

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

**Кафедра**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

*Б1.В.15 Паспорта безопасности потенциально опасных  
объектов и территорий*

Направление подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Профиль подготовки: «БЖД в техносфере»

Квалификация (степень) выпускника Бакалавр

Нормативный срок обучения 5 лет

Форма обучения заочная

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций .....</b>	<b>3</b>
Лекция № 1 Структура и назначение паспорта безопасности.....	3
Лекция № 2 Дерево событий» общие положения, этапы построения.....	6
Лекция №3 Расчёт поражающих факторов при реализации сценариев ЧС.....	11
Лекция № 4 Разработка мероприятий по снижению рисков для персонала опасного объекта и населения, проживающего на прилегающей территории, а также по снижению размеров материального ущерба.....	16
<b>2. Методические указания по выполнению лабораторных работ .....</b>	<b>16</b>
2.1 Пояснительная записка к перечню исходных данных и примерный договор на разработку паспорта безопасности.....	20
2.2 Построение «Дерева событий».....	20
2.3 Порядок расчета вероятности наступления ущерба.....	22
2.4 Расчёт поражающих факторов при реализации сценариев ЧС. Расчёт поражающих факторов при реализации сценариев ЧС. Расчет экономического ущерба предприятию при возникновении ЧС при реализации наиболее опасного сценария.....	23
2.5 Повышение устойчивости функционирования объекта экономики.....	30
<b>3. Методические указания по проведению практических занятий (не предусмотрено рабочей программой) .....</b>	<b>30</b>
<b>4. Методические указания по проведению семинарских занятий (не предусмотрено рабочей программой) .....</b>	<b>30</b>

## 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## **1. 1 Лекция №1 (2 часа)**

**Тема:** «Структура и назначение паспорта безопасности»

### **1.1.1 Вопросы лекции:**

1. Декларирование потенциально опасных объектов
2. Структура и назначение ПБ

### **1.2.1 Краткое содержание вопросов**

1. В настоящее время весьма эффективным мероприятием по предупреждению чрезвычайных ситуаций техногенного характера является декларирование промышленной безопасности. Она является одним из ключевых элементов системы управления промышленной безопасностью, поскольку эта процедура требует всесторонней оценки всех остальных элементов системы управления промышленной безопасностью в эксплуатирующей организации и сведения информации об их функционировании в единый документ.

Одной из основных задач декларирования является возложение на предпринимателя обязанностей по осуществлению комплекса работ по оценке опасностей эксплуатируемых им объектов с учетом принятых им мер по предупреждению возникновения и развития аварий. Декларация промышленной безопасности представляется надзорным органам в качестве обязательного элемента для получения лицензии на эксплуатацию объектов, а также органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органам местного самоуправления для информирования о проделанной работе. Тем самым повышается ответственность руководителей организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, в части обеспечения безопасности и информированности об этом надзорных органов и органов местного самоуправления.

Основы декларирования промышленной безопасности опасных производств определяет Федеральный закон Российской Федерации «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (1997 г.). В соответствии с положениями этого закона:

- разработка декларации промышленной безопасности предполагает всестороннюю оценку риска аварии и связанной с ней угрозы; анализ достаточности принятых мер по предупреждению аварии, по обеспечению готовности организации к эксплуатации опасного производственного объекта в соответствии с требованиями промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварии на опасном производственном объекте; разработку мероприятий, направленных на снижение масштаба последствий аварии и размера ущерба, нанесенного в случае аварии на опасном производственном объекте;
- устанавливается обязательность разработки декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества (воспламеняющиеся, окисляющие, горючие, взрывчатые, токсичные, высокотоксичные и вещества, представляющие опасность

для природной среды). Обязательной разработке декларации промышленной безопасности подлежат опасные производственные объекты, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества в количествах, установленных в приложении 2 к Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 года № 116-ФЗ;

- обязательность разработки декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов, не подпадающих под требования, установленные в ст.14 и приложении 2 к Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», может быть установлена Правительством Российской Федерации или в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации «О федеральном органе исполнительной власти, специально уполномоченном в области промышленной безопасности» от 17 июля 1992 г. Госгортехнадзором России;
- декларации промышленной безопасности разрабатываются в составе проектной документации на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта;
- декларация промышленной безопасности утверждается руководителем организации, эксплуатирующей опасный производственный объект. Руководитель организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, несет ответственность за полноту и достоверность сведений, содержащихся в декларации промышленной безопасности, в соответствии с законодательством Российской Федерации;
- декларация промышленной безопасности проходит экспертизу промышленной безопасности в установленном порядке.

Рекомендации по организации процесса декларирования и требования к структуре и содержанию декларации безопасности представлены в приложении № 4 к статье 5.2 утвержденного приказом МЧС России и Госгортехнадзора России от 4 апреля 1996 № 222/59 «Порядка разработки декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации».

«Порядок разработки декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации» — основной организационно-методический документ в системе нормативных и методических документов, регламентирующих процедуру декларирования безопасности в России. Он определяет:

- основные принципы идентификации промышленных объектов, подлежащих декларированию безопасности;
- принципы формирования и утверждения перечня промышленных объектов, подлежащих декларированию безопасности;
- типовую структуру и состав разделов и приложений декларации безопасности;

- требования к включенным в декларацию безопасности сведениям;
- порядок разработки, утверждения и представления декларации безопасности;
- порядок уточнения и пересмотра декларации безопасности;
- особенности разработки декларации безопасности для проектируемого промышленного объекта;
- особенности разработки декларации безопасности для действующего объекта на этапе его ввода в эксплуатацию, эксплуатации и вывода из эксплуатации;
- особенности декларирования безопасности гидротехнических сооружений.

2. Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Системы пожарной безопасности должны характеризоваться уровнем обеспечения пожарной безопасности людей и материальных ценностей, а также экономическими критериями эффективности этих систем.

Объекты должны иметь системы пожарной безопасности, направленные на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара, в том числе их вторичных проявлений на требуемом уровне.

Системы пожарной безопасности должны выполнять одну из следующих задач:

1. обеспечивать пожарную безопасность людей;
2. обеспечивать пожарную безопасность материальных ценностей;
3. обеспечивать пожарную безопасность людей и материальных ценностей одновременно.

Требования по обеспечению уровня пожарной безопасности людей установлен ГОСТ 12.1.004—91. (Пожарная безопасность. Общие требования).

Требуемый уровень обеспечения пожарной безопасности людей с помощью указанных систем должен быть не менее  $0,999999$  предотвращения воздействия опасных факторов в год в расчете на каждого человека

Соответственно, допустимый уровень пожарной опасности для людей должен быть не более  $10^{-6}$  воздействия опасных факторов пожара, превышающих предельно допустимые значения, в год в расчете на каждого человека.

Объекты, пожары на которых могут привести к массовому поражению людей, находящихся на этих объектах и окружающей территории, опасными и вредными производственными факторами (по ГОСТ 12.0.003), а также опасными факторами пожара и их вторичными проявлениями, должны иметь системы пожарной безопасности, обеспечивающие минимально возможную вероятность возникновения пожара.

Конкретные значения минимально возможной вероятности возникновения пожара определяются проектировщиками и технологами при паспортизации этих объектов в установленном порядке.

Перечень таких объектов разрабатывается соответствующими министерствами (ведомствами и т.п.) в установленном порядке.

Метод определения вероятности возникновения пожара (взрыва) в пожароопасном объекте приведен в приложении 3 ГОСТ 12.1.004—91 (метод может изменяться с согласия головной организации в области пожарной безопасности — ВНИИПО МЧС РФ).

## **1.2 Лекция №2 (2 часа)**

**Тема:** «Дерево событий» общие положения, этапы построения»

### **1.1.1 Вопросы лекции:**

1. История создания метода
2. Построение дерева событий по каждой аварийной ситуации
3. Основа метода построения деревьев отказов
4. Достоинства и недостатки метода деревьев отказов

1. Суть метода состоит в конструировании дерева, показывающего последовательность и хронологическую связь между инициирующими и последующими событиями, важными для систем безопасности. Для количественного анализа используются вероятности событий. При проведении анализа необходимо знание отказов оборудования и нарушений в системе, знание систем безопасности, включая механизмы аварийного отключения. Для анализа привлекаются 2–4 специалиста.

