

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методический указания
К практическим занятиям по дисциплине

**Потенциально опасные технологии и производства
Для студентов направления подготовки**

20.03.01 Техносферная безопасность

Форма обучения: заочная

Оглавление

Практическое занятие 1	5
Характеристика ЧС техногенного характера: условия возникновения и стадии развития	
Практическое занятие 2	12
Поражающие факторы техногенных ЧС и их параметры	
Практическое занятие 3	17
Понятие о ЧС техногенного характера (семинар)	
Практическое занятие 4	20
Классификация источников техногенной опасности	
Практическое занятие 5	27
Оценка последствий пожаров и взрывов	
Практическое занятие 6	38
Оценка последствий взрывов оборудования, работающего под давлением	
Практическое занятие 7	51
Расчет размеров пожаровзрывоопасных зон	
Практическое занятие 8	61
Пожаровзрывоопасные объекты и аварии на них (семинар)	
Практическое занятие 9	65
Оценка опасности химически опасного объекта	
Практическое занятие 10	75
Оценка обстановки при аварии на химически опасном объекте	
Практическое занятие 11	92
Химически опасные объекты и аварии на них (семинар)	
Практическое занятие 12	95
Оценка последствий аварий на радиационно опасных объектах	
Практическое занятие 13	103
Источники радиационной опасности (семинар)	
Практическое занятие 14	106

Оценка последствий аварий на гидротехнических сооружениях

Практическое занятие 15 115

Расчет параметров железнодорожных аварий при перевозке

пожаровзрывоопасных веществ и материалов

Практическое занятие 16 126

Транспортные аварии и катастрофы (семинар)

Практическое занятие 17 129

Оценка опасности газопроводной сети

Практическое занятие 18 139

Техногенные ЧС, связанные с разрушением зданий и сооружений (семинар)

Введение

Дисциплина "Техногенные ЧС" способствует формированию знаний обучающихся об источниках, причинах, особенностях развития и последствиях чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Практические занятия по дисциплине предназначены для закрепления теоретических знаний, полученных на лекциях, и отработки и практических навыков применения расчетных методик прогнозирования и оценки последствий техногенных ЧС.

В пособии изложен теоретический материал, необходимый для выполнения заданий, и конкретные рекомендации по выполнению практических занятий. При подготовке к практическому занятию студенты должны изучить лекционный материал по теме, ответить на теоретические вопросы преподавателя и выполнить задания.

Структурно учебное пособие состоит из методических указаний к 18 практическим занятиям, выполнение которых позволит овладеть студентам общепрофессиональными и профессиональными компетенциями:

Тема 1. Понятие о ЧС техногенного характера

Практическое занятие 1

Характеристика ЧС техногенного характера: условия возникновения и стадии развития

Цель: ознакомление с чрезвычайными ситуациями техногенного характера.

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

Актуальность темы: овладение знаниями о видах техногенных ЧС.

Теоретическая часть

Техногенная чрезвычайная ситуация - Состояние, при котором в результате возникновения источника техногенной чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде. К техногенным ЧС относятся аварии на потенциально опасных объектах и другие, приведенные на рисунке 1.1.

ЧС ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

Рисунок 1.1 – Виды ЧС техногенного характера

Различают техногенные чрезвычайные ситуации по месту их возникновения и по характеру основных поражающих факторов источника чрезвычайной ситуации (рисунок 1.2).

Источник техногенной чрезвычайной ситуации (источник техногенной ЧС) - Опасное техногенное происшествие, в результате которого на объекте, определенной территории или акватории произошла техногенная чрезвычайная ситуация.

К опасным техногенным происшествиям относят аварии на промышленных объектах или на транспорте, пожары, взрывы или высвобождение различных видов энергии.



Рисунок 1.2 – Классификация техногенных ЧС

Авария - Опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, определенной территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса, а также к нанесению ущерба окружающей природной среде. Крупная авария, как правило с человеческими жертвами, является **катастрофой**.

Промышленная авария-авария на промышленном объекте, в технической системе или на промышленной установке.

Проектная промышленная авария-промышленная авария, для которой проектом определены исходные и конечные состояния и предусмотрены системы безопасности, обеспечивающие ограничение последствий аварии установленными пределами.

Запроектная промышленная авария - промышленная авария, вызываемая не учитываемыми для проектных аварий исходными

состояниями и сопровождающаяся дополнительными по сравнению с проектными авариями отказами систем безопасности и реализациями ошибочных решений персонала, приведшим к тяжелым последствиям.

Промышленная катастрофа - Крупная промышленная авария, повлекшая за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей либо разрушения и уничтожение объектов, материальных ценностей в значительных размерах, а также приведшая к серьезному ущербу окружающей природной среде.

ЧС техногенного характера, классифицируются по масштабам (рисунок 1.3) и темпу развития (рисунок 1.4).

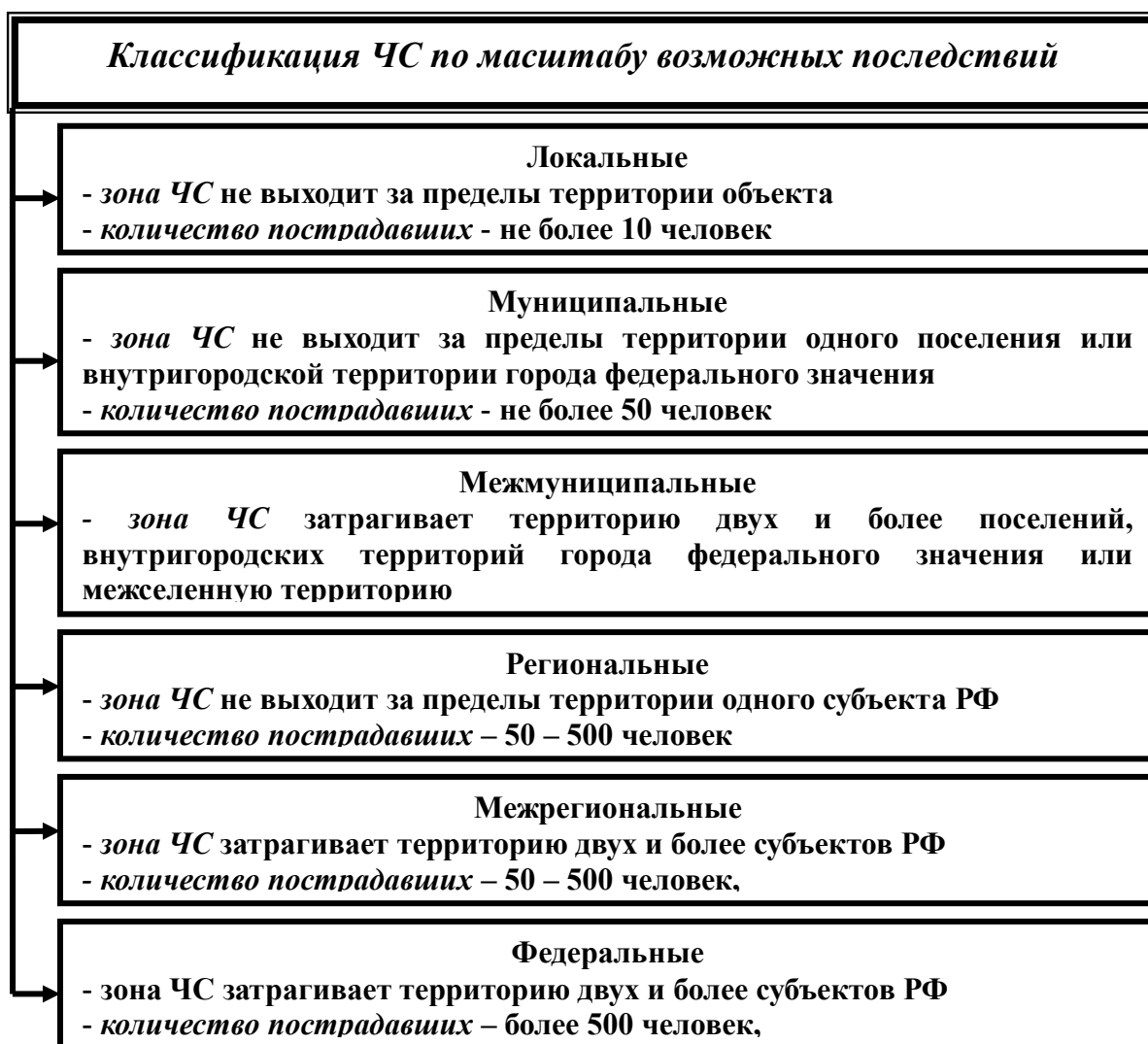


Рисунок 1.3 - Классификация ЧС по масштабу



Рисунок 1.4 -Классификация техногенных ЧС по темпу развития

Для возникновения техногенных ЧС необходима реализация некоторых условий, приведенных на рисунке 1.5.

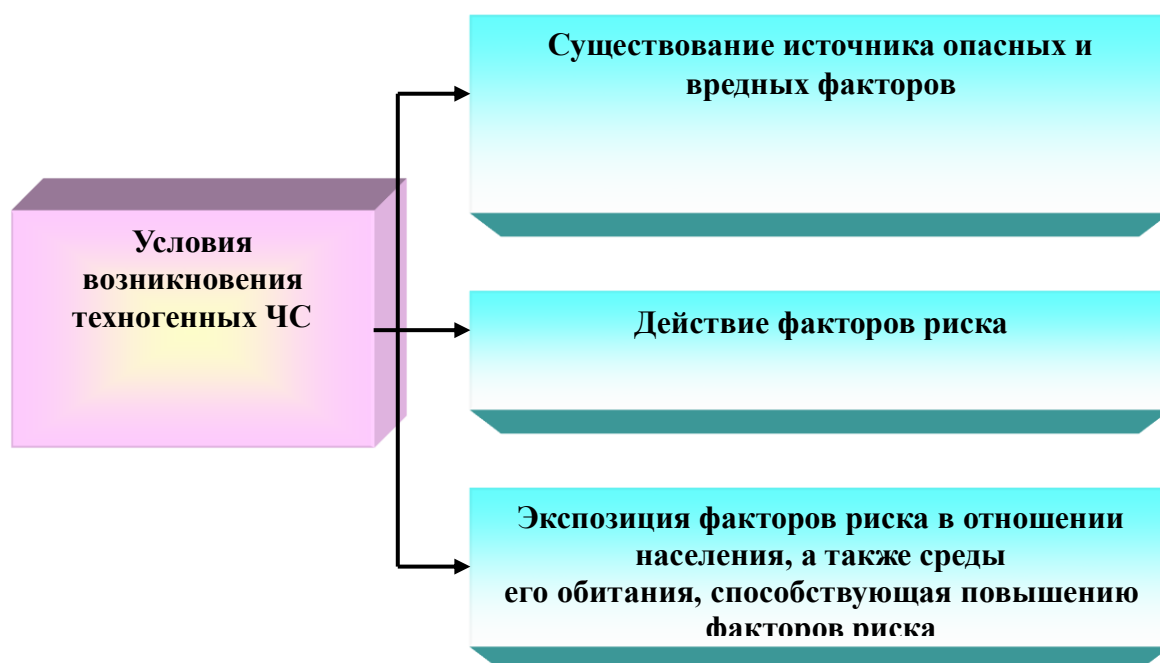


Рисунок 1.5 – Условия возникновения техногенных ЧС

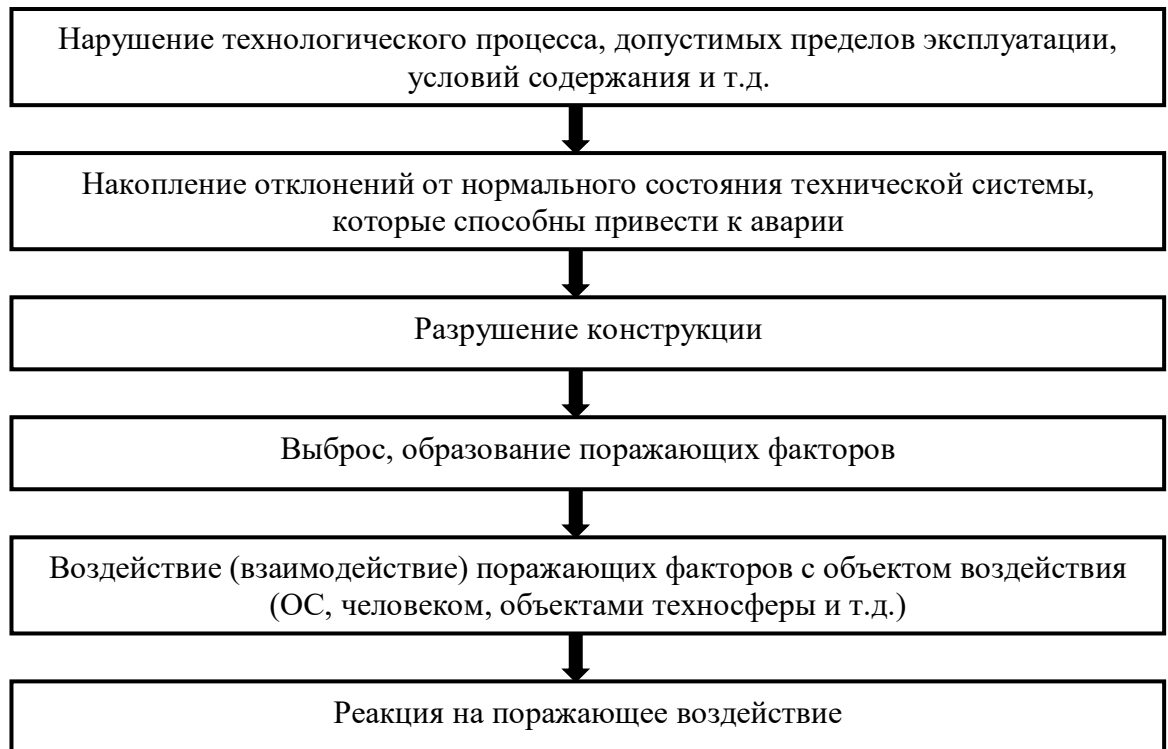


Рисунок 1.6 –Последовательность развития техногенных опасностей

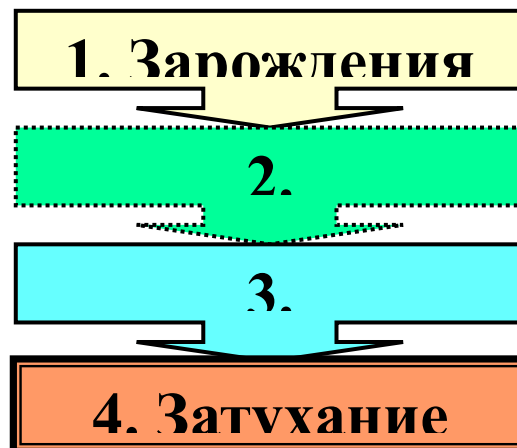


Рисунок 1.7 – Стадии развития ЧС

Вопросы и задания

- 1) Изучить теоретическую часть практического занятия. Выписать в тетрадь основные термины и определения, зарисовать рисунки и схемы;
- 2) Просмотреть сведения о техногенных ЧС, произошедших в мире с 2000 года (приведены ниже). Провести классификацию указанных ЧС по месту возникновения, по характеру проявления поражающих факторов, по

масштабам, по темпу развития. Определить условия и стадии возникновения каждой из ЧС. Заполнить таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Анализ классификации ЧС

Описание ЧС	Вид ЧС			
	по месту возникновения	по характеру проявления поражающих факторов	по масштабам	по темпу развития
...				

3) Самостоятельно привести примеры техногенных ЧС, провести анализ.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. ГОСТ Р 22.0.07 – 95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров [Текст]. Введ. 1997 – 01 – 01. – М. : Изд-во стандартов, 1997.

2. Радоуцкий, В.Ю. Опасные технологии и производства Электронный ресурс : учебное пособие / Ю.В. Ветрова / В.Ю. Радоуцкий. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2014. - 183 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

Тема 1. Понятие о ЧС техногенного характера

Практическое занятие 2

Поражающие факторы техногенных ЧС и их параметры

Цель: изучение поражающих факторов техногенных ЧС и их параметров.

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности, способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов.

Актуальность темы: необходимость определения расчетных параметров поражающих факторов техногенных ЧС для их оценки.

Теоретическая часть

Под **поражением** понимают результат причинения вреда.

Поражающий фактор - это сила, причиняющая вред (рисунок 2.1). То есть это сила (форма движения материи), с помощью которой поражающие эффекты (энергия, вещество, информация) передаются от источника опасности к объекту поражения. Например, ударная волна, электромагнитное излучение, скоростной напор, радиоактивное загрязнение.



Рисунок 2.1 - Определение поражающего фактора

Классификация поражающих факторов приведена на рисунке 2.2.

Поражающий параметр (ПП) - это количественная характеристика поражающего фактора, т.е. параметр, определяющий степень воздействия поражающего фактора на объекты. Например, избыточное давление, скорость, интенсивность излучения, плотность потока, доза облучения, энергия и масса рабочего тела и другие. Распределение поражающих параметров по видам поражающих факторов приведена на рисунке 2.3.

Критерий поражения (КП) - это численное значение поражающего параметра соответствующее определенной степени поражения (разрушения: полные, сильные, средние, слабые; поражения: смертельные, временно-выводящие, пороговые)

Поле поражающего параметра область пространства вокруг источника опасности, в каждой точке которого можно указать значение поражающего параметра.

Объект поражения - объект, на который воздействуют поражающие факторы.

Процесс поражения (поражающее действие) - это процесс причинения

вреда (то есть это процесс взаимодействия поражающего фактора с объектом, в результате которого возникает поражение этого объекта).



