м через каждые 100 м.

Вычисленные значения  $p_i Q$  наносим на график (рисунок Ю.2).

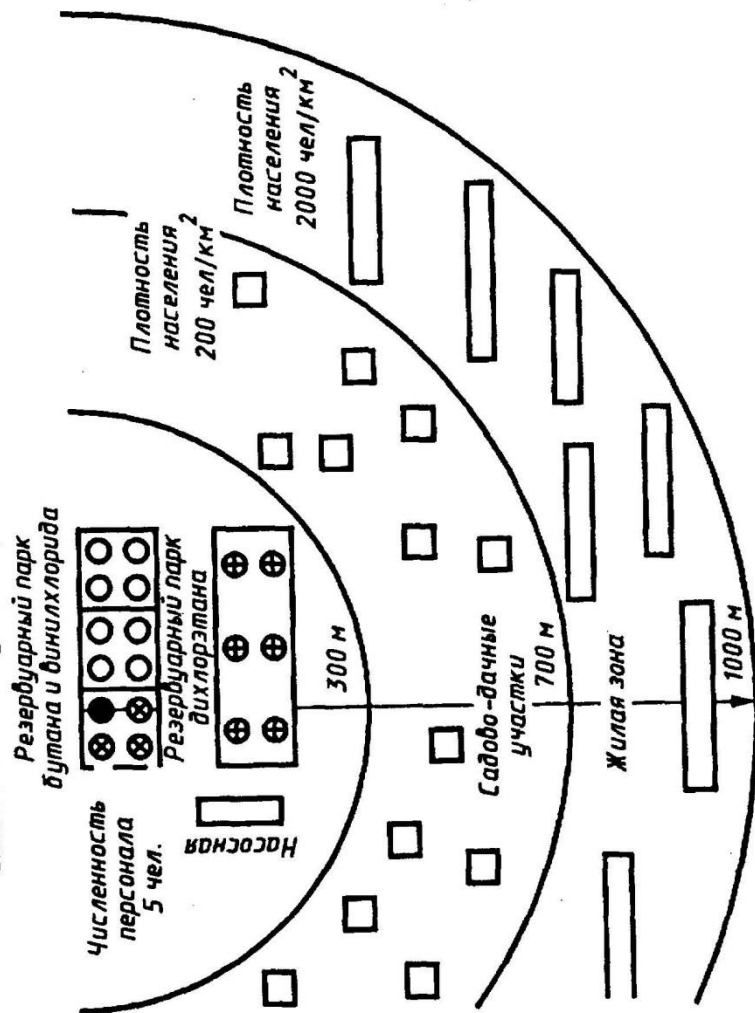
Производим деление территории на зоны поражения.

Целесообразно провести деление на три зоны — А, Б, В, а именно:

- зона А — территория склада (количество человек, постоянно пребывающих в зоне А, —  $n_A = 15/3 = 5$  человек);

- зона Б — территория, занимаемая садово-дачными участками [количество человек, постоянно пребывающих в зоне Б, —  $n_B = \rho_B S$ , ( $\rho_B$  — плотность заселения,  $S$  — площадь, занимаемая садово-дачными участками)];

# Склад сжиженных углеводородных газов



- ⊗ - бутан;
- - динилхлорид;
- ⊕ - дихлорэтан;
- - аварийный резервуар

Рисунок 1 — Схема территории склада и прилегающей к нему местности

зона В — территория, занимаемая жилой зоной (количество человек, постоянно пребывающих в зоне В, —  $nB = \square B S$ , ( $\square B$  — плотность заселения,  $S$  — площадь жилой зоны,  $nB$ ,  $nB$  — приведены в табл. 1)].

Таблица 1

Результаты вычислений, необходимые для определения социального риска

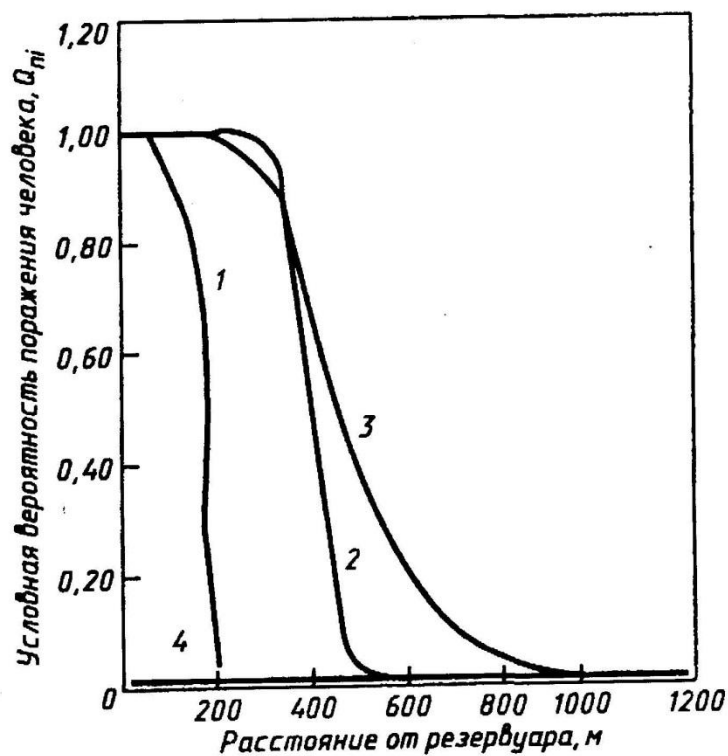
Зона		Расстояние от резервуара, м		Число человек в зоне		Условные вероятности поражения человека (средние по зонам)		Ожидаемое число погибших человек	
		·102 д с пQ.	·102 ш о пQ.	ппQ	Нс.д	Но.ш		Nп	
А	I	300	5	92	97	0	5	5	0
Б	II	400	22	81	83	0	18	18	0
	III	500	28	51	19	0	14	5	0
	IV	600	34	28	1	0	10	0	0
	V	700	40	14	0	0	6	0	0
В	VI	800	480	7	0	0	34	0	0
	VII	900	534	3	0	0	16	0	0
	VIII	1000	596	2	0	0	12	0	0

Для большей точности расчета разделяем территорию зон Б и В на подзоны (с II по VIII), следующие одна за другой через каждые 100 м (рис. 2), и определяем число людей  $nB$ ,  $nB$ , постоянно пребывающих в этих подзонах (табл.1).

С помощью графика (рис.2) и формулы (Ю.1) определяем средние по подзонам I—VIII условные вероятности поражения человека (с д Qп. , о ш Qп. , п пQ ) и ожидаемое число погибших людей  $Ni$  при реализации соответствующих вариантов логической схемы (для подзоны I определение проводят по внешней границе зоны). Результаты определения приведены в таблице 1.

На основании полученных результатов и с помощью формулы (Ю.2) определяем социальный риск

$$S = 1,19 \cdot 10^{-5} + 7,039 \cdot 10^{-4} = 7,2 \cdot 10^{-4} .$$



1 — пожар пролива; 2 — «огненный шар»; 3 — сгорание с развитием избыточного давления; 4 — пороговое значение  $Q_{\pi i} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$

Рис.2 — Зависимость условной вероятности поражения человека  $Q_{\pi i}$  на различных расстояниях от резервуара

#### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретической частью работы
2. Получить задание у преподавателя либо использовать собственные исходные данные для выбранного объекта экономики
3. Выполнить необходимые расчеты риска и выполнить их графическое представление
4. Оформить отчет, сформулировать соответствующие выводы