Результаты представляются в форме диаграмм последовательности событий с ожидаемой вероятностью, ведущих к авариям.

Анализ системы производится по следующему плану:

- 1) анализируемая система разделяется на элементы;
- 2) для каждого из элементов определяется категория критичности;
- 3) возможно проведение анализа элементов методом «проверочного листа или «Что, будет если...?»;
- 4) делается допущение, что отказ одного элемента не приводит к отказу другого элемента;
- 5) выделяется цепочка отказов выделенных элементов, повлекших аварийную ситуацию;

б) за начальную точку дерева берется событие, которое лежит в начале развития аварии.

После определения исходного события осуществляется «логический перегон» разных путей развития аварии – строятся ветви «дерева событий». Метод может быть реализован в виде таблицы или схемы.

Для элементов системы предусматривается:

- а) состояние работоспособности;
- б) состояние отказа.

При построении дерева событий используется прямая или индуктивная логика. При переходе от элемента к элементу задается вопрос: “Что будет, если один из элементов откажет?”

2. Разработка ФДС начинается составлением перечня функций безопасности, выполнение которых обеспечивает проектное протекание рассматриваемой аварии (для проектных ИС) или уменьшение ее последствий (для запроектных ИС). В итоге должен быть получен перечень требуемых функций безопасности, определены наборы выполняющих их систем безопасности и функций персонала, определены критерии их успешного выполнения и выявлены функциональные зависимости между ними. Для составления такого перечня могут быть использованы те же источники информации, что и для этапа классификации исходных событий. Кроме того, могут быть проведены дополнительные расчетные анализы процессов для уточнения критериев выполнения функций безопасности в случае непроектного протекания аварии.

В общем случае должны рассматриваться функции безопасности, важные с точки зрения повреждения активной зоны, а именно:

- управление реактивностью;
- отведение остаточной и запасенной теплоты;
- поддержание целостности границ I контура (управление давлением);
- поддержание запаса теплоносителя в I контуре;
- защита целостности контайнмента;
- удаление радиоактивности из атмосферы контайнмента.

В зависимости от решаемой задачи (ИС) перечисленные функции безопасности обычно уточняются (делятся) на менее или более общие. Сочетание и последовательность их также зависят от задачи. Приведенные функции безопасности являются взаимозависимыми (точнее функции 3, 4 и 5 зависят от двух первых). Может быть полезным выделение независимых, "фундаментальных" функций безопасности. Это:

- контроль и управление реактивностью;
- обеспечение охлаждения активной зоны реактора;
- локализация и надежное удержание радиоактивных продуктов.

Перечень функций безопасности приведен в руководстве МАГАТЭ по безопасности 50-SG-D1.

Построение ФДС начинают с формирования таблицы дерева. При этом важным фактором является порядок и последовательность размещения функций безопасности в таблице промежуточных событий. В значительной мере он определяет конфигурацию дерева и может повлиять на удобство и трудоемкость его построения и последующего количественного анализа. При выборе порядка размещения функций безопасности следует руководствоваться принципами:

- 1) причинно-следственным — в соответствии с которым функции безопасности, выполнение которых зависит от выполнения других функций, размещаются в правых колонках таблицы относительно последних;
- 2) временным — в соответствии с которым независимые функции безопасности располагаются в порядке очередности их выполнения во времени.

Например, для ИС "обесточивание" должны рассматриваться функции безопасности, приведенные в табл. 1.

Таблица 1 Пример зависимых ФБ

ФБ причина	ФБ зависимая	Останов реактора	Отвод теплоты при высоком давлении	Поддержание РУ в подкритическом состоянии путем введения бора	Отвод теплоты от РУ при низком давлении	Отвод теплоты от РУ при высоком давлении	Отвод теплоты от РУ при низком давлении
------------	--------------	------------------	------------------------------------	---	---	--	---

Для разработки диаграммы ФДС необходимо выполнить следующие процедуры:

- 1) сформировать таблицу функций безопасности, определив рациональную последовательность их размещения с применением причинно-следственного и временного принципов;
- 2) провести траекторию проектного протекания аварии, которая отражает выполнение всех требуемых функций безопасности; нанести на эту траекторию особые точки, в частности действия персонала, если таковые требуются;
- 3) начиная с крайней слева функции безопасности последовательно построить траектории, связанные с невыполнением каждой функции до попадания в соответствующие конечные состояния; при таком построении требуется анализ возможных зависимостей между функциями с позиции их влияния на конечные состояния;
- 4) сформировать таблицу конечных состояний, выполнив их классификацию по видам повреждения АС;

в общем случае рассматриваются следующие виды конечных состояний:

- конечные состояния с превышением проектных выбросов L, возникающие вследствие невыполнения только одной или нескольких локализирующих функций безопасности;
- конечные состояния с тяжелым повреждением активной зоны R, возникающие в результате невыполнения только одной или нескольких защитных функций безопасности. На предварительном этапе анализа безопасности при отсутствии расчетов процессов в реакторной установке целесообразно консервативно принять, что невыполнение любой из защитных функций безопасности вызовет тяжелое повреждение (плавление) активной зоны реактора;
- конечные состояния с превышением максимального проектного аварийного выброса радиоактивных продуктов в окружающую среду RL, возникающие в



результате совместного невыполнения защитных R и локализирующих L функций безопасности.

ФДС содержит относительно небольшое число конечных состояний, и по ним достаточно просто, при наличии соответствующего опыта, выполнить предварительную качественную классификацию КС с нарушением безопасности по их виду.

В IRRAS рассматриваются конечные состояния с повреждением активной зоны — CD и безопасные конечные состояния — ОК. Степень повреждений должна определяться с помощью других методик и кодов. Код IRRAS определяет вероятности аварийных последовательностей, обозначенных как CD, поэтому, применяя консервативный подход, конечные состояния R, L и RL, рекомендуемые методикой, следует обозначать как CD (или CD/).

После завершения разработки функциональных ДС для расчетов вероятностных показателей безопасности дальнейшая разработка вероятностных моделей проводится для каждой отобранной аварийной последовательности на уровне участвующих в ее реализации систем безопасности и/или функций персонала. Эта цель может быть достигнута двумя способами:

- путем непосредственного применения методик деревьев отказов (ДО) и ошибок персонала (ДОП);
- путем разработки промежуточных моделей надежности в виде системных деревьев событий (СДС) и последующего использования методик деревьев отказов и деревьев ошибок персонала.

Второй способ рекомендуется использовать в тех случаях, если непосредственная разработка деревьев отказов затруднена вследствие сложных межсистемных связей, а также в случаях излишне большой размерности разрабатываемых деревьев отказов (данная рекомендация соответствует методологии "большие ДС — малые ДО"). При этом определенные по ФДС логические (булевы) функции, описывающие отобранные аварийные последовательности (или КС), используются в качестве основных событий дерева отказов или системного дерева событий (СДС).

3. Дерево отказов (аварий, происшествий, последствий, нежелательных событий, несчастных случаев и пр.) лежит в основе логико – вероятностной модели причинно-следственных связей отказов системы с отказами ее элементов и другими событиями (воздействиями). При анализе возникновения отказа состоит из последовательностей и комбинаций нарушений и неисправностей, и таким образом оно представляет собой многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей, полученных в результате прослеживания опасных ситуаций в обратном порядке, для того чтобы отыскать возможные причины их возникновения .
4. Тщательному анализу причин отказов и выработке мероприятий, наиболее эффективных для их устранения, способствует построение дерева отказов и неработоспособных состояний. Такой анализ проводят для каждого периода функционирования, каждой части или системы в целом.

Дерево отказов (аварий, происшествий, последствий, нежелательных событий, несчастных случаев и пр.) лежит в основе логико-вероятностной модели причинно-следственных связей отказов системы с отказами ее элементов и другими событиями (воздействиями); при анализе возникновения отказа состоит из последовательностей и комбинаций нарушений и неисправностей, и таким образом оно представляет собой многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей, полученных в результате прослеживания опасных ситуаций в обратном порядке, для того чтобы отыскать возможные причины их возникновения (рис. 6.8.1).