Рисунок 2.2 - Классификация поражающих факторов техногенных ЧС

ПОРАЖЕНИЕ			
▼	▼	▼	▼
Поражающий эффект	Поражающий фактор	Поражающий параметр	Критерий поражения
Опасность		Поражающий фактор	
Взрывная		Воздушная ударная волна	
		Разлет осколков	
Пожарная		Тепловое излучение пламени	
		Экстремальный нагрев воздуха	
		Изменение состава воздуха	
Токсическая (выбросы ОХВ)		Токсические нагрузки (отравление)	
		Химическое загрязнение сред и поверхностей	
Радиационная (выбросы РВ)		Проникающая радиация	
		Радиоактивное загрязнение сред и поверхностей	
Гидродинамическая		Волна прорыва	

Рисунок 2.3 - Техногенные опасности и их поражающие факторы

Таблица 3.1 - Поражающие факторы и поражающие параметры техногенных ЧС

Опасность	Поражающий фактор	Поражающий параметр	Обозначение	Ед. измер.	Критерий (для чел)
Взрывная	Воздушная ударная волна	избыточное давление во фронте ударной волны	$\Delta P_{\text{ф}}$	кПа	10 кПа
		длительность фазы сжатия	τ_+	сек	
		импульс фазы сжатия	I_+	кПа $\times$ с	
	Разлет осколков	масса осколка	$m_{\text{ос}}$	кг	
		скорость разлета осколка	$V_{\text{ос}}$	м/с	
Пожарная	Тепловое излучение пламени	интенсивность теплового излучения (плотностью теплового потока)	$J \equiv q$	кВт/м ²	4,2 кВт/м ² (Возгорание древесины 7 кВт/м ²)
		световой импульс	U	кДж/м ²	100
	Экстремальный нагрев воздуха	температура воздуха	$t_{\text{в}}$	°C	70 °C
	Изменение состава воздуха	концентрация продуктов горения в воздухе (CO; CO ₂)	C	%	$C_{\text{CO}_2}=6$ $C_{\text{CO}}=0,1$
		концентрация кислорода в воздухе	C	%	$C_{\text{O}}=17\%$
		показатель ослабления света дымом	$n_{\text{д}}$	-	2,38
Токсическая (выбросы ОХВ)	Токсические нагрузки (отравление)	доза опасного химического вещества	D	мг/кг	LD ID PD
	Хим. загрязн. сред и поверхности	концентрация опасного вещества в среде	C ,	мг/л, мг/кг	
		плотность химического заражения поверхности	Δ	мг/м ²	
Радиационная (выброс РВ)	Проникающая радиация	доза излучения (1 мЗв/год - население; 20 мЗв/год - персонал)	D	Зв	1/20 мЗв/год
		мощность дозы излучения	P	Зв/час	
	Радиоактивное загрязнение	концентрация радиоактивного загрязнения в среде	$A_{\text{об}}$	Бк/м ²	
		плотность рад.загрязнения	$A_{\text{пов}}$	Бк/м ³	
Прорыв гидротехнических сооружений	Волна прорыва	энергия волны прорыва	$E_{\text{п}}$	Дж	
		скорость движения фронта волны прорыва	$N_{\text{ф}}$	м/с	
		скорость движения гребня волны прорыва	$K_{\text{г}}$	м/с	
		глубина волны прорыва	h	м	

Вопросы и задания

1. Изучить теоретическую часть практического занятия.
2. Записать в тетрадь новые понятия, приведенные в теоретической части работы.
3. Ознакомиться с содержанием таблицы 1. Занести в тетрадь.
4. По сведениям о техногенных ЧС (практическое занятие 1, задача 2) определить поражающие факторы ЧС, поражающие параметры и их значения, заполнить таблицу 3.2.

Таблица 3.2 - Анализ поражающих факторов и поражающих параметров техногенных ЧС

№ п/п	Характеристика ЧС	Поражающие факторы ЧС		Поражающие параметры ЧС и их значения
		первичные	вторичные	
1				
2				
...				

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. ГОСТ Р 22.0.07 – 95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров [Текст]. Введ. 1997 – 01 – 01. – М. : Изд-во стандартов, 1997.
2. Чрезвычайные ситуации в техносфере Электронный ресурс : практикум / Ю.А. Соколова / Н.И. Макридин / Г.П. Разживина / Э.А. Овчаренков. - Чрезвычайные ситуации в техносфере, 2019-06-09. - Москва : Палеотип, 2013. - 220 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-94727-618-3

Тема 1. Понятие о ЧС техногенного характера

Практическое занятие 3

Понятие о ЧС техногенного характера (семинар)

Цель: закрепление знаний о чрезвычайных ситуациях техногенного характера.

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности; способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов.

Актуальность темы: определяется необходимостью наличия теоретических знаний о техногенных ЧС.

Теоретическая часть

При подготовке к практическому занятию обучающимся необходимо повторить все лекции по теме "Понятие о ЧС техногенного характера"

Вопросы и задания

1. К практическому занятию подготовить доклады по теме: Описание техногенных ЧС, характерных для вашего места жительства. Доклад представить устно с дополнением в виде презентации (дополнительно оценивается).

2. Ответить на теоретические вопросы:

- Дайте определение понятиям "опасность", "опасные вещества", "опасные воздействия", "отказ", "инцидент".
- Назовите виды опасных событий. Дайте определения названным понятиям.
- Дайте определение понятиям "поражающий фактор", "поражающий параметр", "поле поражающего параметра", "зона поражения"
- Назовите основные причины роста техногенных ЧС.
- Назовите и охарактеризуйте факторы повышенной техногенной опасности в России
- Какие ЧС относятся к техногенным? приведите примеры.
- Как классифицируются техногенные ЧС. Приведите примеры по каждому признаку классификации.
- Дайте определения проектной и запроектной промышленной аварии
- Какие условия необходимы для возникновения техногенной аварии?
- Назовите и охарактеризуйте стадии и последовательность развития техногенных опасностей. Охарактеризуйте стадии развития ЧС на конкретных примерах.
- Дайте определение поражающего фактора.
- По каким признакам классифицируются поражающие факторы? Приведите примеры.

- Назовите поражающие факторы и параметры техногенного пожара.
- Назовите поражающие факторы и параметры техногенного взрыва.
- Назовите поражающие факторы и параметры радиационной аварии.
- Назовите поражающие факторы и параметры химической аварии.
- Назовите поражающие факторы и параметры аварий на гидротехнических сооружениях.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Чрезвычайные ситуации в техносфере Электронный ресурс : практикум / Ю.А. Соколова / Н.И. Макридин / Г.П. Разживина / Э.А. Овчаренков. - Чрезвычайные ситуации в техносфере, 2019-06-09. - Москва : Палеотип, 2013. - 220 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-94727-618-3
2. Белов, П. Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры : в 2 т. / П. Г. Белов ; МАТИ-Рос. гос. технологич. ун-т им. К.Э. Циолковского, Т. 2. - 2-е изд. - М. : Юрайт, 2015. - 272 с. - (Бакалавр и магистр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 458-460. - ISBN 978-5-9916-4703-8. - ISBN 978-5-9916-4720-5

Тема 2.Классификация объектов - источников техногенной опасности

Практическое занятие 4

Классификация источников техногенной опасности

Цель: ознакомление с источниками техногенной опасности.

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов

Актуальность темы: необходимость определения специфических опасностей различных источников техногенных ЧС.

Теоретическая часть

К категории опасных производственных объектов (ОПО) в соответствии с Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» относятся предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, обладающие признаками опасности, приведенными на рисунке 4.1. Более точная классификация приведена в приложении 1 к федеральному закону № 116 от 21.07.1997 г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

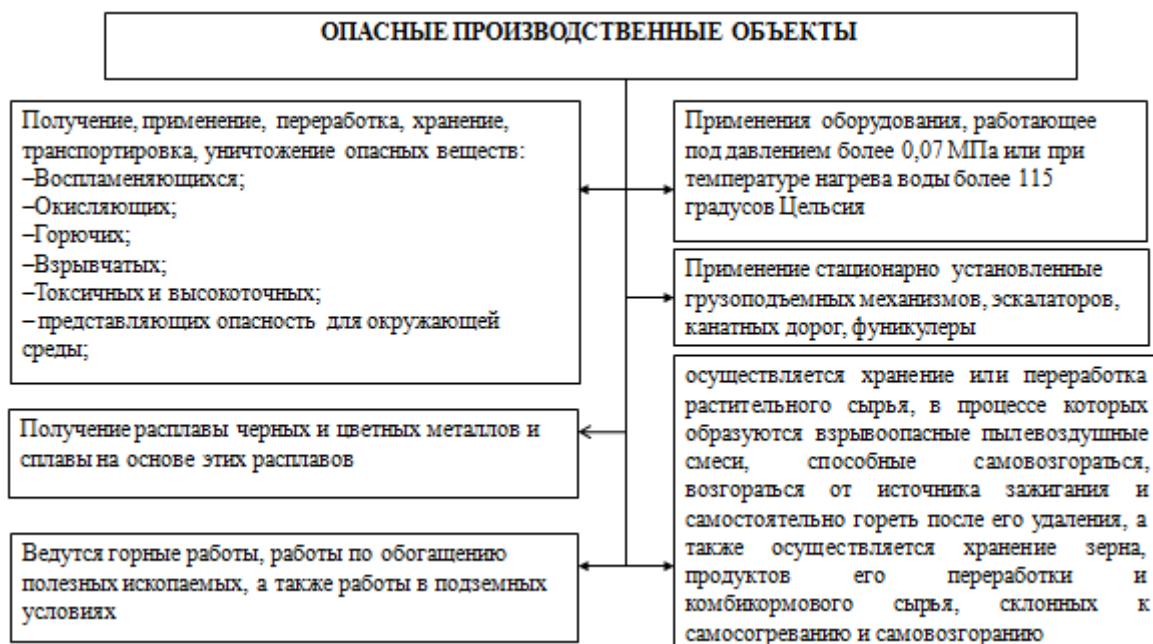


Рисунок 4.1 - Виды опасных производственных объектов

Отнесение объекта к категории опасного производственного объекта осуществляется в процессе его идентификации на основании установления признаков, указанных выше.

По степени опасности опасные производственные объекты подразделяются на следующие типы (по убыванию):

1. К **первому типу** относятся объекты, на которых получают, используют, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества (ОВ) в количествах, равных или превышающих количество, установленное приложением 2 Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и указанное в таблицах 4.1 и 4.2.

2. Ко **второму типу** относятся не относящиеся к первому типу объекты, на которых получают, используют, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества в количестве, меньшем чем количество, установленное приложением 2 Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и указанное в таблицах 4.1 и 4.2.

В процессе идентификации опасных производственных объектов первого и второго типа следует применять следующие принципы:

- для опасных веществ, не указанных в таблице 4.1, применять данные таблицы 4.2;
- в случае если расстояние между опасными производственными объектами менее пятисот метров, учитывается суммарное количество опасного вещества;
- если применяется несколько видов опасных веществ одной и той же категории, то их суммарное пороговое (предельное) количество определяется условием:

$$\sum_{i=1}^n m(i)/M(i) > 1, \quad (4.1)$$

где $m(i)$ – количество применяемого вещества;

$M(i)$ – пороговое (предельное) количество того же вещества в соответствии с таблицами 4.1 и 4.2 для всех i от 1 до n .

Таблица 4.1 – Критерии отнесения объектов к категории опасных производственных объектов (химические вещества)

Наименование опасного вещества	Предельное кол-во ОБ, т
1	2
Аммиак	500
Нитрат аммония (нитрат аммония и смеси аммония, в которых содержание азота из нитрата аммония составляет более 28 процентов массы, а также водные растворы нитрата аммония, в которых концентрация нитрата аммония превышает 90 процентов массы)	2500
Нитрат аммония в форме удобрений (простые удобрения на основе нитрата аммония, а также сложные удобрения, в которых содержание азота из нитрата аммония составляет более 28 процентов массы (сложные удобрения содержат нитрат аммония вместе с фосфатом и (или) калием)	10000
Акрилонитрил	200

Продолжение таблицы 4.1

1	2
Хлор	25
Оксид этилена	50
Цианистый водород	20
Фтористый водород	50
Сернистый водород	50
Диоксид серы	250
Триоксид серы	75
Алкилы свинца	50
Фосген	0,75
Метилизоцианат	0,15

Таблица 4.2 – Критерии отнесения объектов к категории опасных производственных объектов (пожаровзрывоопасные вещества)

Наименование опасного вещества	Предельное кол-во ОВ, т
Воспламеняющиеся газы	200
Горючие жидкости, находящиеся на товарно-сырьевых складах и базах	50000
Горючие жидкости, используемые в технологическом процессе или транспортируемые по магистральному трубопроводу	200
Токсичные вещества	200
Высокотоксичные вещества	20
Окисляющие вещества	200
Взрывчатые вещества	50
Вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды	200

К *третьему типу* относятся не относящиеся к первым двум типам объекты, обладающие признаками опасности, определенными приложением 1 Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

В случае если объект обладает несколькими признаками опасности, его рекомендуется относить к тому типу, для которого размер минимальной страховой суммы наибольший (принцип поглощения более опасным типом менее опасного).

В случае если объект обладает несколькими признаками опасности, характерными для одного типа опасных производственных объектов, размер минимальной страховой суммы не зависит от количества указанных признаков (принцип независимости).

Либо при наличии на объекте нескольких признаков третьего типа опасных производственных объектов (например, наличие стационарно установленных грузоподъемных механизмов, независимо от их количества, и использование оборудования, работающего под давлением более 0,07 МПа, также независимо от их количества) минимальная страховая сумма увеличится.

Результаты идентификации в рамках экспертизы промышленной безопасности оформляются в виде заключения экспертизы. Заключение экспертизы оформляется в трех экземплярах. Два экземпляра заключения передаются заказчику, другой остается у экспертной организации. Экземпляр заключения может являться приложением к договору страхования.

Заказчик передает заключение экспертизы в центральный аппарат или территориальный орган Госгортехнадзора России для рассмотрения и утверждения в установленном порядке.

Оформленные с нарушениями результаты идентификации опасных производственных объектов, а также выданные заключения экспертизы промышленной безопасности в части идентификации для страхования ответственности, не отражающие (либо неверно отражающие) признаки и условия идентификации, могут быть признаны органами Госгортехнадзора России недействительными. Такие результаты идентификации не могут быть основой для заключения договора страхования.

Результаты идентификации, проводимой организацией, эксплуатирующей опасный производственный объект, оформляются по форме, приведенной в Приложении А.

Вопросы и задания

1. Занести в тетрадь основные термины и определения по теме практического занятия.

2. На основании сведений о предприятии (выдаются преподавателем) разъяснить критерии отнесения к категории ОПО заполнить идентификационный лист ОПО (выдается преподавателем).

3. Ответить на вопросы практического занятия:

- Дайте определение понятию «объект экономики».
- Поясните критерии оценки и классификации объектов экономики.
- Какие производства относятся исключительно к сфере деятельности государства?
 - Какие объекты строят свою деятельность на основе выполнения требований органов госнадзора?
 - Назовите объекты, относящиеся к категории особо сложных.
 - Как классифицируются объекты по степени опасности? Ответ поясните определениями.
 - По каким критериям объекты относят к категории опасных производственных объектов? Приведите примеры.
 - По каким критериям объекты техносферы разделяют на группы? Назовите 4 группы потенциально опасных объектов (ПОО).
 - Как классифицируются объекты с точки зрения международного гуманитарного права?
 - Как классифицируются объекты экономики по ведомственной принадлежности?

- Какие объекты называются критически важными?
- Поясните порядок отнесения объекта к критически важному?
- По каким признакам классифицируются критически важные объекты (КВО)? Ответ поясните.
- Назовите этапы функционирования объектов экономики.
- Назовите режимы функционирования объектов экономики.
- Что такое технологический регламент?
- Для каких объектов составление технологических регламентов является обязательным?
- Каковы сроки действия технологических регламентов?
- Каково содержание технологических регламентов?
- Какие нормативно-правовые документы поясняют порядок разработки технологических регламентов?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Российская Федерация. Законы. О промышленной безопасности опасных производственных объектов от 21.07.97 г № 116-ФЗ [Текст]. – СПб. : Евразия, 1997.
2. Радоуцкий, В.Ю. Опасные технологии и производства Электронный ресурс : учебное пособие / Ю.В. Ветрова / В.Ю. Радоуцкий. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2014. - 183 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

Тема 3. Техногенные ЧС на объектах, содержащих горючие и взрывчатые вещества

Практическое занятие 5

Оценка последствий пожаров и взрывов

Цель: изучение причин и особенностей проявления техногенных пожаров и взрывов.

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов; способностью определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска.

Актуальность темы: необходимость определения специфических особенностей проявления пожаров и взрывов.

Теоретическая часть

Основная опасность открытых технологических установок – это высокая степень вероятности возникновения крупномасштабных пожаров. Крупномасштабный пожар можно определить как пожар, отличающийся от обычного промышленного пожара высокой интенсивностью горения и скоростью развития, быстрым распространением огневого фронта и созданием обширных зон загазованности. Основным поражающим фактором пожара для человека является тепловое излучение. Степень теплового поражения определяется величиной теплового импульса:

$$I_t = \frac{0,8 \cdot 10^6 Q_p^{2/3}}{L^2} F_R, \text{ кДж/м}^2, \quad (5.1)$$

где F_R – коэффициент ослабления теплового потока атмосферой ($F_R=0,35$);

Q_p – масса горючего вещества, т;

L – расстояние от центра пожара, м.

Характеристика теплового поражения человека представлена в таблице 5.1, зоны возможного поражения человека – на рисунке 5.1.