Ценность дерева отказов заключается в следующем:

- анализ ориентируется на нахождение отказов;
- позволяет показать в явном виде ненадежные места;
- обеспечивается графикой и представляет наглядный материал для той части работников, которые принимают участие в обслуживании системы;
- дает возможность выполнять качественный или количественный анализ надежности системы;
- метод позволяет специалистам поочередно сосредотачиваться на отдельных конкретных отказах системы;
- обеспечивает глубокое представление о поведении системы и проникновение в процесс ее работы;
- являются средством общения специалистов, поскольку они представлены в четкой наглядной форме;



- помогает дедуктивно выявлять отказы;
- дает конструкторам, пользователям и руководителям возможность наглядного обоснования конструктивных изменений или установления степени соответствия конструкции системы заданным требованиям и анализа компромиссных решений;
- облегчает анализ надежности сложных систем.

Главное преимущество дерева отказов (по сравнению с другими методами) заключается в том, что анализ ограничивается выявлением только тех элементов системы и событий, которые приводят к данному конкретному отказу системы или аварии.

Недостатки дерева отказов состоят в следующем:

- реализация метода требует значительных затрат средств и времени;
- дерево отказов представляет собой схему булевой логики, на которой показывают только два состояния: рабочее и отказавшее;
- трудно учесть состояние частичного отказа элементов, поскольку при использовании метода, как правило, считают, что система находится либо в исправном состоянии, либо в состоянии отказа;
- трудности в общем случае аналитического решения для деревьев, содержащие резервные узлы и восстанавливаемые узлы с приоритетами, не говоря уже о тех значительных усилиях, которые требуются для охвата всех видов множественных отказов;
- требует от специалистов по надежности глубокого понимания системы и конкретного рассмотрения каждый раз только одного определенного отказа;
- дерево отказов описывает систему в определенный момент времени (обычно в установившемся режиме), и последовательности событий могут быть показаны с большим трудом, иногда это оказывается невозможным. Это справедливо для систем, имеющих сложные контуры регулирования.

## **1.2 Лекция №3 (2 часа)**

**Тема:** «Расчёт поражающих факторов при реализации сценариев ЧС.»

### **1.1.1 Вопросы лекции:**

1. Интенсивность теплового излучения.
2. Пример расчёта для резервуарного парка с резервуарами Л-100.
3. Расчет вероятных зон действия теплового излучения при пожаре пролива ЛВЖ и ГЖ.
4. Расчёт тротилового эквивалента и радиусов зон разрушений.
5. Результаты расчётов радиусов разрушений и характеристики повреждений зданий.

### **1.2.1 Краткое содержание вопроса**

1. Излучение тепла — в сущности отрицательное явление, оно ухудшает тепловой режим рабочего места. Тепловое излучение не действует, пока не попадет на поглощающий его предмет; оно проходит через воздух, не нагревая его. Поток воздуха между источником теплового излучения и человеком не препятствует его воздействию на человека.

Уменьшение возникающего теплового излучения в горячих цехах экономически более выгодно по сравнению с другими методами защиты.

Интенсивность теплового излучения на рабочем месте человека должна быть (в соответствии с гигиеническими нормами МЗ) менее 4,15 кДж/(см<sup>2</sup>мин). Там, где величины интенсивности излучения равны или больше приведенной выше величины, необходимо прибегать к уменьшению теплового излучения.

При температуре до 18 °С человек может работать с нормальной производительностью. Во время подвижной работы при температуре выше 20 °С производительность труда падает. Температура в 25 °С при относительной влажности более 70% снижает эффективность работы; температура 30 °С при влажности более 80% делает работу очень тяжелой, от которой повышается усталость, эффективность ее снижается на 35% по сравнению с начальной фазой. Длительная работа в таких климатических условиях опасна для здоровья.

В горячих цехах необходимо либо автоматизировать тяжелую физическую работу, либо использовать местное охлаждение до температуры, соответствующей нормальной работе человека.

Способы уменьшения теплового излучения: – уменьшение нагревания станка или улучшение тепловой изоляции нагревающихся поверхностей; – снижение интенсивности теплового излучения станка, излучение неизолированных плоскостей можно уменьшить слоем алюминиевой фольги или чистой алюминиевой шпаклевки (алюминиевую шпаклевку нельзя использовать для покрытия высокотемпературных нагревательных элементов так как она снижает коэффициент излучения на 50% по сравнению с эмалевым покрытием); – использование чехла или заслона между источником теплового излучения и человеком инфракрасная «тень»), например поглощающих (асбестовых, стеклянных, охлаждаемых водой, цепных заслонок, металлических сеток) или отражающих экранов (алюминиевых листов или фольг, наклеенных на асбестовую пластину), которые отражают 90 — 95% инфракрасных лучей; алюминиевая шпаклевка отражает две трети инфракрасных лучей; – охлаждение рабочего за счет подвода и продувки сухим и охлажденным воздухом с определенной скоростью, зависящей от интенсивности теплового излучения, водяной завесы минимальной толщины 10 мм; однако при ее использовании увеличивается вероятность повышения относительной влажности в помещении, которая отрицательно влияет на рабочего (повышает усталость); – применение личных средств защиты от излучения (например, специальной одежды).

3.

1. Интенсивность теплового излучения  $q$ , кВт/м<sup>2</sup>, рассчитывают по формуле

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau, \quad (4.1)$$

где  $E_f$  — среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м<sup>2</sup>;

$F_q$  — угловой коэффициент облученности;

$\tau$  — коэффициент пропускания атмосферы.

2.  $E_f$  принимают на основе имеющихся экспериментальных данных. Для некоторых жидких углеводородных топлив указанные данные приведены в табл. 4.

При отсутствии данных допускается  $E_f$  принимать равной 100 кВт/м<sup>2</sup> для СУГ, 40 кВт/м<sup>2</sup> для нефтепродуктов.

2. Рассчитывают эффективный диаметр пролива  $d$ , м, по формуле:

где  $S$  — площадь пролива, м<sup>2</sup>.

Таблица 4

Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени в зависимости от диаметра очага и удельная массовая скорость выгорания для некоторых жидких углеводородных топлив

Топливо	$E_f$ , кВт/м <sup>2</sup> , при $d$ , м					$m$ , кг/(м <sup>2</sup> ·с)
	10	20	30	40	50	
СПГ (метан)	220	180	150	130	120	0,08
СУГ (пропан-бутан)	80	63	50	43	40	0,1
Бензин	60	47	35	28	25	0,06
Дизельное топливо	40	32	25	21	18	0,04
Нефть	25	19	15	12	10	0,04
<i>Примечание.</i> Для диаметров очага менее 10 м или более 50 м следует принимать $E_f$ такой же, как и для очагов диаметром 10 м и 50 м соответственно						

4. Рассчитывают высоту пламени  $H$ , м, по формуле:

, (4.3)

где  $m$  — удельная массовая скорость выгорания топлива, кг/(м · с);

$\rho_v$  — плотность окружающего воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  — ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с<sup>2</sup>.

5. Определяют угловой коэффициент облученности  $F_q$  по формуле:

$$A = (h^2 + 1) / 2S_1, \quad (4.7)$$

$$S_1 = 2r/d, \quad (4.8)$$

$$h = 2H/d, \quad (4.9)$$

$$B = (1 + S^2) / (2S), \quad (4.10)$$

где  $r$  — расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта),

6. Определяют коэффициент пропускания атмосферы  $\tau$  по формуле:

$$\tau = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4} (r - 0,5 d)] \quad (4.11)$$

**Пример.** Расчет теплового излучения от пожара пролива бензина площадью 300 м<sup>2</sup> на расстоянии 40 м от центра пролива.

*Расчет*

Определяем эффективный диаметр пролива  $d$  по формуле (4.2)

Находим высоту пламени по формуле (4.3), принимая  $m = 0,06 \text{ кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ,

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2 \text{ и } \rho_v = 1,2 \text{ кг/м}^3:$$

Находим угловой коэффициент облученности  $F_q$  по формулам (4.4)–(4. 10), принимая  $r = 40 \text{ м}$ :

$$h = 2 \cdot 26,5 / 19,5 = 2,72,$$

$$S_1 = 2 \cdot 40 / 19,5 = 4,10,$$

$$A = (2,72^2 + 4,10^2 + 1) / (2 \cdot 4,1) = 3,08,$$

$$B = (1 + 4,1^2) / (2 \cdot 4,1) = 2,17,$$

.

Определяем коэффициент пропускания атмосферы  $\tau$  по формуле (4.11)

$$\tau = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4} (40 - 0,5 \cdot 19,5)] = 0,979.$$

Находим интенсивность теплового излучения  $q$  по формуле (4.1), принимая  $E_f = 47 \text{ кВт/м}^2$  в соответствии с табл. 2:

$$q = 47 \cdot 0,0324 \cdot 0,979 = 1,5 \text{ кВт/м}^2.$$

4. Для оценки уровня воздействия применяем тротилловый эквивалент. Тротилловый эквивалент взрыва парогазовой среды  $W_T$ , определяемый по условиям адекватности характера и степени разрушения при взрывах парогазовых облаков, рассчитывается по формуле

$$W_T = \frac{0,4q}{0,9q_T} m_z$$

Где 0,4 – доля энергии взрыва парогазовой смеси;

0,9 – доля энергии взрыва тринитротолуола;

$q'$  - удельная теплота сгорания парогазовой среды;

$q_T$  – удельная энергия взрыва тринитротолуола,  $q_T=4520$  кДж/кг;

$z$  – доля горючих паров, участвующих во взрыве, принимаем  $z=1$ ;

$$W_T = \frac{0,4 \cdot 43961}{0,9 \cdot 4520} \cdot 98,12 \cdot 1 = 424,1 \text{ кг}$$

Зоной разрушения считается площадь с границами, определяемыми радиусами, центром которой является центр расчетной площадки рассматриваемого технологического блока. Границы каждой зоны характеризуются значениями избыточных давлений по фронту ударной волны  $\Delta P$  и, соответственно безразмерным коэффициентом  $K$ .

Радиус зон разрушения определяется по формуле

$$R = K \cdot R_0,$$

где  $K$  – безразмерный коэффициент, характеризующий воздействие взрыва на объект;

$$R_0 = \frac{\sqrt[3]{W_T}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{W_T}\right)^2\right]^{\frac{1}{6}}}; \quad (78)$$

$$R_0 = \frac{\sqrt[3]{424,1}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{424,1}\right)^2\right]^{\frac{1}{6}}} = 3,83 \text{ м.}$$

Таблица 34

Зоны разрушений

Класс зоны разрушения	Безразмерный коэффициент	Давление ударной волны (кПа)	Расчетные радиусы зон разрушения, м
1 - Сильное повреждение всех	3,8	> 100	14,55

зданий

2 - Среднее повреждение всех зданий с массовыми обвалами	5,6	70	21,45
3 - Среднее повреждение промзданий	9,6	28	36,77
4 - Легкие повреждения фабричных труб	28,0	14	107,24
5 - Частичное разрушение стен	56,0	<2	214,48

Здания, в которых расположены помещения управления (операторные), административные и другие непроизводственные здания, в которых предусмотрено постоянное пребывание людей, должны быть устойчивыми к воздействию ударной волны  $P=14$  кПа.

#### 1.4 Лекция №4

**Тема: «Разработка мероприятий по снижению рисков для персонала опасного объекта и населения, проживающего на прилегающей территории, а также по снижению размеров материального ущерба»**

##### 1.4.1 Вопросы лекции:

1.Перечень предложений по уменьшению вероятности возникновения аварийных ситуаций.

##### 1.4.2 Краткое содержание вопроса

**1. Предупреждение чрезвычайных ситуаций** как в части их предотвращения (снижения вероятности возникновения), так и в плане уменьшения потерь и ущерба от них (смягчения последствий) проводится по **следующим направлениям:**

- О мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций;



- О рациональное размещение производительных сил и поселений на территории страны с учетом природной и техногенной безопасности;
- О предотвращение в возможных пределах некоторых неблагоприятных и опасных природных явлений и процессов путем систематического снижения накапливающегося разрушительного потенциала;
- О предотвращение аварий и техногенных катастроф путем повышения технологической безопасности производственных процессов и эксплуатационной надежности оборудования;
- О разработка и осуществление инженерно-технических мероприятий, направленных на предотвращение возникновения источников чрезвычайных ситуаций, смягчение их последствий, защиту населения и материальных средств;
- О обучение производственного персонала и повышение технологической и трудовой дисциплины;
- О подготовка объектов экономики и систем жизнеобеспечения населения к работе в условиях чрезвычайных ситуаций;
- О декларирование промышленной безопасности;
- О лицензирование деятельности опасных производственных объектов;
- О проведение государственной экспертизы в области предупреждения чрезвычайных ситуаций;
- О государственный надзор и контроль по вопросам природной и техногенной безопасности;
- О страхование ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта;
- О информирование населения о потенциальных природных и техногенных угрозах на территории проживания;
- О подготовка населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени.

Под **мониторингом** понимается система постоянного наблюдения за явлениями и процессами, происходящими в природе и техносфере, для предвидения нарастающих угроз для человека и среды его обитания. Главной целью мониторинга является предоставление данных для точного и достоверного прогноза чрезвычайных ситуаций на основе объединения интеллектуальных, информационных и технологических возможностей различных ведомств и организаций, занимающихся наблюдением за отдельными видами опасностей. Мониторинговая информация служит основой для прогнозирования, в результате которого получают гипотетические данные о будущем состоянии какого-либо объекта, явления, процесса.

**Прогнозирование чрезвычайной ситуации** - это опережающее предположение о вероятности возникновения и развития чрезвычайной ситуации на основе анализа причин ее возникновения и ее источника в прошлом и настоящем. Главным в этом процессе является информация об объекте прогнозирования, раскрывающая его поведение в прошлом и настоящем, а также закономерности этого поведения. В основе всех методов, способов и методик прогнозирования лежат эвристический и математический подходы. Суть эвристического подхода состоит в изучении и использовании мнений специалистов-экспертов. Этот подход применяется для прогнозирования процессов, формализовать которые нельзя. Математический

подход заключается в использовании данных о некоторых характеристиках прогнозируемого объекта после их обработки математическими методами для получения зависимости, связывающей эти характеристики со временем, и вычислении с помощью найденной зависимости характеристик объекта в заданный момент времени. Этот подход предполагает активное применение моделирования или экстраполяции.

Прогнозирование в большинстве случаев является основой предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. В режиме повседневной деятельности прогнозируется возможность возникновения таких ситуаций: их место, время и интенсивность, возможные масштабы и другие характеристики. При возникновении чрезвычайной ситуации прогнозируется возможное развитие обстановки, эффективность тех или иных мер по ликвидации ситуации, необходимый состав сил и средств. Наиболее важным является прогноз вероятности возникновения чрезвычайной ситуации. Его результаты могут быть наиболее эффективно использованы для предотвращения многих аварий и катастроф, а также некоторых природных бедствий.

**Рациональное размещение производительных сил и поселений на территории страны** является эффективной совокупностью мер, обеспечивающих предотвращение значительной части чрезвычайных ситуаций (снижение вероятности их возникновения) и уменьшение в определенных пределах возможных потерь и ущерба от них (смягчение их последствий). Это размещение представляет собой меры по распределению и перераспределению по территории страны объектов экономики и хозяйственной инфраструктуры, а также населенных пунктов в соответствии с критериями их защищенности от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Важной частью этих мероприятий является рациональное размещение потенциально опасных объектов и мест утилизации отходов. Объекты экономики размещают таким образом, чтобы они не попадали в зоны, в которых возможные природные и техногенные воздействия на них превышают допустимые нормативные. Объекты экономики должны находиться на таком расстоянии от жилых зон и друг от друга, которое обеспечивает их безопасность. Взрыво- и пожароопасные объекты и их элементы размещают с учетом защитных свойств и других особенностей местности.