Таблица 5.1 – Характер теплового поражения человека

Степень ожога	Тепловой импульс I_t , кДж/м ²	Характер поражения
Первая	80 – 100	Покраснение и припухлость кожи. В лечении не нуждаются
Вторая	160 – 400	Образование на коже пузырей, наполненных жидкостью, потеря трудоспособности. Необходимо лечение
Третья	400 – 600	Полное разрушение кожного покрова, образование язв. Необходимо длительное лечение
Четвертая	Свыше 600	Омертвление подкожной клетчатки, мышц и костей, обугливание. Возможен смертельный исход

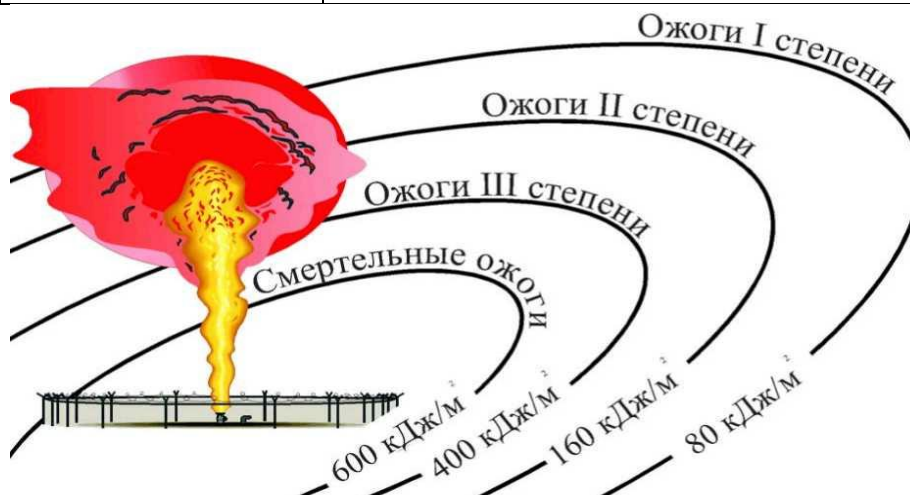


Рисунок 5.1 – Зоны возможного теплового поражения человека

В повседневной деятельности источниками возникновения пожара могут стать электрические изделия. Вероятность возникновения пожара в (от) электрических изделий и условия пожаробезопасности записывают следующим выражением:

$$Q_{\Pi} = Q_{\Pi.P} \cdot Q_{\Pi.З} \cdot Q_{Н.З} \cdot Q_{В} \leq 10^{-6}, \quad (5.1)$$

где $Q_{\Pi.P}$ – вероятность возникновения характерного пожароопасного режима в составной части изделия (возникновения КЗ, перегрузки, повышения переходного сопротивления и т. п.), 1/год;

$Q_{\Pi.З}$ – вероятность того, что значение (характерного электротехнического параметра (тока, переходного сопротивления и др.) лежит в диапазоне пожароопасных значений;

$Q_{Н.З}$ – вероятность несрабатывания аппарата защиты (электрической, тепловой и т. п.);

$Q_{В}$ – вероятность достижения горючим материалом критической температуры или его воспламенения.

Пожар разлития представляет собой разлитие воспламеняющейся жидкости, горящее устойчивым диффузионным пламенем. Такой пожар возникает при нарушении целостности и истечении жидкости низкой вязкости из технологических установок. Пожары разлития наиболее характерны для товарно-сырьевых парков объектов нефтепереработки и нефтехимии.

При пожарах разлития образуются зоны горения, теплового воздействия и загазованности. На рис.5.2 показан очаг теплового поражения человека при круговой форме пожара разлития.

Линейные размеры разлития зависят от объема вытекшей жидкости и условий растекания.

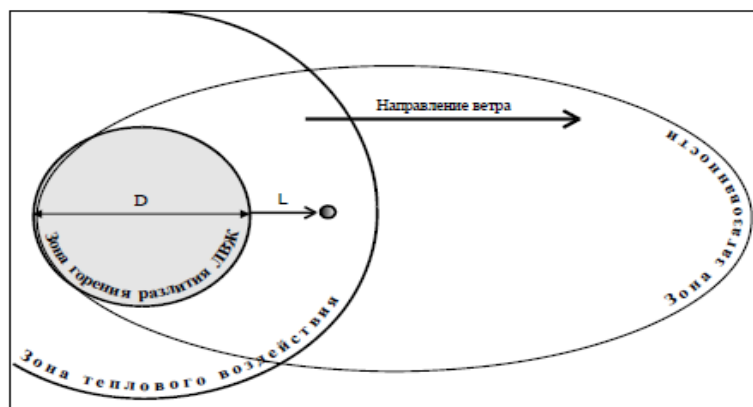


Рисунок 5.2 – Очаг теплового излучения при пожаре разлития

При свободном растекании диаметр разлития может быть определен из соотношения:

$$D = \sqrt{25,5 \cdot V} \quad (5.2)$$

где D – диаметр разлития, м;

V – объем легко воспламеняющейся жидкости (ЛВЖ), м³.

Расстояние, на котором будет наблюдаться тепловой поток с заданной величиной q , определяется по формуле:

$$L = 33,3 \cdot \ln \left(0,8 \cdot \frac{I_0}{q} \right) \quad (5.3)$$

I_0 – тепловой поток на поверхности факела, кВт/м² (таблица 5.2)

q – величина теплового потока на заданном расстоянии L от горящего разлития

Таблица 5.2 – Тепловой поток на поверхности факела от горящих разливов

Вещество	Тепловой поток, кВт/м ²
Ацетон	80
Бензин	130
Дизельное топливо	130
Гексан	165
Метанол	35
Метилацетат	50
Винилацетат	60
Аммиак	30
Керосин	90
Нефть	80
Мазут	60

Возможность воспламенения различных материалов при величине теплового потока q на заданном расстоянии L от горящего разлития определяется по таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Тепловые потоки, вызывающие воспламенение некоторых строительных материалов

Материалы	Тепловой поток (кВт/м ²), вызывающий воспламенение за время (с)			
	15	180	300	900
Древесина	53	19	17	14
Кровля мягкая	46	-	-	-

Парусина	36	-	-	-
Резина автомобильная	23	22	19	15
Слоистый пластик	-	22	19	15
Бумага	-	22	20	17

Пожар-вспышка – сгорание облака предварительно перемешанной газопаровоздушной смеси без возникновения волн давления, опасных для людей и окружающих объектов.

Огненный шар – крупномасштабное диффузионное пламя сгорающей массы распыленного жидкого топлива или парового облака, поднимающееся над поверхностью земли.

Таблица 5.4— Предельно допустимая интенсивность теплового излучения пожаров приливов ЛВЖ и ГЖ

Степень поражения	Интенсивность теплового излучения, кВт/м ²
Без негативных последствий в течение длительного времени	1,4
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2
Непереносимая боль через 20—30 с Ожог 1-й степени через 15—20 с Ожог 2-й степени через 30—40 с Воспламенение хлопка-волокна через 15 мин	7,0
Непереносимая боль через 3—5 с Ожог 1-й степени через 6—8 с Ожог 2-й степени через 12—16 с	10,5
Воспламенение древесины с шероховатой поверхностью (влажность 12 %) при длительности облучения 15 мин	12,9
Воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по строганой поверхности; воспламенение фанеры	17,0

Одной из наиболее серьезных опасностей пожаровзрывоопасных производств является газопаровое облако, которое образуется при мгновенном разрушении резервуаров хранения или испарении разлитых жидкостей.

Образование газопарового облака может привести к появлению трех типов опасностей:

- взрыву газопаровоздушной смеси;
- крупному пожару;

- токсическому воздействию.

Смесь углеводородных продуктов (метана, этилена, пропана, паров бензина, циклогексана и др.) с кислородом воздуха называется газопаровоздушной смесью (ГПВС). Эта смесь может либо взрываться либо воспламеняться. Воспламеняемость и взрываемость тесно связаны друг с другом и поэтому трудно предсказать, что произойдет при воспламенении

ГПВС – взрыв или пожар, так как это зависит от определенной концентрации углеводородов в объеме воздуха. Данное свойство ГПВС определяется концентрационными пределами воспламенения рассматриваемого вещества и характеризуется количеством газа в 1 м^3 воздуха, при котором возможно воспламенение газовой смеси. Так, например, возгорание смеси пропана с воздухом происходит при наличии в 1 м^3 воздуха не менее 95 л газа, а взрываемость при значительно меньших концентрациях: в 1 м^3 воздуха не более 21 л пропана.

При аварийных взрывах ГПВС размеры зон разрушений и параметры избыточного давления ВУВ зависят от количества взрывоопасного вещества и его физико-химических свойств.

Поднимаясь, огневой шар образует грибовидное облако, ножка которого - сильно восходящее конвективное течение. Такое течение всасывает продукты разлива и воздух внутрь шара, поддерживая горение. Наиболее высокая вероятность появления огневых шаров у сжиженных воспламеняющихся газов (типа пропилена) и сжатых воспламеняющихся газов (типа этилена).

Определение режима взрывного превращения облака газопаровоздушной смеси в пространстве

При прогнозировании последствий аварий на взрывоопасных объектах необходимо предварительно идентифицировать наиболее вероятный режим взрывного превращения (горения) газопаровоздушного облака. Все горючие вещества в промышленности классифицируют по степени чувствительности. Парогазовые смеси горючих веществ с воздухом по своим взрывоопасным

свойствам разделены на четыре класса, как показано в табл. 5.5. Характер взрыва газопаровоздушного облака и его последствия будут определяться также и классификацией пространства и территории, где этот взрыв произошел. Характер окружающего пространства в значительной степени определяет скорость взрывного превращения облака смеси и, следовательно, параметры ударной волны. Геометрические характеристики окружающего пространства разделены на виды в соответствии со степенью его загроможденности, как показано в табл. 5.6. С учетом сказанного выше, класс ожидаемого режима взрывного превращения горючего вещества, т. е. диапазона скоростей взрывного горения, может быть определен с помощью экспертной табл. 5.7

По классу пространства, окружающего место воспламенения облака ГПВС (табл.5.6) и классу вещества, участвующего во взрыве (табл.5.5) по экспертной таблице Института химической физики РАН (табл.5.7) определяется класс режима горения вещества.

По классу режима горения вещества определяется режим взрывного превращения облака ГПВС и диапазон скоростей распространения фронта пламени ω м/с (табл. 5.8)

Таблица 5.5 - Классификация взрывоопасных веществ по степени чувствительности

Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4
Особо чувствительны	Чувствительные вещества	Среднечувствительные вещества	Слабочувствительные вещества
ацетилен	акрилонитрил	ацетальдегид	бензол
винил ацетилен	акролеин	ацетон	декан
водород	аммиак	бензин	дизтопливо
гидразин	бутан	винил ацетат	дихлорбензол
метилацетилен	бутилен	винилхлорид	додекан
нитрометан	пентадиен	гексан	керосин
окись	бутадиен	генераторный газ	метан
изопропилнитр	пропан	изооктан	метилбензол
окись этилена	пропилен	метиламин	метилмеркаптан

этилнитрат	сероуглерод этан этилен эфиры: диметиловый дивиниловый метилбутиловый ШФЛУ	метил ацетат метилбутил кетон метилпропил метилэтил октан сероводород циклогексан этилхлорид	метилхлорид нафталин окись углерода фенол хлорбензол этилбензол
------------	---	--	--

***Примечание:** в случае, если вещество не внесено в классификацию, его следует классифицировать по аналогии с имеющимися в списке веществами, а при отсутствии информации о свойствах данного вещества его следует отнести к классу 1, т.е. рассматривать наиболее опасный случай.*

Таблица 5.6 – Характеристика классов пространства, окружающего место потенциальной аварии

№ класса	Характеристика пространства
1	Наличие смежных объемов, длинных труб, полостей, заполненных горючей смесью и т.д.
2	Сильно загроможденное пространство: наличие полузамкнутых объемов, высокая плотность размещения технологического оборудования, лес, большое количество повторяющихся препятствий
3	Среднезагроможденное пространство: отдельно стоящие технологические установки, резервуарный парк
4	Слабо загроможденное и свободное пространство

\

Таблица 5.7 - Экспертная таблица для определения режима взрывного превращения

Класс вещества	Класс окружающего пространства			
	1	2	3	4
1	1	1	2	3
2	1	2	3	4
3	2	3	4	5
4	3	4	5	6

Таблица 5.8 - Классификация режимов взрывных превращений облака ГПВС по диапазонам скоростей распространения фронта пламени

Класс режима горения	Режимы взрывных превращений облака ГПВС
1	Детонация или горение со скоростью фронта пламени $\omega \geq 500$ м/с

2	Дефлаграция, $\omega = 300-400$ м/с
3	Дефлаграция, $\omega = 200-300$ м/с
4	Дефлаграция, $\omega = 150-200$ м/с
5	Дефлаграция, $\omega = k_1 \cdot M_{ГПВС}^{1/6}$, где $k_1 = 35 \div 43$; $M_{ГПВС}$ - масса топлива в облаке ГПВС в тоннах
6	Дефлаграция, $\omega = k_2 \cdot M_{ГПВС}^{1/6}$, где $k_2 = 17 \div 26$

Вопросы и задания

1. Представить преподавателю конспект материала о видах емкостей, применяемых для хранения и транспортировки жидкостей и газов.
2. Ответить на вопросы по теме «Опасности объектов, содержащих горючие и взрывчатые вещества»:
 - Назовите категории веществ по способам хранения и перемещения. охарактеризуйте
 - Какие способы хранения и перемещения веществ вы знаете? Каким способом определяется технология хранения и перемещения вещества?
 - Опишите особенности испарения пожаровзрывоопасных жидкостей первой и третьей категорий
 - Опишите особенности испарения пожаровзрывоопасных жидкостей второй и четвертой категорий
 - Что такое эффект «BLEVE»? Какие предпосылки его возникновения вы знаете?
 - Какие последствия характерны для эффекта «BLEVE»? Дайте определения.
 - Какие элементы рассматривают при описании истечения газа из скважины?
 - Изобразите схему рассеивания в атмосфере аварийных выбросов газов из скважин, трубопроводов и аппаратов и схему горения высокоскоростной струи газа

- Назовите возможные режимы аварийной ситуации при взрыве газозудушной смеси в открытой атмосфере
- По каким критериям классифицируются пожаровзрывоопасные объекты? Приведите примеры таких объектов.
- Дайте определения понятиям «пожар-вспышка», «огневой шар», пожар пролива».

3. Решите задачи

Задача 1. Построить очаг и зоны поражения при пожаре пролива веществ, указанных в таблице 5.9, объемом V . Определить расстояния, на которых величины теплового потока составляют $q_1 - q_5$. Нанести их на схему. Оценить характер поражения человека при данном тепловом воздействии, а также вероятность возгорания и (или) распространения пламени

Таблица 5.9 – Исходные данные к задаче 1

Вариант	$V, \text{ м}^3$	$q_1, \text{ кВт/м}^2$	$q_2, \text{ кВт/м}^2$	$q_3, \text{ кВт/м}^2$	$q_4, \text{ кВт/м}^2$	$q_5, \text{ кВт/м}^2$
1	500	15	25	35	45	50
2	600	24	28	46	50	54
3	700	10	18	20	35	48
4	550	25	40	48	52	60
5	650	20	28	40	50	64
6	750	22	38	45	55	70
7	800	27	40	45	60	76
8	450	30	48	50	56	64
9	950	18	25	32	37	45
10	850	7	15	25	30	38

Задача 4. Определить режим взрывного превращения и скорость распространения фронта пламени при пожаре горючего вещества. Масса горючего вещества составляет $G \text{ М}$, кг. Исходные данные для решения задачи взять в соответствии со своим вариантом из табл. 5.10. По окончании расчетов сделайте выводы.

Таблица 5.10 - Исходные данные для решения задачи 4

№ варианта	Горючее вещество	Характеристика пространства, где происходит взрыв	Масса горючего вещества, Мг, кг
1	Ацетилен	Наличие полостей с газовой смесью	50
2	Бутан	Загроможденное пространство	10
3	Ацетон	Отдельно стоящее оборудование	100
4	Аммиак	Свободное пространство	20
5	Водород	Наличие полостей с газовой смесью	150

6	Бутилен	Загроможденное пространство	30
7	Бензин	Отдельно стоящее оборудование	200
8	Бензол	Свободное пространство	40
9	Изопропилнитрат	Наличие полостей с газовой смесью	250
10	Пропан	Загроможденное пространство	50

Список литературы, рекомендованный по данной теме:

1. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 2009.
2. ГОСТ Р 22.0.08 – 96. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Взрывы. Термины и определения параметров [Текст]. Введ. 1997 – 07 – 01. – М. : Изд-во стандартов, 1997.
3. Безопасность жизнедеятельности. Прогнозирование и оценка последствий техногенных аварий и стихийных бедствий Электронный ресурс : учебно-методическое пособие / А.А. Павлов / Т.И. Овчинникова / Б.С. Матрюков / О.М. Зиновьева. - Безопасность жизнедеятельности. Прогнозирование и оценка последствий техногенных аварий и стихийных бедствий, 2019-09-01. - Москва : Издательский Дом МИСиС, 2007. - 122 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

**Тема 3. Техногенные ЧС на объектах, содержащих горючие и
взрывчатые вещества**

Практическое занятие 6

**Оценка последствий взрывов оборудования, работающего под
давлением**

Цель: изучение особенностей функционирования оборудования, работающего под давлением.

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов; способностью определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска.

Актуальность темы: необходимость определения параметров и особенностей проявления взрывов оборудования, работающего под давлением.

Теоретическая часть

Физический взрыв может быть вызван внезапным разрушением сосуда со сжатым газом или с перегретой жидкостью, смешиванием перегретых твердых веществ (расплава) с холодными жидкостями и т. п.