Потенциально опасные элементы радиационно опасных объектов размещают на таком расстоянии, которое обеспечивает изоляцию реакторных блоков атомных станций друг от друга. Химически опасные объекты возводят на безопасном расстоянии от рек, водоемов, морского побережья, подземных водоносных слоев и размещают с подветренной стороны населенных пунктов и жилых зон.

Биологически опасные объекты и их элементы располагают с учетом розы ветров в данной местности. Вокруг радиационно, химически и биологически опасных объектов создают санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения. В санитарно-защитных зонах не допускается размещение жилых домов, детских дошкольных учреждений, учебных заведений и некоторых других объектов. Гидротехнические сооружения возводят таким образом, чтобы в зоны возможного катастрофического затопления попадало минимальное число объектов социального и хозяйственного

назначения. Размещение населенных пунктов и объектов важного экономического значения в этих зонах не допускается.

**Предотвратить большинство чрезвычайных ситуаций природного характера практически невозможно.** Однако существует ряд опасных природных явлений и процессов, негативному развитию которых можно воспрепятствовать. Это может быть выполнено проведением мероприятий по предупреждению градобитий, заблаговременному спуску лавин и сбрасыванию селевых озер, образовавшихся в результате завалов русел горных рек. К мерам по предотвращению таких ситуаций могут быть отнесены также локализация или подавление природных очагов инфекций, вакцинация населения и сельскохозяйственных животных.

В техногенной сфере работу по предотвращению аварий ведут в соответствии с их видами на конкретных объектах. В качестве мер, снижающих риск возможных ЧС, наиболее эффективными являются совершенствование технологических процессов; повышение качества технологического оборудования и его эксплуатационной надежности; своевременное обновление основных фондов; использование технически грамотной конструкторской и технологической документации, высококачественного сырья, материалов и комплектующих изделий; наличие квалифицированного персонала, создание и применение передовых систем технологического контроля и технической диагностики, безаварийной остановки производства, локализации и подавления аварийных ситуаций и многое другое. Одним из направлений эффективного уменьшения масштабов чрезвычайных ситуаций является **строительство и использование защитных сооружений различного назначения.** К ним следует отнести гидротехнические защитные сооружения, предохраняющие водотоки и водоемы от распространения радиоактивного загрязнения, а также сооружения, защищающие сушу и гидросферу от некоторых других поверхностных загрязнений. Плотины, шлюзы, насыпи, дамбы и укрепление берегов используют для защиты от наводнений. Важная роль в деле снижения ущерба окружающей природной среде отведена коммунальным и промышленным очистным сооружениям. Для уменьшения негативного воздействия оползней, селей, обвалов, осыпей и лавин в горной местности применяют защитные инженерные сооружения на коммуникациях и в населенных пунктах. Для смягчения эрозивных процессов используют защитные лесонасаждения. Для защиты персонала объектов экономики и населения от опасностей военного времени, а также от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера используются защитные сооружения гражданской обороны.

Одним из направлений уменьшения масштабов чрезвычайных ситуаций является проведение мероприятий по повышению физической стойкости объектов во время стихийных бедствий, аварий, природных и техногенных катастроф. К этим мероприятиям, прежде всего, следует отнести сейсмостойкое строительство в сейсмоопасных районах и сейсмоукрепление на этих территориях зданий и сооружений, построенных ранее без учета сейсмичности, а также повышение физической стойкости особо важных объектов, защита уникального оборудования, культурных, исторических, государственных ценностей, резервов наиболее важных ресурсов.

Эффективно содействует уменьшению масштабов чрезвычайных ситуаций (особенно в части потерь) создание и применение систем оповещения населения, персонала и органов управления, прежде всего системы централизованного оповещения на федеральном, региональном, территориальном, местном и объектовом уровнях. Благодаря этой системе можно в кратчайшие сроки оповестить об опасности большую часть населения страны или отдельных территорий. Своевременное оповещение позволяет принять меры по защите населения и тем самым снизить потери. На потенциально опасных объектах функционируют локальные системы оповещения, управляемые дежурным персоналом объекта или специалистами централизованной системы оповещения города. Задачей локальной системы оповещения является своевременное оповещение об опасности людей, проживающих вблизи потенциально опасного объекта. На случай, если дежурный персонал не сможет своевременно привести в действие систему оповещения, создают локальные или объединенные автоматизированные системы обнаружения опасных природных и техногенных факторов и оповещения о них. Такие автоматизированные системы контроля радиационной обстановки уже применяются на некоторых отечественных АЭС. Одним из важнейших мероприятий по предупреждению возникновения и развития чрезвычайных ситуаций, прежде всего техногенного характера, является обучение производственного персонала и повышение технологической и трудовой дисциплины.

Сложившаяся в последние годы ситуация в области эксплуатации промышленных производств, особенно потенциально опасных, характеризуется высоким уровнем аварийности и травматизма. Пожары, взрывы, выбросы токсичных продуктов и другие аварийные ситуации на производстве часто становятся причиной чрезвычайных ситуаций. Несмотря на значительные усилия в области разработки технических систем безопасности и защиты, показатели аварийности в нашей стране в последние годы значительно выросли. В большинстве случаев это связано с низкой обученностью персонала и несоблюдением технологической и трудовой дисциплины. По причине "человеческого фактора" происходит более половины всех техногенных аварий и катастроф на объектах экономики, промышленного и сельскохозяйственного производства, наземном, воздушном и водном транспорте. В соответствии с действующим законодательством работник несет ответственность за свою производственную деятельность в пределах собственной (аттестационной или лицензируемой) обученности, а также информированности об опасностях при исполнении своих функций на рабочем месте.

Поэтому повышается значимость непрерывного и дополнительного обучения и информирования работников. Трудовым кодексом Российской Федерации, который принят Государственной Думой РФ в декабре 2001 г., предусмотрены обязанности и права как работодателей, так и работников по профессиональной подготовке и переподготовке, а также соблюдению трудовой и технологической дисциплины и требований охраны труда. Много внимания этим вопросам уделяется и в других законодательных и нормативных актах, особенно регламентирующих деятельность в опасных сферах. Так, в статье 10 Федерального закона РФ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" говорится об обязанности

организации, эксплуатирующей такой объект "обучать работников действиям в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте".

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

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

**Тема: «Пояснительная записка к перечню исходных данных и примерный договор на разработку Паспорта безопасности.»**

1. Перечень исходных данных для разработки паспорта безопасности потенциально опасного объекта на примере котельной.

### **2.2 Лабораторная работа № 2**

**Тема: «Построение «Дерева событий»**

1. Порядок построения «Дерева событий»

1. Настоящий метод позволяет определить развитие возможных пожароопасных ситуаций и пожаров, возникающих вследствие реализации инициирующих пожароопасную ситуацию событий. Анализ дерева событий представляет собой "осмысливаемый вперед" процесс, то есть процесс, при котором исследование развития пожароопасной ситуации начинается с исходного события с рассмотрением цепи последующих событий, приводящих к возникновению пожара.

При построении логических деревьев событий учитываются следующие положения:

- выбирается пожароопасная ситуация, которая может повлечь за собой возникновение аварии с пожаром с дальнейшим его развитием;
- развитие пожароопасной ситуации и пожара должно рассматриваться постадийно с учетом места ее возникновения на объекте оценки риска, уровня потенциальной опасности каждой стадии и возможности ее локализации и ликвидации. На логическом дереве событий стадии развития пожароопасной ситуации и пожара могут отображаться в виде прямоугольников или других геометрических фигур с краткими названиями этих стадий;
- переход с рассматриваемой стадии на новую определяется возможностью либо локализации пожароопасной ситуации или пожара на рассматриваемой стадии, либо развития пожара, связанного с вовлечением расположенных рядом технологического оборудования, помещений, зданий и т.п. в результате влияния на них опасных факторов пожара, возникших на рассматриваемой стадии. Условные вероятности переходов пожароопасной ситуации или пожара со стадии на стадию одной ветви или с ветви на ветвь определяются, исходя из свойств вовлеченных в пожароопасную ситуацию или пожар горючих веществ (физико-химические и пожароопасные свойства, параметры, при которых вещества обращаются в технологическом процессе и т.д.), условной вероятности реализации различных метеорологических условий (температура окружающей среды, скорость и направление ветра и т.д.), наличия и условной вероятности эффективного срабатывания систем противоаварийной и противопожарной защиты, величин зон поражения опасными факторами пожара, объемно-планировочных решений и конструктивных особенностей оборудования и зданий производственного объекта. При

этом каждой стадии иногда присваивается идентификационный номер, отражающий последовательность переходов со стадии на стадию;

- переход со стадии на стадию, как правило, отображается в виде соединяющих линий со стрелками, указывающими направления развития пожароопасной ситуации и последующего пожара. При этом соединения стадий должны отражать вероятностный характер события с выполнением условия "или" или "да", "нет";

- для каждой стадии рекомендуется устанавливать уровень ее опасности, характеризующийся возможностью перехода пожароопасной ситуации или пожара на соседние с пожароопасным участки объекта;

- при повторении одним из путей части другого пути развития для упрощения построения логического дерева событий иногда вводят обозначение, представляющее собой соответствующую линию со стрелкой и надпись "на стадию (код последующей стадии)".

При анализе логических деревьев событий руководствуются следующими положениями:

- возможностью предотвращения дальнейшего развития пожароопасной ситуации и пожара зависит от количества стадий и времени их протекания (то есть от длины пути развития пожароопасной ситуации и пожара). Это обуславливается большей вероятностью успешной ликвидации пожароопасной ситуации и пожара, связанной с увеличением времени на локализацию пожароопасной ситуации и пожара и количеством стадий, на которых эта локализация возможна;

- наличием у стадии разветвлений по принципу "или", одно из которых приходит на стадию локализации пожароопасной ситуации или пожара (например, тушение очага пожара, своевременное обнаружение утечки и ликвидация пролива, перекрытие запорной арматуры и т.п.), свидетельствует о возможности предотвращения дальнейшего развития пожароопасной ситуации и пожара по этому пути.

Значение частоты реализации отдельной стадии дерева событий или сценария определяется путем умножения частоты возникновения инициирующего события на условную вероятность развития по конкретному сценарию.

## 2.3 Лабораторная работа 3

### Тема: «Порядок расчета вероятности наступления ущерба»

#### 1. Порядок расчета вероятности наступления ущерба

Попытки количественно оценить вероятность наступления риска побудили создание методов распознавания видов риска и расчёта математического ожидания потерь и ошибок. Вероятность наступления риска (страхового случая) и возможного ущерба от него учитывается в договорах страхования. Это влияет на размер страхового платежа. Широкое распространение получили методы системного анализа и различные модификации метода структуризации - «дерево решений», «дерева событий». Эти графические методы позволяют проследить последовательность отдельных возможных инцидентов, ущербов, с оценкой вероятности каждого из возможных событий, и вычислить суммарную вероятность главного события, приводящего к серьёзным нарушениям, ущербу, убыткам. По «ветвям дерева» соотносят субъективные и объективные оценки данных событий, используя экспертные оценки, размеры потерь и доходов и другие параметры. Применяя специальные методики расчёта вероятностей, оценивают каждый вариант пути.

Построение дерева событий начинается с заданных исходных событий, то есть каких-то потенциальных ущербов, которые могут привести к убыткам. Затем прослеживаются возможные пути развития последствий этих событий в зависимости от наступления потенциальных ущербов и формируется определённый уровень стабильности, позволяющий предотвратить возникновение рисков. Достоинство данного метода состоит в том, что уже на проектном уровне принятия тех или иных управленческих решений

можно выявить различные последовательности событий, приводящих к главному событию, и тем самым определить возможные последствия каждого из исходных событий.

Разновидностью метода дерева событий является метод «событие - последствия». Он предполагает дезагрегирование (расчленение) сложных событий на отдельные составляющие. В процессе выделения отдельных элементов исследуемого события осуществляется идентификация возможных опасностей и рисков, устанавливаются нормативные значения показателей оценки риска и составляется их перечень. Определяется также размер допустимых отклонений от нормативных значений показателей. На основе анализа выявленных причин отклонений и установленных функциональных значений зависимости отклонений показателей результата от факторов, характеризующих причины отклонений, разрабатывается стратегия управления рисками и повышения безопасности работы.

Другой разновидностью графических методов анализа и оценки рисков является метод «дерева отказов». Дерево отказов (нежелательных, рискованных событий) лежит в основе логико-вероятностной модели причинно-следственных связей отказов системы с отказами её элементов и другими событиями (воздействиями). Ценность этого метода заключается в возможности выявления отказов, ненадёжных мест, выполнить качественный и количественный анализ надёжности системы. Он позволяет специалистам поочерёдно сосредоточиться на отдельных конкретных отказах системы, дедуктивно выявить отказы и оценить надёжность системы.

В ряде случаев мера риска характеризуется степенью ожидаемой неудачи при неуспехе в процессе достижения цели. Её можно определить через соотношение вероятности неуспеха и степени неблагоприятных последствий, которые могут наступить в этом случае.

Степень риска определяют и как произведение ожидаемого ущерба на вероятность того, что ущерб произойдёт. Этот подход вполне применим к оценке риска в логистике снабжения. Он позволяет установить взаимосвязи между величиной риска выбираемого решения и возможным ущербом, который наносит это решение. Наилучшим будет решение, позволяющее минимизировать риск. Это решение можно определить по следующей формуле:

$$R = A p_1 + (A + B) p_2,$$

где R - риск;

A и B - ущерб от выбираемых решений;

$p_1$  и  $p_2$  - степень уверенности, что произойдут ошибки при принятии этих решений.

## 2.4 Лабораторная работа №4

**Тема: «Расчёт поражающих факторов при реализации сценариев ЧС. Расчёт поражающих факторов при реализации сценариев ЧС. Расчет экономического ущерба предприятию при возникновении ЧС при реализации наиболее опасного сценария»**

1. Интенсивность теплового излучения.
2. Пример расчёта для резервуарного парка с резервуарами Л-100.
3. Расчет вероятных зон действия теплового излучения при пожаре пролива ЛВЖ и ГЖ.
4. Расчёт тротилового эквивалента и радиусов зон разрушений.
5. Результаты расчётов радиусов разрушений и характеристики повреждений зданий.
6. Социально-экономические потери.

1. Излучение тепла — в сущности отрицательное явление, оно ухудшает тепловой режим рабочего места. Тепловое излучение не действует, пока не попадет на поглощающий его

предмет; оно проходит через воздух, не нагревая его. Поток воздуха между источником теплового излучения и человеком не препятствует его воздействию на человека.

Уменьшение возникающего теплового излучения в горячих цехах экономически более выгодно по сравнению с другими методами защиты.

Интенсивность теплового излучения на рабочем месте человека должна быть (в соответствии с гигиеническими нормами МЗ) менее 4,15 кДж/(см<sup>2</sup>мин). Там, где величины интенсивности излучения равны или больше приведенной выше величины, необходимо прибегать к уменьшению теплового излучения.

При температуре до 18 °С человек может работать с нормальной производительностью. Во время подвижной работы при температуре выше 20 °С производительность труда падает. Температура в 25 °С при относительной влажности более 70% снижает эффективность работы; температура 30 °С при влажности более 80% делает работу очень тяжелой, от которой повышается усталость, эффективность ее снижается на 35% по сравнению с начальной фазой. Длительная работа в таких климатических условиях опасна для здоровья.

В горячих цехах необходимо либо автоматизировать тяжелую физическую работу, либо использовать местное охлаждение до температуры, соответствующей нормальной работе человека.