В производственных технологиях часто приходится преднамеренно сжимать как инертные, так и горючие газы, затрачивая при этом

электрическую, тепловую или другие виды энергии. При этом сжатый газ (пар) находится в герметичных аппаратах различных геометрических форм и объемов, и имеет наряду с этим большой запас потенциальной энергии. Разгерметизация аппарата ведет к высвобождению его потенциальной энергии и взрыву. Вследствие этого возникают сильные ударные волны, образуется большое число осколков, что приводит к серьезным разрушениям и травмам обслуживающего персонала. В основном большая часть энергии взрыва переходит в энергию ударной волны и кинетическую энергию осколков. Так, например, 9 июля 1988 г. на одном из предприятий России произошел взрыв шарового газгольдера сжатого воздуха объемом 600 м^3 (радиус сферы 5,25 м), изготовленного из стали толщиной стенки 16 мм и рассчитанного для работы под давлением 0,8 МПа. Взрыву газгольдера предшествовало нарушение технологического режима, из-за чего давление в газгольдере достигло 2,3 МПа, и произошел его разрыв. Возникла ударная волна, которая полностью выбила стекла на расстоянии до 1,5 км от эпицентра взрыва, а на расстоянии до 2,5 км - частично.

Ниже приведены методики расчета параметров взрывов резервуаров с горючей жидкостью, находящихся в очаге пожара, а также взрывов сосудов под давлением с перегретой водой и химически инертными газами.

Расчет параметров волны давления при взрыве резервуара с перегретой жидкостью или сжиженным газом при воздействии на него очага пожара

При пожарах возможны взрывы различных баллонов со сжиженным газом или перегретой жидкостью. Замкнутый резервуар может оказаться в очаге пожара, происходит нагрев его содержимого до температуры, существенно превышающей нормальную температуру кипения, с соответствующим повышением давления. За счет нагрева несмоченных стенок сосуда уменьшается предел прочности их материала, в результате чего при определенных условиях оказывается возможным разрыв резервуара с возникновением волн давления и образованием «огненного шара». Такая авария произошла в городе Томске 30 ноября 2012 г.,

когда в одной из квартир жилого дома работники строительной организации по изготовлению натяжного потолка разогревали тепловой пушкой баллон со сжиженным газом. Произошел взрыв, вызвавший человеческие жертвы.

Разрыв резервуара в очаге пожара с образованием волн давления получил в мировой практике название *BLEVE* (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion - взрыв расширяющихся паров вскипающей жидкости).

Возможность возникновения взрыва BLEVE для конкретного вещества, хранящегося в замкнутой емкости, зависит от многих параметров. Методика такого расчета приведена в [3].

На первом этапе расчета определяется возможность возникновения при пожаре взрыва BLEVE, для чего определяется параметр δ по формуле:

$$\delta = \frac{C_p}{Q_{\text{исп}}} (T_H - T_{\text{кип}}) \quad (6.1)$$

где C_p - удельная теплоемкость жидкости в емкости, кДж/(кг·К);

T_H - температура жидкости, соответствующая температуре насыщенного пара при давлении срабатывания установленного предохранительного клапана, К;

$T_{\text{кип}}$ - температура кипения жидкости при атмосферном (нормальном) давлении, К;

$Q_{\text{исп}}$ - удельная теплота испарения жидкости при температуре кипения $T_{\text{кип}}$, кДж/кг.

Значения теплоты испарения, температуры кипения и удельной теплоемкости среды в жидкой фазе при нормальном давлении приводятся в справочниках, или они могут быть взяты для некоторых веществ по табл. 6.1.

Если в результате расчета получаем, что $\delta < 0,35$, взрыва BLEVE не происходит. В противном случае, при $\delta \geq 0,35$, вероятность возникновения данного явления велика.

Таблица 6.1 – Теплофизические свойства веществ при давлении 101,3 кПа

Соединение	Формула	Темпе-	Теплота	Удельная	Константы уравнения Антуана
------------	---------	--------	---------	----------	-----------------------------

		температура кипения, °C	температура испарения, °C	теплоемкость жидкой фазы, кДж/(кг·°C)	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C_A</i>
Ацетальдегид	C ₂ H ₄ O	293,3	584	2,180	7,18246	1287,625	161,330
Ацетон	C ₃ H ₆ O	329,3	525	2,491	7,25058	1281,721	237,088
Бензол	C ₆ H ₆	353,3	394	1,674	6,98426	1252,776	225,178
Гексан	C ₆ H ₁₄	341,9	332	2,262	6,87024	1166,274	223,661
Гептан	C ₇ H ₁₆	371,6	316	2,180	6,95154	1295,405	219,819
Диэтилэфир	C ₄ H ₁₀ O	307,7	384	2,320	6,99790	1098,945	232,372
Изобутан	C ₄ H ₁₀	261,5	366	2,240	5,95318	916,054	243,783
Изопентан	C ₅ H ₁₂	300,9	342	1,647	6,79306	1022,551	233,493
Изопропилбензол	C ₉ H ₁₂	370,3	316	1,717	6,93773	1460,668	207,652
Метилловый спирт	C ₂ H ₄ O	337,7	1100	2,547	8,22777	1660,454	245,818
п-Пентан	C ₅ H ₁₂	282,7	315	1,670	6,84715	1062,555	231,805
н-Бутан	C ₄ H ₁₀	272,6	385	2,240	6,00525	968,098	242,555
н-Пентан	C ₅ H ₁₂	309,3	357	2,670	5,97208	1062,555	231,805
н-Пропиловый спирт	C ₃ H ₈ O	370,3	750	0,766	8,31708	1751,981	225,125
Пропилен	C ₃ H ₆	225,5	438	2,430	5,94852	786,532	247,243
Толуол	C ₇ H ₈	383,6	412	1,138	6,0507	1328,171	217,713
Уксусная кислота	C ₂ H ₄ O	391	406	2,010	7,79545	1789,908	245,908
Хлорбензол	C ₆ H ₅ Cl	404,8	313	1,221	7,26112	1607,316	235,351
Циклогексан	C ₆ H ₁₂	353	358	1,859	6,64788	1095,531	210,064
Этиловый спирт	C ₂ H ₆ O	351,5	840	2,428	8,68665	1918,508	252,125

При разрушении стенок сосуда с перегретой жидкостью резко падает давление от давления в сосуде P (или давления срабатывания предохранительного клапана) до атмосферного давления P_0 . В результате происходит адиабатное (изоэнтропическое) расширение среды. Перегретая жидкость начинает резко испаряться с переходом в пар с образованием его большого количества, что вызывает волну давления. Параметрами волны давления, образующейся при взрыве BLEVE, являются избыточное давление ΔP в положительной фазе волны давления и безразмерный импульс i - положительной фазы волны. Избыточное давление может быть найдено по формуле

$$\Delta P = P_0 \left(0,8 \frac{M_{\text{ПР}}^{0,33}}{r} + 3 \frac{M_{\text{ПР}}^{0,66}}{r^2} + 5 \frac{M_{\text{ПР}}}{r^3} \right) \quad (6.2)$$

Импульс волны давления находится через приведенную массу по формуле

$$i_+ = 123 \frac{M_{\text{пр}}^{0,66}}{r} \quad (6.3)$$

P_0 – атмосферное давление, кПа. При расчетах допускается принимать $P_0 = 101,3$ кПа; r – расстояние от геометрического центра газопаровоздушного облака до рассматриваемого объекта, м;

Приведенную массу жидкой фазы вещества $M_{\text{пр}}$, кг, в формулах (2) и (3), которая участвует во взрыве, определяют по формуле

$$M_{\text{пр}} = \frac{Q_A}{Q_0} \quad (6.4)$$

где Q_A – тепловая энергия, выделяющаяся при адиабатном расширении жидкости, находящейся в резервуаре, кДж;

Q_0 – константа, равная $4,52 \cdot 10^3$ кДж/кг.

Значение выделяющейся при взрыве энергии, кДж, можно рассчитать по формуле

$$Q_A = C_{\text{эф}} M_{\text{ж}} (T - T_{\text{кип}}), \quad (6.5)$$

где $M_{\text{ж}}$ — масса жидкости в резервуаре, кг;

$C_{\text{эф}}$ -константа, равная $0,5$ кДж/(кг·К);

T - температура вещества в резервуаре в момент его взрыва, К;

$T_{\text{кип}}$ - температура кипения жидкости при атмосферном давлении, К.

При наличии в резервуаре установленного предохранительного клапана температуру вещества T_H , К, допускается рассчитывать по формуле:

$$T_H = \frac{B}{A - \lg P_k} - C_A + 273.15 \quad (6.6)$$

где A , B , C_A - константы уравнения Антуана для данного вещества, которые приведены в табл. 1;

P_k - давление срабатывания предохранительного клапана, кПа. Константа A должна соответствовать давлению, выраженному в кПа.

Пример. При пожаре в цехе в зоне очага горения оказался баллон, в котором находилось 24 кг бензола. В результате нагрева оболочка баллона

не выдержала и разрушилась. Бензол испарился, и его пары взорвались. Температура паров бензола в момент взрыва составила 500 К.

Определить, относится ли данный взрыв к взрыву BLEVE? Какое избыточное давление в положительной фазе волны давления создается на расстоянии 10 м от баллона?

Решение.

1. Определим, относится ли данный взрыв к взрыву BLEVE, для чего найдем параметр δ по формуле (1). Если в результате расчета получаем, что $\delta < 0,35$, взрыва BLEVE не происходит. В противном случае, при $\delta \geq 0,35$, вероятность возникновения данного явления велика

2. Определим значение энергии, кДж, выделяющейся при взрыве, по формуле (5):

3. Приведенную массу участвующего во взрыве бензола, кг, определим по формуле (4):

4. Найдем по формуле (2) избыточное давление в положительной фазе волны давления, кПа, которое создается на расстоянии 10 м от баллона в момент его взрыва:

Решите задание 1 самостоятельно

Расчет параметров волны давления при взрыве резервуара с перегретой водой

Аналогичные взрывы BLEVE могут происходить при разрыве резервуара с перегретой водой, например в паровых котлах. В барабане парового котла находится кипящая вода при высоком давлении. При разрыве стенки барабана котла давление в нем резко падает до атмосферного. Перегретая вода, имеющая большой запас энергии, мгновенно вскипает. Происходит адиабатное (изоэнтропическое) расширение воды. Образуется большое количество пара, который разрывает барабан котла, и происходит физический взрыв. Последствия таких взрывов очень тяжелые, т. к. кроме больших разрушений персонал подвергается термическому

воздействию горячей воды и пара, что приводит в конечном итоге к тяжелым травмам и смерти.

Методика расчета такого взрыва BLEVE аналогична выше приведенной.

На первом этапе расчета определяется возможность возникновения взрыва BLEVE через параметр δ в соответствии с формулой:

$$\delta = \frac{h_B - h_{BH}}{r_{исп}} \quad (6.7)$$

где h_B - удельная энтальпия воды в барабане котла при заданном давлении P_B , кДж/(кг);

h_{BH} - удельная энтальпия кипящей воды при атмосферном давлении, кДж/кг. При расчетах ее можно принимать равной $h_{BH} = 419,1$ кДж/кг;

$r_{исп}$ - удельная теплота испарения воды при атмосферном давлении, кДж/кг. Если испарение воды происходит при атмосферном давлении, то при расчетах ее можно принимать равной $r_{исп} = 2257$ кДж/кг.

Значения удельной энтальпии воды в зависимости от давления в барабане котла приведены в табл. 6.2.

Если в результате расчета получаем, что $\delta < 0,35$, взрыва BLEVE не происходит. В противном случае, при $\delta \geq 0,35$, вероятность возникновения данного явления велика.

Расчет избыточного давления ΔP в положительной фазе волны давления может быть сделан по формуле (6.2), а безразмерного импульса i_+ - по формуле (6.3).

Таблица 6.2 - Термодинамические свойства воды и водяного пара в состоянии насыщения

Абсолютное давление P_B , МПа	Энтальпия воды h_B , кДж/кг	Теплота испарения $r_{исп}$, кДж/кг
------------------------------------	-------------------------------	---

4.4	1110	1689
4.6	1123	1675
4.8	1136	1661
5.0	1149	1646
5.5	1177	1612
6.0	1207	1579
6.5	1234	1546
7.0	1260	1514
7.5	1285	1482
8.0	1310	1451
8.5	1333	1420
9.0	1356	1390
9.5	1378	1360
10.0	1399	1329
4.4	1110	1689
4.6	1123	1675
4.8	1136	1661
5.0	1149	1646
5.5	1177	1612
6.0	1207	1579
6.5	1234	1546
7.0	1260	1514
7.5	1285	1482
8.0	1310	1451
8.5	1333	1420

При разгерметизации барабана котла часть кипящей воды мгновенно испаряется, образуется большой объем пара, что и приводит к взрыву. В формулах (6.2) и (6.3) приведенную массу кипящей воды, кг, можно определить по формуле:

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{в}} \frac{h_{\text{в}} - h_{\text{вн}}}{Q_0}, \quad (6.8)$$

где разность энтальпий $h_{\text{в}} - h_{\text{вн}}$ числителя показывает значение удельной тепловой энергии, выделяющейся при адиабатном расширении 1 кг кипящей воды, находящейся в барабане котла, кДж/кг;

$M_{\text{в}}$ - масса воды в барабане котла до взрыва, кг;

Q_0 - константа, равная $4,52 \cdot 10^3$ кДж/кг.

Масса воды до взрыва, кг, может быть определена, если известен объем воды в барабане котла, по формуле:

$$M_{\text{в}} = \frac{V_{\text{в}}}{\rho'} \quad (6.9)$$

где $V_{\text{в}}$ -объем воды в барабане котла, м³;

v' - удельный объем кипящей воды при атмосферном давлении в барабане, м³/кг. При расчетах ее можно принимать равной $v'=0,001044$ м³/кг.

Масса образовавшегося при взрыве пара M_{Π} , кг, может быть определена по формуле

$$M_{\Pi} = \frac{M_{\text{В}}(h_{\text{В}} - h_{\text{ВН}})}{r_{\text{исп}}} \quad (6.10)$$

Объем образовавшегося пара, м³, составит:

$$V_{\Pi} = M_{\Pi} \cdot v'' \quad (6.11)$$

где v'' — удельный объем пара в состоянии насыщения при атмосферном давлении, м³/кг. Его можно принимать равным $v''=1,675$ м³/кг.

При расчете свойства воды и пара должны приниматься по табл. 2. При использовании других жидкостей в технологических процессах следует использовать соответствующие данные по их свойствам, которые приводятся в справочной литературе.

Решите задание 2 самостоятельно

Расчет параметров взрыва резервуара с химически инертным газом

Достаточно часто на производстве происходят аварии, сопровождающиеся физическими взрывами, т. е. когда сосуд или трубопровод, содержащие газ или пар под высоким давлением, разрушаются, что приводит к высвобождению значительной потенциальной энергии.

Работу, Дж, которую совершает сжатый газ при физическом взрыве и которая соответствует энергии взрыва, ориентировочно можно определить по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{P_1 - P_0}{k - 1} V \quad (6.12)$$

где V - объем сосуда со сжатым газом, м³;

P_1 — давление сжатого газа в сосуде до взрыва, Па;

P_o - атмосферное давление окружающей среды, до которого происходит расширение сжатого газа, Па. При расчетах можно принять, что $P_o = 1,013 \cdot 10^5$ Па;

k - показатель адиабатного расширения сжатого газа. При оценочных расчетах можно принять: $k = 1,67$ - для одноатомных газов; $k = 1,4$ - для двухатомных газов; $k = 1,33$ - для трех-и многоатомных газов.

Масса газа в сосуде M , кг, может быть определена из уравнения состояния:

$$M = \mu \frac{P_1 \cdot V}{R \cdot T} \quad (6.13)$$

где μ - молекулярная масса газа, кг/кмоль;

R — универсальная газовая постоянная, равная 8314 Дж/(кмоль К);

T — температура сжатого газа в сосуде до взрыва, К.

Приведенная масса расширяющегося газа в тротиловом эквиваленте, кг, может быть определена по формуле

$$M_{\text{пр}} = \frac{\mathcal{E}}{Q_T} \quad (6.14)$$

где Q_T — удельная энергия взрыва тринитротолуола (тротила), кДж/кг.

При расчетах она может быть принята равной $4,52 \cdot 10^6$ Дж/кг.

Зная приведенную массу в тротиловом эквиваленте $M_{\text{пр}}$, по формуле (15) можно определить избыточное давление во фронте создаваемой ударной волны ΔP , а по формуле (16) - импульс положительной фазы волны давления i_+ .

$$\Delta P = P_o \left(0,8 \frac{M_{\text{пр}}^{0,33}}{r} + 3 \frac{M_{\text{пр}}^{0,66}}{r^2} + 5 \frac{M_{\text{пр}}}{r^3} \right); \quad (6.15)$$

$$i_+ = 123 \frac{M_{\text{пр}}^{0,66}}{r} \quad (6.16)$$

Пример. В сферическом резервуаре радиусом 1 м давление азота в момент взрыва составило 3,2 МПа при температуре 300 К. Определить энергию взрыва и избыточное давление на расстоянии 100 м от эпицентра взрыва.

Решение.

1. Рассчитаем массу сжатого газа в резервуаре, кг, по формуле (6.13):
2. По формуле (6.12) определяем энергию взрыва (Дж)
3. Приведенную массу расширяющегося газа в тротильном эквиваленте, кг, определяем по формуле (6.14)
4. Избыточное давление, Па, на расстоянии r от эпицентра взрыва, определяем в соответствии с формулой (6.15).

Решите задание 3 самостоятельно

Вопросы и задания

Задание 1. Рассчитать избыточное давление и импульс положительной фазы волны давления при пожаре и нагреве цистерны со сжатым углеводородным соединением, если сработает предохранительный клапан. Связан ли этот взрыв с развитием взрыва BLEVE? В цистерне находится углеводородное соединение в жидкой фазе массой $M_{ж}$ при температуре 293 К. Давление срабатывания клапана P_K равно 2,0 МПа. К каким разрушениям приведет данный взрыв, если расстояние от эпицентра взрыва до объекта составляет r ? Решение задачи выполнить для своего варианта в соответствии с табл. 6.3. Сделать выводы по задаче.

Таблица 6.3- Исходные данные для решения задания 1

№ варианта	Горючая жидкость	Масса жидкости в цистерне $M_{ж}$, кг	Расстояние r , м	Давление срабатывания клапана P_K , МПа
1	Ацетальдегид	1000	20	5
2	Ацетон	1500	25	4,5
3	Бензол	2000	30	4

4	Гексан	2500	35	3,5
5	Гептан	3000	40	3
6	Диэтилэфир	3500	45	2,5
7	Изобутан	4000	50	2
8	Изопентан	4500	40	5
9	Изопропилбензол	5000	45	4,5
10	Метиловый спирт	5500	55	4
11	n-Пентан	6000	60	3,5
12	n-Бутан	6500	55	3
13	n-Пентан	7000	40	2,5
14	n-Пропиловый спирт	7500	45	2
15	Пропилен	8000	50	5

Таблица 6.4 – Предельно допустимое избыточное давление ΔP при взрывах газо-, паро- или пылевоздушных смесей в помещениях или на открытом пространстве, кПа

Степень поражения	Избыточное давление ΔP
Полное разрушение зданий	100
50%-е разрушение зданий	53
Среднее повреждение зданий	28
Умеренное повреждение зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и пр.)	12
Нижний порог повреждения человека волной давления	5
Малые повреждения (разбита часть остекления)	3

Задание 2. При работе парового котла из-за нарушения технологического режима произошло повышение давления в барабане котла и образовалась трещина. Произошел резкий сброс давления до атмосферного. Это вызвало мгновенное вскипание и испарение воды, что привело к взрыву. Рассчитать избыточное давление и импульс положительной фазы волны давления при взрыве барабана парового котла, имеющего объем V , заполненный наполовину кипящей водой под давлением P_B . Относится ли этот взрыв к взрыву BLEVE? Сколько образовалось при взрыве пара по массе и объему? Какое создалось избыточное давление ΔP в положительной фазе взрывной волны и чему равен безразмерный импульс i_+ положительной фазы волны? К каким разрушениям, в соответствии с табл.

4, приведет данный взрыв, если расстояние от центра взрыва до объекта составляет r ?

Решение задачи выполнить для своего варианта в соответствии с табл. 6.5. Сделать выводы по задаче.

Задание 3. На промышленной площадке находится металлическая цистерна цилиндрической формы, в которой находится газ под давлением. Вследствие неправильных действий обслуживающего персонала произошла разгерметизация сосуда. Произошел физический взрыв. Рассчитать избыточное давление ΔP и импульс положительной фазы волны давления i_+ при разрыве цилиндрического сосуда, если в нем находился химически инертный газ с давлением P_1 и температурой T . Диаметр сосуда d , длина l . Расстояние от эпицентра взрыва r . Чему будет равна энергия взрыва?

Решение задачи выполнить для своего варианта в соответствии с табл. 6.6. Сделать выводы по задаче.

Таблица 6.5 - Исходные данные для решения задания 2

№ варианта	Давление кипящей воды в барабане котла РБ, МПа	Объем барабана котла $V, \text{м}^3$	Расстояние $V, \text{м}$
1	4.8	4	20
2	10.0	10	25
3	7.0	6	18
4	6.5	12	21
5	5.5	8	15
6	9.0	16	17
7	4.4	20	22
8	8.5	14	26
9	9.5	18	30
10	7.5	22	24
11	4.4	30	16
12	8.0	24	32
13	6.0	26	34
14	5.5	5	24
15	4.6	9	22

Таблица 6.6 - Исходные данные для решения задания 3

№ варианта	Газ	Молекулярная масса μ	Давление МПа	Температура $T, \text{К}$	Размеры сосуда, м	Расстояние $r, \text{м}$
------------	-----	--------------------------	--------------	---------------------------	----------------------------	--------------------------

		кг/кмоль			d	l	
1	Азот	28,013	2	296	1	2	50
2	Кислород	31,999	3	300	2	3	60
3	Диоксид углерода	44,01	4	304	1,2	3	70
4	Гелий	4,003	5	308	2,1	4	80
5	Воздух	28,98	6	294	1,1	5	100
6	Аргон	39,948	2,4	298	2,3	6	ПО
7	Неон	20,179	3,4	302	1,3	7	120
8	Хлор	35,45	4,4	306	2,4	8	130
9	Криптон	83,80	5,4	295	1,4	9	140
10	Ксенон	131,30	2,8	297	1,5	1,4	150
11	Азот	28,013	3,8	299	0,9	2,4	160
12	Кислород	31,999	4,8	301	0,8	3,4	170
13	Диоксид углерода	44,01	5,8	303	1	4,4	180
14	Гелий	4,003	2,2	305	2,1	5,4	190
15	Воздух	28,98	3,2	307	1,6	6,4	200

Список литературы, рекомендованный по данной теме:

1. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 2009.

2. ГОСТ Р 22.0.08 – 96. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Взрывы. Термины и определения параметров [Текст]. Введ. 1997 – 07 – 01. – М. : Изд-во стандартов, 1997.

3. Белов, П. Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры : в 2 т. / П. Г. Белов ; МАТИ-Рос. гос. технологич. ун-т им. К.Э. Циолковского, Т. 1. - 2-е изд. - М. : Юрайт, 2015. - 460 с. - (Бакалавр и магистр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 458-460. - ISBN 978-5-9916-4703-8. - ISBN 978-5-9916-4719-9

Тема 3. Техногенные ЧС на объектах, содержащих горючие и взрывчатые вещества

Практическое занятие 7

Расчет размеров пожаровзрывоопасных зон

Цель: изучение факторов, обуславливающих формирование взрывоопасной среды.

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов ; способностью определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска .

Актуальность темы: необходимость знания условий формирования взрывных процессов.

Теоретическая часть

Пожаровзрывоопасность веществ и материалов – совокупность свойств, характеризующих их способность к возникновению и распространению горения. Следствием горения, в зависимости от его скорости и условий протекания, могут быть пожар (диффузионное горение) или взрыв (дефлаграционное горение предварительно перемешанной смеси горючего с окислителем).

Одним из показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов является концентрационный предел распространения пламени (нижний или верхний).

Нижний (верхний) концентрационный предел распространения (НКПР) пламени – минимальное (максимальное) содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой, при котором возможно

распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания.

Метод расчета зон, ограниченных НКПР газов и паров, при аварийном поступлении горючих газов и паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей в открытое пространство при неподвижной воздушной среде

1. Расстояния, ограничивающие область концентраций, превышающих НКПР ($X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$, м) для горючих газов (ГГ) и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), рассчитывают по формулам

для ГГ

$$X_{НКПР} = Y_{НКПР} = 14,6 \left(\frac{m_z}{\rho_z C_{НКПР}} \right)^{0,33}, \quad (7.1)$$

$$Z_{НКПР} = 0,33 \left(\frac{m_z}{\rho_z C_{НКПР}} \right)^{0,33}, \quad (7.2)$$

для паров ЛВЖ

$$X_{НКПР} = Y_{НКПР} = 3,2 \sqrt{K} \left(\frac{p_n}{C_{НКПР}} \right)^{0,8} \left(\frac{m_n}{\rho_n \cdot p_n} \right)^{0,33}, \quad (7.3)$$

$$X_{НКПР} = Y_{НКПР} = 0,12 \sqrt{K} \left(\frac{p_n}{C_{НКПР}} \right)^{0,8} \left(\frac{m_n}{\rho_n \cdot p_n} \right)^{0,33}, \quad (7.4)$$

где m_z – масса поступившего в открытое пространство ГГ при аварийной ситуации, кг;

ρ_z – плотность ГГ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м³;

m_n – масса паров ЛВЖ, поступивших в открытое пространство за время полного испарения, но не более 3600 с, кг;

ρ_n – плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м³;

p_n – давление насыщенных паров ЛВЖ при расчетной температуре, кПа;

K – коэффициент ($K = \frac{T}{3600}$ для ЛВЖ);

T – продолжительность поступления паров ЛВЖ в открытое пространство, с;

$C_{НКПР}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени ГГ или паров ЛВЖ, % (об.).

2. Радиус (R_0 , м), и высоту (Z_0 , м), зоны, ограниченной НКПР газов и паров, вычисляют исходя из значений $H_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$.

При этом $R_0 > X_{НКПР}$, $R_0 > Y_{НКПР}$ и $Z_0 > h + R_0$ для ГГ и $Z_0 > Z_{НКПР}$ для ЛВЖ (h – высота источника поступления газа от уровня земли, м).

Для ГГ геометрически зона, ограниченная НКПР газов, будет представлять цилиндр с основанием радиусом R_0 и высотой $h_0 = 2R_0$ при $R_0 \leq h$ и $h_0 = h + R_0$ при $R_0 > h$, внутри которого расположен источник возможного выделения ГГ.

Для ЛВЖ геометрически зона, ограниченная НКПР паров, будет представлять цилиндр с основанием радиусом R_0 и высотой $h = Z_{НКПР}$ при высоте источника паров ЛВЖ $h < Z_{НКПР}$ и $h_0 = h + Z_{НКПР}$ при $h \geq Z_{НКПР}$.

За начало отсчета зоны, ограниченной НКПР газов и паров, принимают внешние габаритные размеры аппаратов, установок, трубопроводов и т. п.

3. Во всех случаях значения $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$ должны быть не менее 0,3 м для ГГ и ЛВЖ.

Метод расчета размеров зон, ограниченных НКПР газов и паров, при аварийном поступлении горючих газов и паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей в помещение

Нижеприведенные расчетные формулы применяют для случая $100m/(\rho_{г,n} * V_{св}) < 0,5 * C_{НКПР}$ и помещений в форме прямоугольного параллелепипеда с отношением длины к ширине не более 5.

1. Расстояния $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$ рассчитывают по формулам

$$X_{НКПР} = K_1 l (K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{НКПР}})^{0,5}, \quad (7.5)$$

$$Y_{НКПР} = K_1 b (K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{НКПР}})^{0,5}, \quad (7.6)$$

$$Z_{\text{НКПР}} = K_3 h (K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{\text{НКПР}}})^{0,5}, \quad (7.7)$$

где K_1 — коэффициент, принимаемый равным 1,1314 для горючих газов и 1,1958 для легковоспламеняющихся жидкостей;

K_2 — коэффициент, равный 1 для горючих газов;

$K_2 = \frac{T}{3600}$ для легковоспламеняющихся жидкостей;

K_3 — коэффициент, принимаемый равным 0,0253 для горючих газов при отсутствии подвижности воздушной среды; 0,02828 для горючих газов при подвижности воздушной среды; 0,04714 для легковоспламеняющихся жидкостей при отсутствии подвижности воздушной среды и 0,3536 для легковоспламеняющихся жидкостей при подвижности воздушной среды;

h — высота помещения, м;

δ — допустимые отклонения концентраций при задаваемом уровне значимости $Q(C > \bar{c})$, приведенные в таблице 7.1;

l, b — длина и ширина помещения, соответственно, м;

C_0 —предэкспоненциальный множитель, % (об.), равный:

1) при отсутствии подвижности воздушной среды для горючих газов

$$C_0 = 3,77 \cdot 10^3 \cdot \frac{m}{\rho_{\text{св}} V_{\text{св}}}, \quad (7.8)$$

2) при подвижности воздушной среды для горючих газов

$$C_0 = 3 \cdot 10^2 \cdot \frac{m}{\rho_{\text{св}} V_{\text{св}} U}, \quad (7.9)$$

где U — подвижность воздушной среды, м/с;

3) при отсутствии подвижности воздушной среды для паров ЛВЖ

$$C_0 = C_n \left(\frac{m100}{C_n \rho_n V_{\text{св}}} \right)^{0,41}, \quad (7.10)$$

где C_n — концентрация насыщенных паров при расчетной температуре t_p , °С, воздуха в помещении, % (об.).

Таблица 7.1 – Значения допустимых отклонений δ концентраций при уровне значимости $Q (C > \bar{C})$

Характер распределения концентраций	$Q (C > \bar{C})$	δ
1	2	3
Для горючих газов при отсутствии подвижности воздушной среды	0,100 000	1,29
	0,050 000	1,38
	0,010 000	1,53
	0,003 000	1,63
	0,001 000	1,70
	0,000 001	2,04
Для горючих газов при подвижности воздушной среды	0,100 000	1,29
Для паров легковоспламеняющихся жидкостей при отсутствии подвижности воздушной среды	0,050 000	1,37
	0,010 000	1,52
	0,003 000	1,62
	0,001 000	1,70
	0,000 001	2,03
	0,100 000	1,19
Для паров легковоспламеняющихся жидкостей при подвижности воздушной среды	0,050 000	1,25
	0,010 000	1,35
	0,003 000	1,41
	0,001 000	1,46
	0,000 001	1,68
	0,100 000	1,21
	0,050 000	1,27
	0,010 000	1,38
	0,003 000	1,45
	0,001 000	1,51
	0,000 001	1,75

Концентрация (C_n , %) может быть найдена по формуле

$$C_n = \frac{100 p_n}{p_0}, \quad (7.11)$$

где p_n – давление насыщенных паров при расчетной температуре (находится по справочной литературе), кПа;

p_0 – атмосферное давление, равное 101 кПа;

ρ_n – плотность паров, кг/м³.

При подвижности воздушной среды для паров ЛВЖ предэкспоненциальный множитель (C_0 , %)

$$C_0 = C_n \left(\frac{m100}{C_n \rho_n V_{св}} \right)^{0,46}, \quad (7.12)$$

При отрицательных значениях логарифмов расстояния $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$ принимают равными 0.

2. Радиус R_6 и высоту Z_6 , м, зоны, ограниченной НКПР газов и паров, вычисляют исходя из значений $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$ для заданного уровня значимости Q .

При этом $R_6 > X_{НКПР}$, $R_6 > Y_{НКПР}$ и $Z_6 > h + R_6$ для ГГ и $Z_6 > Z_{НКПР}$ для ЛВЖ (h — высота источника поступления газа от пола помещения для ГГ тяжелее воздуха и от потолка помещения для ГГ легче воздуха, м).

Для ГГ геометрически зона, ограниченная НКПР газов, будет представлять цилиндр с основанием радиусом R_6 и высотой $h_6 = 2 R_6$ при $R_6 \leq h$ и $h_6 = h + R_6$ при $R_6 > h$, внутри которого расположен источник возможного выделения ГГ. Для ЛВЖ геометрически зона, ограниченная НКПР паров, будет представлять цилиндр с основанием радиусом R_6 и высотой $Z_6 = Z_{НКПР}$ высоте источника паров ЛВЖ $h < Z_{НКПР}$ и $Z_6 = h + Z_{НКПР}$ при $h \geq Z_{НКПР}$. За начало отсчета принимают внешние габаритные размеры аппаратов, установок, трубопроводов и т.п.

3. Во всех случаях значения расстояний $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$ должны быть не менее 0,3 м для ГГ и ЛВЖ.

Критерием определения потенциальной опасности пожаровзрывоопасного объекта экономики (ОЭ) служит количества вещества (Q , т), обращающегося на объекте, плотность рабочих и служащих объекта и населения в зоне потенциальной опасности, а также среднее число погибших при заданной плотности населения. Прогноз потенциальной опасности при мгновенном разрушении резервуара топливовоздушной смеси (ТВС), и при испарении разлитой жидкости представлены в таблицах 7.2, 7.3.

Таблица 7.2 – Прогнозирование потенциальной опасности ОЭ при взрыве ТВС А. Мгновенное разрушение резервуара хранения

Q, т	Среднее число погибших при плотности населения тыс. чел./км ²										Радиус смерт.поражения, м
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,1	0	0	0	1	1	1	1	2	2	3	14
0,5	0	1	1	1	2	3	4	5	6	8	24
1,0	1	1	1	2	3	5	6	8	9	12	30
3,0	1	2	4	5	6	9	12	16	19	25	43
5,0	2	4	5	7	9	13	18	22	26	35	51
10,0	3	6	8	11	14	21	28	35	42	56	65
15,0	4	7	11	15	18	27	36	46	55	73	74
25,0	5	10	15	20	26	38	51	64	77	102	88
50,0	8	16	24	32	41	61	81	102	122	162	110
100,0	13	26	39	52	64	97	129	161	193	258	139

Таблица 7.3 –Прогнозирование потенциальной опасности ОЭ при взрыве ТВС Б. Образование облака при испарении разлитой жидкости (из 50% массы)

Q, т	Среднее число погибших при плотности населения, тыс. чел./км ²										Радиус смерт. поражения, м
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	
0,1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	11
0,5	0	0	1	1	1	2	2	3	4	5	19
1,0	0	1	1	2	2	3	4	5	6	8	24
3,0	1	2	2	3	4	6	8	10	12	16	34
5,0	1	2	3	4	6	8	11	14	17	22	41
10,0	2	4	5	7	9	13	18	22	26	35	51
15,0	2	5	7	9	11	17	23	29	34	46	59
25,0	3	6	10	13	16	24	32	40	48	65	70
50,0	5	10	15	20	26	38	51	64	77	102	88
100,0	8	16	24	32	41	61	81	102	122	162	110

Вопросы и задания

1. Определить размеры зоны, ограниченной НКПР паров, при аварийной разгерметизации трубопровода, транспортирующего ацетон.

Данные для расчета.Трубопровод, транспортирующий ацетон, проложен на открытом пространстве на высоте h , м от поверхности земли. Трубопровод оснащен ручными задвижками.

Масса паров ацетона, поступивших в открытое пространство за время полного испарения, составляет m_n , кг при времени испарения T , с.

Максимально возможная температура для данной климатической зоны $t_p = 36$ °С. Плотность паров ацетона $\rho_a = 2,29$ кг/м³ при t_p . Нижний концентрационный предел распространения пламени паров ацетона $C_{НКПР} = 2,7$ % (об.). Давление насыщенных паров ацетона $p_n = 48,09$ кПа при t_p .