Способы уменьшения теплового излучения: – уменьшение нагревания станка или улучшение тепловой изоляции нагревающихся поверхностей; – снижение интенсивности теплового излучения станка, излучение неизолированных плоскостей можно уменьшить слоем алюминиевой фольги или чистой алюминиевой шпаклевки (алюминиевую шпаклевку нельзя использовать для покрытия высокотемпературных нагревательных элементов так как она снижает коэффициент излучения на 50% по сравнению с эмалевым покрытием); – использование чехла или заслона между источником теплового излучения и человеком инфракрасная «тень»), например поглощающих (асбестовых, стеклянных, охлаждаемых водой, цепных заслонок, металлических сеток) или отражающих экранов (алюминиевых листов или фольг, наклеенных на асбестовую пластину), которые отражают 90 — 95% инфракрасных лучей; алюминиевая шпаклевка отражает две трети инфракрасных лучей; – охлаждение рабочего за счет подвода и продувки сухим и охлажденным воздухом с определенной скоростью, зависящей от интенсивности теплового излучения, водяной завесы минимальной толщины 10 мм; однако при ее использовании увеличивается вероятность повышения относительной влажности в помещении, которая отрицательно влияет на рабочего (повышает усталость); – применение личных средств защиты от излучения (например, специальной одежды).

3.

1. Интенсивность теплового излучения  $q$ , кВт/м<sup>2</sup>, рассчитывают по формуле

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau, (4.1)$$

где  $E_f$ —среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м<sup>2</sup>;

$F_q$  —угловой коэффициент облученности;

$\tau$  — коэффициент пропускания атмосферы.



2.  $E_f$  принимают на основе имеющихся экспериментальных данных. Для некоторых жидких углеводородных топлив указанные данные приведены в табл. 4.

При отсутствии данных допускается  $E_f$  принимать равной 100 кВт/м<sup>2</sup> для СУГ, 40 кВт/м<sup>2</sup> для нефтепродуктов.

2. Рассчитывают эффективный диаметр пролива  $d$ , м, по формуле:

где  $S$  — площадь пролива, м<sup>2</sup>.

Таблица 4

Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени в зависимости от диаметра очага и удельная массовая скорость выгорания для некоторых жидких углеводородных топлив

Топливо	$E_f$ , кВт/м <sup>2</sup> , при $d$ , м					$m$ , кг/(м <sup>2</sup> ·с)
	10	20	30	40	50	
СПГ (метан)	220	180	150	130	120	0,08
СУГ (пропан-бутан)	80	63	50	43	40	0,1
Бензин	60	47	35	28	25	0,06
Дизельное топливо	40	32	25	21	18	0,04
Нефть	25	19	15	12	10	0,04
<i>Примечание.</i> Для диаметров очага менее 10 м или более 50 м следует принимать $E_f$ такой же, как и для очагов диаметром 10 м и 50 м соответственно						

4. Рассчитывают высоту пламени  $H$ , м, по формуле:

$$, (4.3)$$

где  $m$  — удельная массовая скорость выгорания топлива, кг/(м · с);

$\rho_v$  — плотность окружающего воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  — ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с<sup>2</sup>.

5. Определяют угловой коэффициент облученности  $F_q$  по формуле:

$$A = (h^2 + + 1) / 2S_1, (4.7)$$

$$S_1 = 2r/d, (4.8)$$

$$h = 2H/d, (4.9)$$

$$B = (1 + S^2) / (2S), (4.10)$$

где  $r$ —расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта),

6. Определяют коэффициент пропускания атмосферы  $\tau$  по формуле:

$$\tau = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4} (r - 0,5 d)] \quad (4.11)$$

**Пример.** Расчет теплового излучения от пожара пролива бензина площадью 300 м<sup>2</sup> на расстоянии 40 м от центра пролива.

*Расчет*

Определяем эффективный диаметр пролива  $d$  по формуле (4.2)

Находим высоту пламени по формуле (4.3), принимая  $m = 0,06$  кг / (м<sup>2</sup> · с),

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2 \text{ и } \rho_v = 1,2 \text{ кг/м}^3:$$

Находим угловой коэффициент облученности  $F_q$  по формулам (4.4)–(4. 10), принимая  $r = 40$  м:

$$h = 2 \cdot 26,5 / 19,5 = 2,72,$$

$$S_1 = 2 \cdot 40 / 19,5 = 4,10,$$

$$A = (2,72^2 + 4,10^2 + 1) / (2 \cdot 4,1) = 3,08,$$

$$B = (1 + 4,1^2) / (2 \cdot 4,1) = 2,17,$$

.

Определяем коэффициент пропускания атмосферы  $\tau$  по формуле (4.11)

$$\tau = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4} (40 - 0,5 \cdot 19,5)] = 0,979.$$

Находим интенсивность теплового излучения  $q$  по формуле (4.1), принимая  $E_f = 47$  кВт/м<sup>2</sup> в соответствии с табл. 2:

$$q = 47 \cdot 0,0324 \cdot 0,979 = 1,5 \text{ кВт/м}^2.$$

4. Для оценки уровня воздействия применяем тротилловый эквивалент. Тротилловый эквивалент взрыва парогазовой среды  $W_t$ , определяемый по условиям адекватности характера и степени разрушения при взрывах парогазовых облаков, рассчитывается по формуле

$$W_T = \frac{0,4q'}{0,9q_T} m z$$

Где 0,4 – доля энергии взрыва парогазовой смеси;

0,9 – доля энергии взрыва тринитротолуола;

$q'$  – удельная теплота сгорания парогазовой среды;

$q_T$  – удельная энергия взрыва тринитротолуола,  $q_T=4520$  кДж/кг;

$z$  – доля горючих паров, участвующих во взрыве, принимаем  $z=1$ ;

$$W_T = \frac{0,4 \cdot 43961}{0,9 \cdot 4520} \cdot 98,12 \cdot 1 = 424,1 \text{ кг}$$

Зоной разрушения считается площадь с границами, определяемыми радиусами, центром которой является центр расчетной площадки рассматриваемого технологического блока. Границы каждой зоны характеризуются значениями избыточных давлений по фронту ударной волны  $\Delta P$  и, соответственно безразмерным коэффициентом  $K$ .

Радиус зон разрушения определяется по формуле

$$R = K \cdot R_0,$$

где  $K$  – безразмерный коэффициент, характеризующий воздействие взрыва на объект;

$$R_0 = \frac{\sqrt[3]{W_T}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{W_T}\right)^2\right]^{\frac{1}{6}}}; \quad (78)$$

$$R_0 = \frac{\sqrt[3]{424,1}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{424,1}\right)^2\right]^{\frac{1}{6}}} = 3,83 \text{ м.}$$

Таблица 34

Зоны разрушений

Класс зоны разрушения	Безразмерный коэффициент	Давление ударной волны (кПа)	Расчетные радиусы зон разрушения, м
1 - Сильное повреждение всех зданий	3,8	> 100	14,55
2 - Среднее повреждение всех зданий с массовыми обвалами	5,6	70	21,45
3 - Среднее повреждение промзданий	9,6	28	36,77
4 - Легкие повреждения фабричных труб	28,0	14	107,24
5 - Частичное разрушение стен	56,0	<2	214,48

Здания, в которых расположены помещения управления (операторные), административные и другие непроизводственные здания, в которых предусмотрено постоянное пребывание людей, должны быть устойчивыми к воздействию ударной волны  $P=14$  кПа.

**6.** Чрезвычайные ситуации наносят огромный ущерб, причем, как было сказано выше, его размеры с течением времени становятся все больше. Это связано с развитием человеческой цивилизации: ростом численности населения планеты, благосостояния людей, освоением все новых территорий, увеличением плотности городской застройки, высокими темпами развития производства и т.д.

Все виды прямых и косвенных потерь, которые несет национальная экономика и население страны в результате ЧС, можно разделить на три основные группы: экономические, социальные, экологические.

Прямой экономический ущерб связан непосредственно с повреждением или утратой оборудования, сооружений, а также включает затраты на ограничение развития ЧС. Согласно данным экспертов США, прямой экономический ущерб от ЧС за последние 30 лет составил более 400 млрд. долларов. Например, в результате землетрясения на о. Хонсю (Япония) в 1923 г. было разрушено свыше 600 тыс. строений. В 1988 г. в Спитаке (Армения) землетрясением было повреждено более 54 тыс. жилых домов, а в 1997 г. в Китае землетрясение магнитудой 6,6 по шкале Рихтера разрушило свыше 73 тыс. домов. Лесные и торфяные пожары в 1972 г. в центральной части России уничтожили 650 тыс. га лесов, 4900 штабелей торфа.