Таблица 7.4 – Исходные данные для решения задания 1

Вариант	h , м	m_n , кг	T , мин
1	0,5	240	60
2	0,8	200	70
3	0,6	150	80
4	0,7	210	90
5	0,9	230	50
6	1,0	250	40
7	1,1	180	100
8	0,5	260	45
9	0,7	280	55
10	0,9	300	100
11	1,2	160	65
12	1,4	130	30
13	0,4	170	35
14	0,6	190	95
15	0,9	220	110

2. Определить размеры зоны, ограниченной НКПР газов, при аварийной разгерметизации емкости с метаном на открытом пространстве.

Данные для расчета. При разгерметизации емкости в атмосферу поступит m_g , кг метана. Емкость представляет собой цилиндр с основанием радиусом x , м и высотой h_a , м. Максимально возможная температура для данной климатической зоны $t_p = 30$ °С. Плотность метана ρ_m при t_p равна 0,645 кг/м³. Нижний концентрационный предел распространения пламени метана $C_{НКПР} = 5,28$ % (об.)

Таблица 7.5 – Исходные данные для решения задания 2

Пара-метр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
m_g (кг)	20	15	16	17	18	19	21	23	24	25	26	27	28	29	30	31	22
x , м	1	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	1,0	1,2	1,3	1,4
h_a , м	10	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	11

3. Определить размеры зоны, ограниченной НКПР паров, образующейся при аварийной разгерметизации аппарата с ацетоном, при работающей и неработающей общеобменной вентиляции. Данные для расчета. В центре помещения размером $A \times B$, м² и высотой h_n , м установлен аппарат с ацетоном. Аппарат представляет собой цилиндр с основанием диаметром d_a , м, и высотой h_a , м, в котором содержится M , кг, ацетона. Расчетная температура в помещении $t_p = 30$ °С. Плотность паров ацетона ρ_a при t_p равна 2,33 кг/м³. Давление насыщенных паров ацетона p_n при t_p равно 37,73 кПа. Нижний концентрационный предел распространения пламени $C_{НКПР} = 2,7$ % (об.). В результате разгерметизации аппарата в помещение поступит M , кг, паров ацетона за время испарения T , с. При работающей общеобменной вентиляции подвижность воздушной среды в помещении $\nu = 0,1$ м/с (при уровне значимости Q).

4. Хранилище сжиженных углеводородных газов (СУГ) расположено в центре объекта размером 2х2 км. Масса хранящихся СУГ — 100 т. Плотность рабочих и служащих на объекте составляет 0,2 тыс. чел./км², а населения, проживающего на расстоянии 2 км от ОЭ, 0,8 тыс. чел./км². Определить, является ли ОЭ потенциально опасным при: а) мгновенном и полном разрушении резервуара; б) неполном разрушении резервуара.

Таблица 7.6 – Исходные данные для решения задания 3

Вариант	A, м	B, м	d_a , м	h_a , м	M кг	T, с	Q
1	40	40	0,5	1,0	25	208	0,1
2	35	35	0,6	1,1	26	200	0,05
3	36	36	0,7	1,2	27	180	0,03
4	37	37	0,8	1,3	28	170	0,01
5	38	38	0,9	1,4	29	150	0,1
6	39	39	1,0	1,6	30	220	0,05
7	30	30	1,1	1,7	31	250	0,03
8	25	25	1,2	1,8	32	120	0,01
9	28	28	0,6	1,0	24	170	0,1
10	42	42	0,5	1,0	26	270	0,05
11	43	43	0,6	1,1	28	300	0,03

12	45	45	0,7	1,2	26	220	0,01
13	26	26	0,8	1,3	30	230	0,1
14	27	27	0,9	1,4	32	310	0,05
15	29	29	1,0	1,6	33	160	0,03

Список литературы, рекомендованный по данной теме:

1. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 2009.

2. Безопасность жизнедеятельности. Прогнозирование и оценка последствий техногенных аварий и стихийных бедствий Электронный ресурс : учебно-методическое пособие / А.А. Павлов / Т.И. Овчинникова / Б.С. Матрюков / О.М. Зиновьева. - Безопасность жизнедеятельности. Прогнозирование и оценка последствий техногенных аварий и стихийных бедствий, 2019-09-01. - Москва : Издательский Дом МИСиС, 2007. - 122 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

3. Белов, П. Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры : в 2 т. / П. Г. Белов ; МАТИ-Рос. гос. технологич. ун-т им. К.Э. Циолковского, Т. 1. - 2-е изд. - М. : Юрайт, 2015. - 460 с. - (Бакалавр и магистр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 458-460. - ISBN 978-5-9916-4703-8. - ISBN 978-5-9916-4719-9

Тема 3. Техногенные ЧС на объектах, содержащих горючие и взрывчатые вещества

Практическое занятие 8

Пожаровзрывоопасные объекты и аварии на них (семинар)

Цель: закрепление теоретических знаний по теме " Техногенные ЧС на объектах, содержащих горючие и взрывчатые вещества "

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций:

способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов .

Актуальность темы: необходимость знаний о пожаровзрывоопасных свойствах веществ и материалов, причинах и особенностях проявления техногенных ЧС с пожарами и взрывами.

Теоретическая часть

Практическое занятие проходит в форме традиционного семинара, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний лекционного материала по теме "Техногенные ЧС на объектах, содержащих горючие и взрывчатые вещества"

Вопросы и задания

1. Дайте определение понятиям «пожар», «взрыв».
2. По каким признакам классифицируются пожары?
3. Какие виды взрывов вы знаете?
4. Назовите поражающие факторы пожаров и взрывов.
5. Каковы основные причины пожаров и взрывов на производстве?
6. Какие параметры характеризуют пожары?
7. Назовите показатели, характеризующие пожаровзрывоопасность веществ и материалов.
8. На какие группы подразделяются вещества и материалы по горючести?

9. Какими свойствами характеризуется пожарная опасность строительных, текстильных и кожевенных материалов?
10. На какие группы подразделяются технологические среды по пожаровзрывоопасности?
11. Какие вещества называются взрывчатыми? Назовите основные характеристики взрывчатых веществ.
12. Как подразделяются взрывчатые вещества по взрывчатым свойствам?
13. Дайте определение понятию «пожаровзрывоопасный объект». Какие объекты относятся к категории пожаровзрывоопасных?
14. Как классифицируются пожаровзрывоопасные объекты?
15. Назовите особенности развития аварийных ситуаций на различных пожаровзрывоопасных объектах.
16. Какие виды пожаровзрывоопасных объектов свойственны для территории Ставропольского края?
17. Какие иницирующие аварийные ситуации события являются наиболее вероятными на объектах?
18. Какие факторы влияют на сценарий развития аварии на пожаровзрывоопасных объектах?
19. Что такое газопаровоздушное облако?
20. Что такое огненный шар?
21. Поясните возможные сценарии развития аварии на пожаровзрывоопасных объектах.

Список литературы, рекомендованный по данной теме:

1. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ [Текст]. – М. : Изд-во стандартов, 2009.
2. Чрезвычайные ситуации в техносфере Электронный ресурс : практикум / Ю.А. Соколова / Н.И. Макридин / Г.П. Разживина / Э.А.

Овчаренков. - Чрезвычайные ситуации в техносфере, 2019-06-09. - Москва : Палеотип, 2013. - 220 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-94727-618-3

**Тема 4. Техногенные ЧС на объектах, содержащих опасные
химические вещества**

Практическое занятие 9

Оценка опасности химически опасного объекта

Цель: изучение методики оценки опасности химически опасного объекта

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов ; способностью определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска .

Актуальность темы: необходимость формирования навыков оценки опасности химически опасного объекта.

Теоретическая часть

Все химически опасные объекты (ХОО) классифицируются по степени потенциальной опасности. В основе этой классификации лежит количественная оценка степени потенциальной опасности (ПО) по:

- 1) масштабам возможных последствий химической аварии на ХОО ($ПО_1$);
- 2) характеру развития (вероятному «сценарию») возможной химической аварии ($ПО_2$);
- 3) степени токсической опасности опасного химического вещества

(ОХВ), используемых на ХОО(ПО₃);

4) риску возникновения аварии на ХОО (ПО₄);

5) пожаро- и взрывоопасность объекта (ПО₅).

В классификации степени потенциальной опасности по *масштабам последствий химической аварии* на ХОО (ПО₁) критерием является количество людей, которые могут оказаться в возможной (прогнозируемой) зоне химического заражения (таблица 4.1)

К ХОО с ПО₁ = 1 – крупные предприятия и объекты промышленности, расположенные в непосредственной близости или на территории крупнейших и крупных городов.

К ХОО с ПО₁ = 2 – предприятия промышленности, водоочистные сооружения коммунальных служб больших и средних городов, крупные ж/д узлы.

К ХОО с ПО₁ = 3 относятся небольшие предприятия промышленности местного значения, водоочистные сооружения и др. средних и малых городов и сельских населенных пунктов.

К ХОО с ПО₁ = 4 относятся предприятия и объекты с относительно малым количеством опасных химических веществ(ОХВ), менее 0,1 т.

В классификации степени потенциальной опасности *по характеру развития возможной химической аварии*(ПО₂, таблица 9.2) критерием является наиболее вероятный «сценарий» развития химической аварии в зависимости от физико-химических свойств веществ, условий хранения и др. Эта классификация относительна в связи с многообразием различных ОХВ, хранящихся на предприятиях.

Таблица 9.1 – Классификация степени потенциальной химической опасности ХОО (ПО₁) по возможному масштабу последствий химической аварии

Степень потенциальной опасности	Количество людей в возможной (прогнозируемой) зоне химического заражения, тыс. человек
1	Более 75
2	От 40 до 75
3	Менее 40
4	Зона заражения в пределах санитарно-защитной зоны

Таблица 9.2 – Классификация степени потенциальной опасности ХОО ($ПО_2$) по характеру развития возможной химической аварии

Степень потенциальной опасности	Характер развития возможной химической аварии
1	Образуется только первичное облако зараженного воздуха
2	Пролив (разлив) ОХВ с образованием первичного и вторичного облака зараженного воздуха
3	Пролив (разлив) ОХВ с образованием только вторичного облака зараженного воздуха
4	Заражение территории объекта и сточных вод малолетучими ОХВ при их проливе (разливе)

По степени токсической опасности ХОО классифицируются в зависимости от класса ОХВ, находящихся на объекте. Известно, что они подразделяются на четыре класса опасности: первый – чрезвычайно опасные, второй – высокоопасные, третий – умеренно опасные, четвертый – малоопасные.

Класс опасности ХОО определяется в зависимости от показателей и норм опасности, приведенных в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Классификация степени потенциальной опасности ХОО ($ПО_3$) в зависимости от показателей и норм для определения класса опасности ОХВ

Наименование показателя	Нормы для определения класса опасности			
	1	2	3	4
Предельно допустимая	менее 0,1	0,1 – 1,0	1,1– 10,0	Более 10,0

концентрация ОХВ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³				
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	менее 15	15 – 150	151 – 500	Более 500
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	менее 100	100 – 500	601– 2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	менее 500	500– 5000	5001–50000	Более 50 000
Коэффициент возможного ингаляционного отравления (КВИО)	более 300	300 – 30	29 – 3	Менее 3

Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых ОХВ приведены в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – ПДК некоторых ОХВ в воздухе рабочей зоны

Наименование ОХВ	ПДК, мг/м ³
Диоксид азота	2
Аммиак	20
Бромгексан	0,3
Метилдихлорацетат	15
Трифенилфосфат	1
Фосфин	0,1
Фтор	0,03
Хром фосфат	2

В классификации ХОО по риску возникновения аварий ($ПО_4$) различают четыре степени потенциальной опасности объектов, в зависимости от индивидуального риска (r). Это и служит критерием оценки объекта. К ХОО с $ПО_4=1$ относят критические объекты с $r = 1 \cdot 10^{-3}$; с $ПО_4 = 2$ – очень опасные с $r = 1 \cdot 10^{-4}$; с $ПО_4 = 3$ – опасные с $r = 1 \cdot 10^{-5}$; с $ПО_4 = 4$ – малоопасные с $r = 1 \cdot 10^{-6}$.

В классификации степени потенциальной опасности ХОО по взрыво- и пожароопасности ($ПО_5$) критерием является потенциал по взрыво- и пожароопасности (F , таблица 9.5)

Таблица 9.5 – Классификация степени потенциальной опасности ХОО по потенциалу взрыво- и пожароопасности ($ПО_5$)

Степень потенциальной опасности	Потенциал взрыво- и пожароопасности объекта
1	$F > 95$

2	$65 < F < 95$
3	$0 < F < 65$
4	$F = 0$

Для определения общей степени потенциальной опасности ХОО может быть использован обобщенный показатель опасности (ОПО), который определяется по сумме рассмотренных выше степеней опасности элементов объекта:

$$ОПО = ПО_1 + ПО_2 + ПО_3 + ПО_4 + ПО_5. \quad (9.1)$$

По значению обобщенного показателя ХОО делятся на 4 категории опасности (таблица 9.6)

Таблица 9.6 – Категории опасности ХОО по обобщенному показателю опасности (ОПО)

Категория опасности ХОО	Значение обобщенного показателя опасности
1(критическая)	5 – 8
2 (чрезвычайная)	9 – 12
3 (очень опасная)	13 – 16
4 (опасная)	17 – 20

Немаловажным показателем опасности ХОО является количество опасного вещества, обращающегося на опасном объекте.

Массу опасного вещества, обращающегося на опасном производственном объекте ($M_{ов}$, кг), определяют по формуле

$$M_{ов} = \rho(P, T) \cdot V_r, \quad (9.2)$$

где $\rho(P, T)$ – плотность вещества при давлении P и температуре T , определяемых условиями его хранения или перемещения, кг/м³;

V_r – объём, который занимает вещество, м³, равный

$$V_r = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l, \quad (9.3)$$

где d – диаметр трубопровода, м;

l – длина трубопровода, м.

Методика расчёта плотности зависит от агрегатного состояния вещества. Каждому значению температуры вещества соответствует свое значение давления насыщения. Это значение с ростом температуры увеличивается. Значение давления насыщения (P_n , Па) можно определить по следующей формуле:

$$P_n = P_{кр} \cdot \exp(f_1^{(0)} + \omega \cdot f_1^{(1)}), \quad (9.4)$$

где $P_{кр}$ – критическое значение давления для заданного ОХВ, МПа (таблица 9.7);

$f_1^{(0)}, f_1^{(1)}$ – коэффициенты полинома;

ω – фактор ацентричности, характеризующий строение молекулы и её полярность.

Таблица 9.7 – Физико-химические параметры некоторых веществ

Вещество	Критическое давление $P_{кр}$, МПа	Критическая температура $T_{кр}$, К	Температура кипения T_k , К
Аммиак	11,3	405,55	239,66
Бутан	3,83	425,2	272,5
Пропан	4,27	369,99	230,91
Хлор	7,76	417	238,9

Коэффициенты полинома определяются по следующим выражениям:

$$f_1^{(0)} = 5,92714 - \frac{6,09648}{T_{np}} - 1,28862 \cdot \ln T_{np} + 0,16934 \cdot T_{np}^6, \quad (9.5)$$

$$f_1^{(1)} = 15,2518 - \frac{15,6875}{T_{np}} - 13,4721 \cdot \ln T_{np} + 0,43577 \cdot T_{np}^6, \quad (9.6)$$

где T_{np} – приведённая температура вещества, К, определяемая по формуле

$$T_{np} = \frac{t_{ОХВ} + 273}{T_{кр}}, \quad (9.7)$$

где $t_{ОХВ}$ – температура ОХВ, °С;

$T_{кр}$ – критическое значение температуры для заданного ОХВ, К (таблица 7).

Фактор ацентричности

$$\omega = \frac{A_{\omega}}{B_{\omega}}. \quad (9.8)$$

Числитель выражения для фактора ацентричности

$$A_{\omega} = -\ln(9,8 \cdot P_{кр}) - 5,9271 + 6,0965 \cdot \Theta^{-1} + 1,2886 \ln \Theta - 0,16935 \cdot \Theta^6, \quad (9.9)$$

где Θ – приведённая температура кипения вещества, равная

$$\Theta = \frac{T_{\kappa}}{T_{кр}}. \quad (9.11)$$

Знаменатель выражения для фактора ацентричности

$$B_{\omega} = 15,2518 - 15,6875 \cdot \Theta^{-1} - 13,4721 \ln \Theta + 0,4358 \cdot \Theta^6, \quad (9.10)$$

где T_{κ} – температура кипения ОХВ, К (таблица 9.7).

Для веществ с параметрами, близкими или равными параметрам насыщения, используют понятие коэффициента сжимаемости, который можно определить, используя вириальное уравнение состояния

$$Z = 1 + \frac{P}{R \cdot T} \cdot B, \quad (9.12)$$

где P – давление ОХВ, МПа;

R – индивидуальная газовая постоянная вещества, Дж/кг*К;

B – вириальный коэффициент.

Индивидуальная газовая постоянная вещества определяется отношением:

$$R = \frac{R_{\mu}}{\mu}, \quad (9.13)$$

где R_{μ} – универсальная газовая постоянная, $R=8,314$ Дж/моль*К;

μ – молекулярная масса вещества, г/моль.

Вириальный коэффициент определяется по формуле

$$B = \frac{R \cdot T_{кр}}{P_{кр}} \cdot (f_2^{(0)} + \omega \cdot f_2^{(1)}). \quad (9.14)$$

Коэффициенты полинома определяются по следующим выражениям:

$$f_2^{(0)} = 0,1445 - \frac{0,330}{T_{np}} - \frac{0,1385}{T_{np}^2} - \frac{0,0121}{T_{np}^3} - \frac{0,000607}{T_{np}^8}, \quad (9.15)$$

$$f_2^{(1)} = 0,0637 + \frac{0,331}{T_{np}^2} - \frac{0,423}{T_{np}^3} - \frac{0,008}{T_{np}^8}. \quad (9.16)$$

При известном значении коэффициента сжимаемости плотность (ρ , кг/м³) выражается следующей формулой:

$$\rho = \frac{P}{Z \cdot R \cdot T}, \quad (9.17)$$

Применимость вириального уравнения в усечённом виде ограничена диапазоном значений плотности менее половины критической. Погрешность расчёта плотности газовой фазы составляет, как правило, не более 5 %.

2. Задания

1. Определите категорию опасности химически опасного объекта.

Исходные данные (таблица 9.8):

- количество людей, которые могут оказаться в зоне возможного химического заражения – N , тыс. чел.;
- характер развития возможной химической аварии;
- характеристика ОХВ;
- риск возникновения аварий r ;
- потенциал по взрыво- и пожароопасности объекта, F .

2. На опасном производственном объекте используется ОХВ. Одним из технических устройств хлорного хозяйства является трубопровод длиной l м с внутренним диаметром трубы d м. Опасное техногенное вещество транспортируется при температуре $t_{ОХВ}$, °С и среднем давлении P , МПа. Определить количество опасного вещества, находящегося в данном техническом устройстве опасного производственного объекта.

Таблица 9.8 – Исходные данные для задачи 1

Вариант	N , тыс. чел.	Характер развития аварии	ОХВ	r	F
1	80	Первичное облако	Диоксид азота	10^{-3}	100

2	100	Первичное и вторичное облако	Аммиак	10^{-4}	70
3	60	Заражение территории	Бромгексан	10^{-5}	60
4	30	Вторичное облако	Метилдихлорацетат	10^{-6}	80
5	Рабочие объекта	Первичное облако	Трифенилфосфат	10^{-3}	40
6	70	Первичное и вторичное облако	Фосфин	10^{-4}	20
7	50	Заражение территории	Фтор	10^{-5}	0
8	60	Вторичное облако	Хром фосфат	10^{-6}	80
9	20	Первичное облако	Диоксид азота	10^{-3}	30
10	45	Первичное и вторичное облако	Аммиак	10^{-4}	90
11	Рабочие объекта	Заражение территории	Бромгексан	10^{-5}	96
12	36	Вторичное облако	Метилдихлорацетат	10^{-3}	36
13	120	Первичное облако	Трифенилфосфат	10^{-4}	48
14	67	Первичное и вторичное облако	Фосфин	10^{-5}	0
15	54	Заражение территории	Фтор	10^{-6}	45

Таблица 9.9 – Исходные данные для решения задачи 2

Вариант	Наименование ОХВ	l , м	d , м	t_{OXB} , °C	P , МПа
1	Аммиак	250	0,1	20	0,07
2	Бутан	200	0,13	18	0,06
3	Пропан	280	0,12	15	0,05
4	Хлор	260	0,11	16	0,04
5	Аммиак	220	0,12	17	0,03
6	Бутан	300	0,15	18	0,08
7	Пропан	270	0,14	22	0,09
8	Хлор	430	0,13	10	0,05
9	Аммиак	300	0,1	14	0,04
10	Бутан	280	0,11	17	0,03
11	Пропан	220	0,12	18	0,08
12	Аммиак	290	0,16	20	0,09
13	Бутан	300	0,18	24	0,05
14	Пропан	400	0,19	23	0,04
15	Хлор	500	0,17	25	0,05

Список литературы, рекомендованный по данной теме

1. Безопасность труда в химической промышленности : учеб. пособие / под ред. Л. К. Марининой. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2007.
2. Андрияшина, Т. Устойчивость объектов экономики в чрезвычайных ситуациях / Т.В. Андрияшина ; И.В. Чепегин. - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 194 с. - ISBN 978-5-7882-1557-0

3. Белов, П. Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры : в 2 т. / П. Г. Белов ; МАТИ-Рос. гос. технологич. ун-т им. К.Э. Циолковского, Т. 1. - 2-е изд. - М. : Юрайт, 2015. - 460 с. - (Бакалавр и магистр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 458-460. - ISBN 978-5-9916-4703-8. - ISBN 978-5-9916-4719-9

Тема 4.Техногенные ЧС на объектах, содержащих опасные химические вещества

Практическое занятие 10

Оценка обстановки при аварии на химически опасном объекте

Цель: Получение навыков оценки химической обстановки, складывающейся при аварии на химически опасном объекте

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов ; способностью определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска .

Актуальность темы: необходимость формирования навыков оценки последствий аварий на химически опасном объекте.

Теоретическая часть

Выброс опасного химического вещества — выход из технологических установок, емкостей для хранения или транспортирования опасного химического вещества или продукта в количестве, способном вызвать химическую аварию.

Пролив опасных химических веществ — вытекание при разгерметизации из технологических установок, емкостей для хранения или транспортирования опасного химического вещества или продукта в количестве, способном вызвать химическую аварию.

Первичное облако — облако ОВ, образующееся в результате очень быстрого (за 1–2 минуты) перехода в атмосферу части ОВ и

распространяющееся по ветру от места выброса; в первичном облаке может существовать ядро – область пространства, в которой концентрация на заданной высоте постоянна (не изменяется при перемещении в горизонтальном направлении, хотя может изменяться при перемещении по вертикале).

Вторичное облако (или шлейф) — облако ОВ, образующееся в результате длительного выброса газа или сжиженного газа, а также в результате испарения ОВ с подстилающей поверхности или из разгерметизированного оборудования и распространяющееся по ветру от места выброса; во вторичном облаке может существовать ядро – область пространства, в которой концентрация на заданной высоте постоянна (не изменяется при перемещении в горизонтальном направлении перпендикулярном направлению ветра, хотя может изменяться при перемещении по вертикали).

На глубину распространения АХОВ и на их концентрацию в воздухе значительно влияет вертикальные потоки воздуха. Их направление характеризуется степенью вертикальной устойчивости атмосферы.

Различают 3 степени вертикальной устойчивости атмосферы: инверсию, изотермию и конвекцию. Инверсия - это повышение температуры воздуха по мере увеличения высоты. Инверсии чаще всего образуются в приземном слое воздуха в безветренные ночи в результате интенсивного излучения тепла земной поверхностью, что приводит к охлаждению как самой поверхности, так и прилегающего слоя воздуха. Инверсионный слой является задерживающим в атмосфере, препятствует движению воздуха по вертикали, вследствие чего под ним накапливаются водяной пар, пыль, а это способствует образованию дыма и тумана. Инверсия препятствует рассеиванию воздуха по высоте и создает наиболее благоприятные условия для сохранения высоких концентраций АХОВ. Изотермия - характеризуется стабильным равновесием воздуха. Она наиболее типична для пасмурной погоды, но может возникнуть и в утренние и в вечерние часы. Изотермия так

же, как и инверсия, способствует длительному застою паров АХОВ на местности. Конвекция - это вертикальное перемещение воздуха с одних высот на другие. Воздух более тёплый перемещается вверх, а более холодный и плотный - вниз. При конвекции наблюдаются восходящие потоки воздуха, рассеивающие зараженное облако. Отмечается конвекция в летние ясные дни.

С целью своевременного принятия мер по защите персонала, объектов экономики и населения организуется химическая разведка и химический контроль. Химическая разведка проводится с целью своевременного выявления масштабов и характера заражения. Под масштабами заражения понимаются площадные характеристики (территория, подвергающаяся непосредственному заражению или над которой распространяются пары АХОВ или ОВ в опасных концентрациях). Под характером заражения понимаются тип ОВ и АХОВ, их концентрация в воздухе или плотность на местности.

Химический контроль осуществляется с целью обнаружения заражения оборудования, воды, объектов. Результаты химического контроля используются для определения возможности пользования тем или иным объектом, необходимости проведения его обеззараживания, полноты обеззараживания (дегазации). Для определения (обнаружения) ОВ и АХОВ используются биохимический, химический (калориметрический), люминесцентный и ионизационный методы.

Определение масштабов заражения АХОВ включает:

- определение эквивалентного количества вещества по первичному облаку;
- определение эквивалентного количества вещества по вторичному облаку;
- расчет глубины и площади зоны заражения при аварии на ХОО;
- расчет глубины и площади зоны заражения при разрушении ХОО;
- определение времени действия источника заражения;

— определение возможных потерь персонала ХОО и населения при аварии на ХОО и его разрушении.

Определение эквивалентного количества вещества, образующего первичное облако

Эквивалентное количество вещества *по первичному облаку* (в тоннах) определяется по формуле (10.1):

$$Q_{\text{э}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0, \quad (10.1)$$

где Q_0 — количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, т.

K_1 — коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ (определяет относительное количество АХОВ, переходящее при аварии в газ). Для сжатых газов $K_1 = 1$, в других случаях коэффициент K_1 зависит от АХОВ и определяется по таблице 10.1;

K_2 — коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ (удельная скорость испарения — количество испарившегося вещества в тоннах с площади 1 м^2 за 1 час, $\left[\frac{T}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}} \right]$), определяется по таблице 10.1;

K_3 — коэффициент, учитывающий отношение пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе данного АХОВ, определяется по таблице 10.1;

K_5 — коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха: принимается равным для инверсии $K_5 = 1$, для изотермии $K_5 = 0,23$ и для конвекции $K_5 = 0,08$;

K_7 — коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха, определяется по таблице 1 (для сжатых газов $K_7 = 1$);

Таблица 10.1 – Характеристики АХОВ и вспомогательные коэффициенты для определения глубины зоны заражения

№ п/п	АХОВ	Плотность АХОВ, т/м³		Температура кипения, °С	Пороговая токсическая доза, мг·мин/л	Значения вспомогательных коэффициентов								
		газ	жидкость			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температуры воздуха (°С)					
									-40	-20	0	20	40	
1	Акролеин	-	0,839	52,7	0,2*	0	0,013	3,0	0,1	0,2	0,4	1	2,2	
2	Аммиак													
	хранение под давлением	0,0008	0,681	-33,42	15	0,18	0,025	0,04	<u>0</u> 0,9	<u>0,3</u> 1	<u>0,6</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,4</u> 1	
	изотермическое хранение	-	0,681	-33,42	15	0,01	0,025	0,04	<u>0</u> 0,9	<u>1</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1</u> 1	
3	Ацетонитрил	-	0,786	81,6	21,6**	0	0,004	0,028	0,02	0,1	0,3	1	2,6	
4	Ацетонциангидрин	-	0,932	120	1,9**	0	0,002	0,316	0	0	0,3	1	1,5	
5	Водород мышьяковистый	0,0035	1,64	-62,47	0,2**	0,17	0,054	3,0	<u>0,3</u> 1	<u>0,5</u> 1	<u>0,8</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,2</u> 1	
6	Водород фтористый	-	0,989	19,52	4	0	0,028	0,15	0,1	0,2	0,5	1	1	
7	Водород хлористый	0,0016	1,191	-85,10	2	0,28	0,037	0,30	<u>0,4</u> 1	<u>0,6</u> 1	<u>0,8</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,2</u> 1	
8	Водород бромистый	0,0036	1,490	-66,77	2,4*	0,13	0,055	0,25	<u>0,3</u> 1	<u>0,5</u> 1	<u>0,8</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,2</u> 1	
9	Водород цианистый	-	0,687	25,7	0,2	0	0,026	3,0	0	0	0,4	1	1,3	
10	Диметиламин	0,0020	0,680	6,9	1,2*	0,06	0,041	0,5	<u>0</u> 0,1	<u>0</u> 0,3	<u>0</u> 0,8	<u>1</u> 1	<u>2,5</u> 1	
11	Метиламин	0,0014	0,699	-6,5	1,2*	0,13	0,034	0,5	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0,3</u>	<u>1</u>	<u>1,8</u>	

№ п/п	АХОВ	Плотность АХОВ, т/м³		Температура кипения, °С	Пороговая токсическая доза, мг·мин/л	Значения вспомогательных коэффициентов							
		газ	жидкость			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температуры воздуха (°С)				
									-40	-20	0	20	40
									0,3	0,7	1	1	1
12	Метил бромистый	-	1,732	3,6	1,2*	0,04	0,039	0,5	<u>0</u> 0,2	<u>0</u> 0,4	<u>0</u> 0,9	<u>1</u> 1	<u>2,3</u> 1
13	Метил хлористый	0,0023	0,983	-23,76	10,8***	0,125	0,044	0,056	<u>0</u> 0,5	<u>0,1</u> 1	<u>0,6</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,5</u> 1
14	Метилакрилат	-	0,953	80,2	6*	0	0,005	0,1	0,1	0,2	0,4	1	3,1
15	Метилмеркаптан	-	0,867	5,95	1,7	0,06	0,043	0,353	<u>0</u> 0,1	<u>0</u> 0,3	<u>0</u> 0,8	<u>1</u> 1	<u>2,4</u> 1
16	Нитрил акриловой кислоты	-	0,806	77,3	0,75	0	0,007	0,80	0,04	0,1	0,4	1	2,4
17	Окислы азота	-	1,491	21,0	1,5	0	0,040	0,40	0	0	0,4	1	1
18	Окись этилена	-	0,882	10,7	2,2**	0,05	0,041	0,27	<u>0</u> 0,1	<u>0</u> 0,3	<u>0</u> 0,7	<u>1</u> 1	<u>3,2</u> 1
19	Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	-10,1	1,8	0,11	0,049	0,333	<u>0</u> 0,2	<u>0</u> 0,5	<u>0,3</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,7</u> 1
20	Сероводород	0,0015	0,964	-60,35	16,1	0,27	0,042	0,036	<u>0,3</u> 1	<u>0,5</u> 1	<u>0,8</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,2</u> 1
21	Сероуглерод	-	1,263	46,2	45	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1
22	Соляная кислота (конц.)	-	1,198	-	2	0	0,021	0,30	0	0,1	0,3	1	1,6
23	Триметиламин	-	0,671	2,9	6*	0,07	0,047	0,1	<u>0</u> 0,1	<u>0</u> 0,4	<u>0</u> 0,9	<u>1</u> 1	<u>2,2</u> 1
24	Формальдегид	-	0,815	-19,0	0,6*	0,19	0,034	1,0	<u>0</u> 0,4	<u>0</u> 1	<u>0,5</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,5</u> 1
25	Фосген	0,0035	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1,0	<u>0</u> 0,1	<u>0</u> 0,3	<u>0</u> 0,7	<u>1</u> 1	<u>2,7</u> 1

№ п/п	АХОВ	Плотность АХОВ, т/м³		Температура кипения, °С	Пороговая токсическая доза, мг·мин/л	Значения вспомогательных коэффициентов							
		газ	жидкость			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температуры воздуха (°С)				
									-40	-20	0	20	40
26	Фтор	0,0017	1,512	-188,2	0,2*	0,95	0,038	3,0	<u>0,7</u> 1	<u>0,8</u> 1	<u>0,9</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,1</u> 1
27	Фосфор треххлористый	-	1,570	75,3	3	0	0,010	0,2	0,1	0,2	0,4	1	2,3
28	Фосфора хлорокись	-	1,675	107,2	0,06*	0	0,003	10,0	0,05	0,1	0,3	1	2,6
29	Хлор	0,0032	1,553	-34,1	0,6	0,18	0,052	1,0	<u>0</u> 0,9	<u>0,3</u> 1	<u>0,6</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,4</u> 1
30	Хлорпикрин	-	1,658	112,3	0,02	0	0,002	30,0	0,03	0,1	0,3	1	2,9
31	Хлорциан	0,0021	1,220	12,6	0,75	0,04	0,048	0,80	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0,6	<u>1</u> 1	<u>3,9</u> 1
32	Этиленимин	-	0,838	55,0	4,8	0	0,009	0,125	0,05	0,1	0,4	1	2,2
33	Этиленсульфид	-	1,005	55,0	0,1*	0	0,013	6,0	0,05	0,1	0,4	1	2,2
34	Этилмеркаптан	-	0,839	35	2,2**	0	0,028	0,27	0,1	0,2	0,5	1	1,7

Определение эквивалентного количества вещества, образующего вторичное облако, и времени испарения

Эквивалентное количество вещества *по вторичному облаку* (в тоннах) рассчитывается по формуле (2):

$$Q_{\Sigma_2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot \frac{Q_0}{h \cdot d}, \quad (10.2)$$

где K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра, определяется по таблице 10.2;

K_6 – коэффициент, зависящий от времени, на которое осуществляется прогноз (зависит от времени прошедшего после начала аварии N).

$$K_6 = N^{0,8} \quad \text{при } N < T$$

$$K_6 = T^{0,8} \quad \text{при } N > T$$

$$K_6 = 1 \quad \text{при } T < 1 \text{ часа,}$$

где N – время, на которое определяется прогноз;

T – время испарения АХОВ.

Таблица 10.2 – Значение коэффициента K_4 в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
K_4	1	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0	5,68

Время испарения (время действия источника заражения), T , ч., определяется по формуле (3)

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7}, \quad (10.3)$$

где h – высота слоя разлившегося АХОВ, м.;

d – плотность АХОВ, т/м, (определяется по таблице 10.1).

Расчет глубины зоны заражения при аварии на ХОО

В таблице 10.3 приведены максимальные значения глубин зон заражения первичным Γ_1 (по Q_{Σ_1}) или вторичным облаком АХОВ Γ_2 (по Q_{Σ_2}), определяемые в зависимости от эквивалентного количества вещества и

скорости ветра. Максимально возможная глубина зоны заражения Γ , км., обусловленная первичным и вторичным облаками, определяется формулой

$$\Gamma = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'', \quad (10.4)$$

где Γ' – наибольший, а Γ'' – наименьший из полученных размеров Γ_1 и Γ_2 .

Полученное значение Γ сравнивается с предельно возможным значением глубины переноса зараженных воздушных масс Γ_n , определяемым по формуле (5):

$$\Gamma_n = N \cdot V_n, \quad (10.5)$$

где V_n – скорость (км/ч) переноса переднего фронта зараженного воздуха при данных скорости ветра и степени вертикальной устойчивости воздуха, определяется по таблице 4.

N – время от начала аварии, ч.