Затраты на ликвидацию ЧС (но не на восстановление) включают те виды затрат, которые необходимы для ограничения распространения ЧС и уменьшения ее последствий. Материальные потери населения связаны с утратой личного имущества граждан, утратой жилья, личного скота, транспорта и т.д.

Косвенный экономический ущерб от ЧС включает следующие составляющие: изменение объема и структуры выпуска продукции промышленности, изменение показателей эффективности в промышленности: освоение выпуска взаимозаменяемых видов продукции (для нужд района ЧС); преждевременное выбытие основных производственных фондов и мощностей; создание дополнительных запасов продукции; создание дополнительных резервов производственных мощностей; изменение выпуска продукции сельского хозяйства; изменение показателей эффективности в сельском хозяйстве; масштабы потерь территорий под сельскохозяйственными угодьями; сокращение собственной сырьевой базы животноводческих хозяйств.

Например, ураган Джуди, пронесшийся над территорией юга Дальнего Востока в августе 1989 г., вызвал затопление 120 тыс. га сельскохозяйственных земель. В 1995 г. во время весеннего половодья р. Дон в Ростовской области было затоплено 38 тыс. га сельскохозяйственных угодий и погибло свыше 4 тыс. животных. В результате аварии на Чернобыльской АЭС (1986 г.) более 24 тыс. га угодий исключено из землепользования.

Экономический ущерб может быть вызван вынужденной перестройкой деятельности систем управления (дополнительные затраты на использование запасных пунктов управления, дополнительные затраты на применение передвижных средств связи). Нарушению нормального режима функционирования объектов экономики также способствуют повреждения систем электро-, водо-, теплоснабжения, а также уменьшение провозной способности транспорта. Так, в результате деятельности уже упомянутого урагана Джуди на Дальнем Востоке в 1989 было снесено 2678 мостов, выведено из строя 1340 км дорог, 78 км линий электропередач.

По экспертным оценкам, суммарный экономический ущерб от развития 21 наиболее опасного процесса в России составляет около 15-19 млрд. руб. (цит. по Л.А. Михайлову и др., 2006). В таблице приведены примеры некоторых ЧС и размеры нанесенного ими ущерба.

Величина ущерба, нанесенного некоторыми катастрофами

Место	Год	Вид катастрофы	Размер ущерба
Япония	1995	Землетрясение	90 млрд. дол.
США	1992	Ураган «Эндрю»	25 млрд дол.
Северная Корея	1995	Наводнение	20 млрд. дол.
г. Набережные Челны	1993	Пожар на заводе «КамАЗ»	28,5 млрд. руб.
г. Курск	1996	Пожар в цирке	5 млрд. руб.

Прямой социальный ущерб от ЧС непосредственно связан с воздействием на население и его среду обитания и включает следующие составляющие; людские потери (гибель людей и ущерб их здоровью); изменение условий жизни людей.

Самым страшным последствием ЧС являются человеческие жертвы - погибшие, раненые и заболевшие люди. Так, например, стихийные бедствия обуславливают от 3 до 5 % преждевременной смертности и материальный ущерб около 1 % валового национального продукта (ВНП), Более впечатляющие цифры приводятся по развивающимся странам - до

25 % преждевременных смертей и ущерб до 15 % ВВП. В таблице представлены данные о числе погибших и раненых при некоторых ЧС. За последние 30 лет от природных катастроф погибло более 4 млн. чел., а число пострадавших превысило 3 млрд. Причем в ряде случаев жертвы среди населения возникают не сразу - в момент ЧС, - а в отдаленном периоде времени, и связаны с голодом или хронической интоксикацией. Так, на территориях, подвергшихся действию чернобыльского радиоактивного облака, существенно повышена частота онкологических заболеваний.

Очень серьезным отдаленным последствием в ряде случаев становится снижение рождаемости. Оно может быть связано как с гибелью людей, так и с причинами психологического характера - боязнью врожденных патологий (в случае радиационной аварии), неуверенностью в будущем, страхом перед возможностью повторения бедствия и т.п.

Следствием ЧС является также ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки в зоне бедствия, что проявляется в возникновении эпидемий инфекционных заболеваний.

## **2.5 Лабораторная работа №5**

### **Тема: «Повышение устойчивости функционирования объекта экономики»**

1. Повышение устойчивости функционирования объектов экономики достигается главным образом за счет проведения организационно-технических мероприятий, которым всегда предшествует оценка (исследование) устойчивости функционирования конкретного объекта экономики.

Первоначальное осуществление оценок (исследований) по обеспечению устойчивости функционирования объекта производится при его проектировании соответствующими службами на стадии технических, экономических, экологических и иных видов экспертиз. Оценка устойчивости функционирования объекта проводится также и при реконструкции объекта, его расширении и модернизации. Таким образом, исследование устойчивости — это не одноразовое действие, а длительный, динамичный процесс, требующий постоянного внимания со стороны руководства и технического персонала объекта экономики. На основе проведенных оценок разрабатывают мероприятия по повышению устойчивости и подготовке объекта к восстановлению после чрезвычайной ситуации.

Для исследования (оценки) потенциальной устойчивости функционирования объекта экономики необходимо:

- проанализировать принципиальную схему функционирования объекта экономики с обозначением элементов, влияющих на устойчивость его функционирования;

- оценить физическую устойчивость зданий и сооружений, надежность систем управления, технологического оборудования, технических систем электроснабжения, топливного обеспечения и т.д.;
- спрогнозировать возможные чрезвычайные ситуации на самом объекте или в зоне его размещения;
- оценить вероятные параметры поражающих факторов возможных чрезвычайных ситуаций (например, интенсивность землетрясения, избыточное давление во фронте воздушной ударной волны, плотность теплового потока, высота гидроволны прорыва и ее максимальная скорость, площадь и длительность затопления, доза радиоактивного облучения, предельно допустимая концентрация опасных химических веществ и т.д.);
- оценить параметры возможных вторичных поражающих факторов, возникающих как следствие воздействия первичных поражающих факторов на вторичные источники опасности;
- спрогнозировать зоны воздействия поражающих факторов;
- определить значение критического параметра (максимальная величина параметра поражающего фактора, при которой функционирование объекта не нарушается);
- определить значение критического радиуса (минимальное расстояние от центра формирования источника поражающих факторов, на котором функционирование объекта не нарушается);
- спрогнозировать величину сохраняющихся после той или иной чрезвычайной ситуации производственных мощностей или величину другого показателя, характеризующего сохраняющиеся возможности объекта по выполнению своего назначения.

При этом должны быть учтены характеристики самого объекта, в том числе количество зданий и сооружений, плотность застройки, численность наибольшей работающей смены, особенности конструкций зданий и сооружений, характеристики оборудования, коммунально-энергетических сетей, местности, обеспеченность защитными сооружениями и многое другое.

Устойчивость функционирования объекта экономики в чрезвычайных ситуациях может оцениваться целиком и по частям. В общем случае оценивается функционирование всего объекта в целом в соответствии с его целевым предназначением. В частных постановках может оцениваться устойчивость конструктивных элементов, участков, цехов или даже отдельных функций объекта относительно отдельных или всех в совокупности поражающих факторов чрезвычайных ситуаций.

Таким образом, даже общий перечень необходимых действий по оценке (исследованию) потенциальной устойчивости функционирования объекта экономики при чрезвычайных ситуациях показывает большую сложность этой задачи.

При чрезвычайных ситуациях объем и характер потерь и разрушений на объектах экономики будет зависеть не только от воздействия поражающих факторов и ранее названных условий, но и от своевременности и полноты заблаговременно осуществленных мер по подготовке объекта экономики к функционированию в условиях чрезвычайных ситуаций.

Эти меры направлены на повышение устойчивости функционирования этих объектов.

### **3. Методические указания по проведению практических занятий (не предусмотрено рабочей программой)**



**4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**  
**(не предусмотрено рабочей программой дисциплины)**