За окончательную расчетную глубину зоны заражения принимается минимальная (наименьшая) из величин Γ и Γ_n . Указанный выбор можно объяснить следующим образом:

– при $\Gamma < \Gamma_n$ переносимый зараженный воздух на дальностях $\Gamma > \Gamma_n$ имеет концентрацию меньше пороговой токсодозы,

при $\Gamma > \Gamma_n$ перенос не может быть осуществлен на расстоянии $> \Gamma_n$. Для газообразных АХОВ Γ вычисляют только для первичного облака, а для жидких – для вторичного

–

Степень вертикальной устойчивости атмосферы приведена в таблице 10.5.

Обозначения: ин - инверсия; из - изотермия; к - конвекция; буквы в скобках - при снежном покрове. Под термином «утро» понимается период времени в течение 2 ч после восхода солнца; под термином «вечер» - в течение 2 ч после захода солнца. Период от восхода до захода солнца за вычетом двух утренних часов - день, а период от захода до восхода солнца за

вычетом двух вечерних часов - ночь. Скорость ветра и степень вертикальной устойчивости воздуха принимаются в расчетах на момент аварии.

Таблица 10.3 - Глубина (км) зоны заражения

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1 и менее	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,92
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,60
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31
11	0,11	0,25	0,36	0,80	1,13	1,96	2,53	3,58	5,06
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	1,88	2,42	3,43	4,85
13	0,10	0,23	0,33	0,74	1,04	1,80	2,37	3,29	4,66
14	0,10	0,22	0,32	0,71	1,00	1,74	2,24	3,17	4,49
15 и более	0,10	0,22	0,31	0,69	0,97	1,68	2,17	3,07	4,34

продолжение таблицы 10.3

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ, т								
	30	50	70	100	300	500	700	1000	2000
1 и менее	38,13	52,67	65,23	81,91	166	231	288	363	572
2	21,02	28,73	35,35	44,09	87,79	121	150	189	295
3	15,18	20,59	25,21	31,30	61,47	84,50	104	130	202
4	12,18	16,43	20,05	24,80	48,18	65,92	81,17	101	157
5	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	54,67	67,15	83,60	129
6	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	47,09	56,72	71,70	110
7	8,14	10,87	13,17	16,17	30,73	41,63	50,93	63,16	96,30
8	7,42	9,90	11,98	14,68	27,75	37,49	45,79	56,70	86,20
9	6,86	9,12	11,03	13,50	25,39	34,24	41,76	51,60	78,30
10	6,50	8,50	10,23	12,54	23,49	31,61	38,50	47,53	71,90
11	6,20	8,01	9,61	11,74	21,91	29,44	35,81	44,15	66,62
12	5,94	7,67	9,07	11,06	20,58	27,61	35,55	41,30	62,20
13	5,70	7,37	8,72	10,48	19,45	26,04	31,62	38,90	58,44
14	5,50	7,10	8,40	10,04	18,46	24,69	29,95	36,81	55,20
15 и более	5,31	6,86	8,11	9,70	17,60	23,50	28,48	34,98	52,37

Таблица 10.4 - Скорость(км/ч) переноса переднего фронта облака зараженного воздуха в зависимости отскорости ветра

Состояние атмосферы (степень вертикальной устойчивости)	Скорость ветра, м/с														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Инверсия	5	10	16	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Изотермия	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	76	82	88
Конвекция	7	14	21	28											

Таблица 10.5 – Степень вертикальной устойчивости атмосферы

Скорость ветра, м/с	Ночь		Утро		День		Вечер	
	ясно, переменная облачность	сплошная облачность	ясно, переменная облачность	сплошная облачность	ясно, переменная облачность	сплошная облачность	ясно, переменная облачность	сплошная облачность
< 2	ин	из	из (ин)	из	к (из)	из	ин	из
2 - 3,9	ин	из	из (ин)	из	из	из	из (ин)	из
> 4	из	из	из	из	из	из	из	из

Определение площади зоны заражения

Различают зоны возможного и фактического заражения АХОВ. Площадь *зоны возможного заражения АХОВ*– это площадь территории, в пределах которой под воздействием изменения направления ветра (заданных метеоусловиях) может перемещаться облако АХОВ.

$$S_B = 8.72 \cdot 10^{-3} (\Gamma_n)^2 \cdot \frac{\varphi'}{60} \quad (10.6)$$

Где φ' - угловые размеры зоны возможного заражения АХОВ, градусы (половина угла сектора, в пределах которого возможно распространения облака АХОВ с заданной достоверностью P_R). Величина φ' зависит от нескольких факторов, наиболее важными из которых являются метеорологические и топографические условия. Значения φ' для различной вертикальной устойчивости воздуха в доверительной вероятности приведены в таблице 10.6. Доверительная вероятность отражает характер решаемых задач. Для раннего предупреждения и оповещения она принимается равной 0.9, а если известен весь набор данных, то 0.5, во всех остальных случаях – 0.75.

Таблица 10.6 – Значения показателей ϕ'

Параметр	СВУВ	значение P_R		
		0.5	0.75	0.9
Прогнозирование распространения первичного облака АХОВ	Инверсия	9	15	20
	Изотермия	12	20	25
	Конвекция	15	25	30
Прогнозирование распространения вторичного облака АХОВ при времени испарения АХОВ от 2 до 6 ч	Инверсия	12	20	30
	Изотермия	15	25	40
	Конвекция	20	35	50
Прогнозирование распространения вторичного облака при времени распространения АХОВ от 6 до 12 ч	Изотермия	22	37	52
Прогнозирование распространения вторичного облака при времени распространения АХОВ от 12 до 24 ч	Изотермия	30	50	70

Площадь *зоны фактического заражения АХОВ*– это площадь территории, воздушное пространство которой заражено АХОВ в опасных для жизни пределах. Конфигурация зоны фактического заражения близка к эллипсу, который не выходит за пределы зоны возможного заражения и может перемещаться в ее пределах под воздействием ветра. Ее размеры используют для определения возможной численности пораженного населения и необходимого количества сил и средств, необходимых для проведения спасательных работ.

Площадь зоны фактического заражения облаком АХОВ рассчитывается по формуле (7):

$$S_{\phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2}, \quad (10.7)$$

где Γ – глубина зоны заражения, км;

N – время, на которое осуществляется прогноз, ч.

K_8 – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха и принимается равным: для инверсии $K_8 = 0,081$, для изотермии $K_8 = 0,133$, для конвекции $K_8 = 0,235$.

Определение времени подхода зараженного воздуха к заданной границе (объекту)

Время подхода облака АХОВ к заданному рубежу (объекту) зависит от скорости переноса облака воздушным потоком и определяется по формуле (8):

$$t = \frac{X}{V_n}, \quad (10.8)$$

где X – расстояние от источника заражения до выбранного рубежа (объекта), км;

V_n – скорость переноса фронта облака зараженного воздуха, км/ч.

Определение продолжительности заражения

Время поражающего действия АХОВ (продолжительность заражения) определяется временем испарения (см. формулу 3) . Если в зоне разлива находятся несколько различных АХОВ с различным временем испарения, то продолжительность действия источника заражения определяется наибольшим временем испарения данных АХОВ. При образовании только первичного облака время принимается равным 1 часу.

Определение масштабов заражения АХОВ при разрушении химически опасного объекта

При разрушении ХОО рассмотрим только один вариант расчетных формул прогноза обстановки, справедливый для случая, когда все вещества находятся в жидком агрегатном состоянии и не вступают между собой в химические реакции. В этом случае расчет многих первичных и вторичных облаков по приведенным выше зависимостям был бы весьма условен, поэтому на практике используется одна приближенная формула для расчета общего эквивалентного количества хлора при следующих метеоусловиях: инверсия, скорость ветра 1 м/с.

Принимается следующий порядок расчета.

- 1) Расчет T_i для i от 1 до n , где n – число различных АХОВ в ЧС.
- 2) Расчет наборов коэффициентов ($K1-K8$) для каждого АХОВ.

3) Определение обобщенного эквивалентного количества АХОВ по формуле (8):

$$Q = 20 \cdot K_4 \cdot K_5 \sum_{i=1}^n K_{2_i} \cdot K_{3_i} \cdot K_{6_i} \cdot K_{7_i} \cdot \frac{Q_i}{d_i} \quad (10.8)$$

4) Расчет глубины зон – аналогично расчету при авариях на ХОО.

5) Расчет площадей – аналогично расчету при авариях на ХОО для всех АХОВ от $i=1$ до n . Общая площадь поражения выбирается по $S_{\phi_{\max i}}$.

6) Расчет продолжительности заражения по формуле $t = T_i^{\max}$

Порядок нанесения зон заражения на топографические карты и схемы.

Направление ветра характеризуется стороной "откуда дует ветер" в градусах (азимут от 0° до 360°) или румбах: "С" - северный, "Ю" - южный, "З" - западный, "В" - восточный, "СВ" - северо-восточный и т. д. Отображение зон возможного заражения АХОВ осуществляется в следующей последовательности:

- точкой синего цвета отмечается место аварии и проводится ось в направлении распространения облака зараженного воздуха;
- на оси следа откладывают величину глубины зоны возможного заражения;
- синим цветом наносится зона возможного заражения АХОВ в виде окружности, полуокружности или сектора (рис. 1), в зависимости от скорости приземного ветра;
- зона ВХЗ штрихуется желтым;
- возле места аварии синим цветом делается поясняющая надпись. В числителе – тип и количество выброшенного АХОВ, а в знаменателе время и дата аварии.

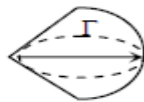
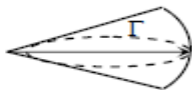
№ п/п	Скорость ветра, V (м/с)	Угловые размеры зоны ВХЗ, φ (град)	Вид зоны ВХЗ	Поясняющая надпись	Графическое изображение зоны ВХЗ
1	0,5 и менее	360	окружность	$\frac{\text{хлор} - 10}{6,00 \quad 1,7}$	
2	0,6÷1,0	180	полуокружность	$\frac{\text{хлор} - 5}{7,00 \quad 1,8}$	
3	1,1÷2,0	90	сектор	$\frac{\text{хлор} - 8}{5,00 \quad 3,6}$	
4	более 2,0	45	сектор	$\frac{\text{аммиак} - 10}{4,00 \quad 5,3}$	

Рисунок 10.1 – Нанесение зон химического заражения на карту

Вопросы и задания

1. Занесите в тетрадь новые термины и определения, приведенные в теоретическом обосновании работы

2. Проведите оценку химической обстановки при аварии на ХОО на основании данных таблицы 9. Необходимо определить:

- глубину зоны заражения АХОВ
- площадь зоны заражения АХОВ
- время подхода зараженного воздуха к объекту
- продолжительность поражающего действия АХОВ
- ожидаемые потери
- мероприятия по защите.

3. На водоочистой станции в 8 часов утра произошла авария, связанная с разрушением емкости, содержащей 10 т хлора, хранящейся под давлением. Емкость с хлором размещалась на поддоне с высотой стенок 1.0 м. При прогнозировании последствий аварии необходимо учесть следующие метеусловия: инверсия, скорость ветра 3 м/с, температура воздуха +20°C. Определите площадь фактического заражения воздуха через 2 ч после аварии.

2. На ХОО сосредоточены запасы АХОВ в т.ч. хлора – 30 т., аммиака – 150 т., нитрилакриловой кислоты – 200 т. Определите глубину зоны заражения в случае разрушения объекта. Время, прошедшее после разрушения объекта 3 ч., температура воздуха 0°C, инверсия, $V_B = 1$ м/с, $h = 0,05$ м.

Таблица 10.7 – Варианты исходных данных

Номер варианта	Тип АХОВ	Кол-во АХОВ, т	Характер разлива	Высота поддона, м	Облачность	Скорость ветра, м/с	Время суток, ч	Время, ч	Температура воздуха, °C	Расстояние, км
1	Хлор	100	в поддон	2	ясно	2	6.30	4	10	4
2	Аммиак под давлением	150	в обваловку	3	переменная	3	19.00	5	20	5
3	Фосген	50	свободно	0	сплошная	4	12.30	2	0	6
4	Сернистый ангидрид	40	в поддон	1	ясно	5	8.20	3	-15	7
5	Окись этилена	25	в обваловку	1.5	переменная	1	15.10	1	-20	2
6	Сернистый ангидрид	58	свободно		сплошная	2	9.30	3	30	3
7	Сероводород	60	свободно		переменная	3	10.00	4	25	4
8	Формальдегид	20	в поддон	1.3	переменная	4	11.45	2	15	5
9	Фтор	200	в обваловку	2.2	ясно	5	13.30	5	-5	9
10	Хлорциан	45	в обваловку	1,8	ясно	2	17.20	1	0	2

Алгоритм выполнения задания

1. Эквивалентное количество вещества в первичном облаке $Q_{Э1}$ по формуле (10.1)
2. Время действия источника заражения (испарения хлора) T по формуле (10.3).

а) 3. Эквивалентное количество вещества во вторичном облаке $Q_{Э2}$ по формуле (10.2).

4. Глубину зоны заражения первичным облаком Γ_1

5. Глубину зоны заражения вторичным облаком Γ_2

6. Полную глубину зоны заражения Γ (км) – по формуле (10.4).

7. Предельно возможное значение глубины переноса зараженного воздуха $\Gamma_{п}$ (км) – по формуле (5). Полученные значения Γ и $\Gamma_{п}$ сравнить между собой.

$\Gamma < \Gamma_{п} \Rightarrow$ дальше берем для расчетов Γ

8. Площадь зоны фактического заражения $S_{ф}$ (км²) – по формуле (10.6).

9. Выводы и мероприятия по защите.

Список литературы, рекомендованный по данной теме:

1. Безопасность труда в химической промышленности : учеб. пособие / под ред. Л. К. Марининой. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2007.

2. Чрезвычайные ситуации в техносфере Электронный ресурс : практикум / Ю.А. Соколова / Н.И. Макридин / Г.П. Разживина / Э.А. Овчаренков. - Чрезвычайные ситуации в техносфере, 2019-06-09. - Москва : Палеотип, 2013. - 220 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-94727-618-3

Тема 4. Техногенные ЧС на объектах, содержащих опасные химические вещества

Практическое занятие 11

Химически опасные объекты и аварии на них (семинар)

Цель: закрепление теоретических знаний по теме "Химически опасные объекты и аварии на них"

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов .

Актуальность темы: необходимость знаний о химически опасных веществах и материалах, причинах и особенностях проявления техногенных ЧС на химически опасных объектах.

Теоретическая часть

Практическое занятие проходит в форме традиционного семинара, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний лекционного материала по теме "Химически опасные объекты и аварии на них".

Вопросы и задания

1. Дайте определения понятиям «опасное химическое вещество» и «аварийнохимически опасное вещество (АХОВ)».
2. Какие вещества относятся к АХОВ?

3. От каких параметров и свойств объекта и АХОВ зависят последствия возможной аварии?
4. Как классифицируются АХОВ по преимущественному синдрому, складывающемуся при острой интоксикации?
5. Как классифицируются АХОВ по степени опасности?
6. Как классифицируются АХОВ по основным физико-химическим свойствам и условиям хранения?
7. Как классифицируются АХОВ по тяжести воздействия на основании учета нескольких факторов?
8. Назовите возможные способы хранения АХОВ.
9. Какой объект называется химически опасным? Какие объекты относятся к химически опасным?
10. Как классифицируются ХОО по степени подвижности?
11. Назовите признаки количественной опасности ХОО.
12. Какие объекты являются химико-технологическими? В чем особенность их работы?
13. Как классифицируются потенциально опасные процессы химической технологии по виду опасности?
14. Какие происшествия возможны на ХОО? Дайте определения?
15. Назовите основные причины, приводящие к химическим авариям.
16. Назовите категории аварий на ХОО в зависимости от степени сложности восстановления?
17. Как классифицируются химические аварии на масштабам?
18. Назовите фазы развития химической аварии. Охарактеризуйте каждую фазу.
19. Назовите возможные сценарии развития химической аварии.
20. Назовите возможные источники опасности при аварии на ХОО.
21. Назовите поражающие факторы химической аварии.
22. Назовите основные источники химической опасности в Северо-Кавказском регионе.

Список литературы, рекомендованный по данной теме:

1. Безопасность труда в химической промышленности : учеб. пособие / под ред. Л. К. Марининой. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2007.
2. Чрезвычайные ситуации в техносфере Электронный ресурс : практикум / Ю.А. Соколова / Н.И. Макридин / Г.П. Разживина / Э.А. Овчаренков. - Чрезвычайные ситуации в техносфере, 2019-06-09. - Москва : Палеотип, 2013. - 220 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-94727-618-3
3. Безопасность жизнедеятельности. Прогнозирование и оценка последствий техногенных аварий и стихийных бедствий Электронный ресурс : учебно-методическое пособие / А.А. Павлов / Т.И. Овчинникова / Б.С. Мاستрюков / О.М. Зиновьева. - Безопасность жизнедеятельности. Прогнозирование и оценка последствий техногенных аварий и стихийных бедствий, 2019-09-01. - Москва : Издательский Дом МИСиС, 2007. - 122 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

Тема 6. Техногенные ЧС на радиационно опасных объектах

Практическое занятие 12

Оценка последствий аварий на радиационно опасных объектах

Цель: Получение навыков оценки радиационной обстановки, складывающейся при аварии на радиационно опасном объекте

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов ; способностью определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска .

Актуальность темы: необходимость формирования навыков оценки последствий аварий на радиационно опасном объекте.

Теоретическая часть

Радиационно опасный объект (РОО) – объект на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные радиоактивные вещества (ОРВ), при аварии или разрушении которого могут произойти массовые радиационные поражения людей, животных и растений, а также заражение среды.

Радиационная авария – нарушение пределов безопасной эксплуатации ядерно-энергетической установки, оборудования или устройства, при которых произошел выход радиоактивных продуктов или ионизирующего излучения за предусмотренные проектом пределы их безопасной эксплуатации, приводящий к облучению населения и

загрязнению окружающей среды. При авариях на радиационно опасных объектах выделяю 5 зон поражения (рисунок 12.1). Характеристика зон радиоактивного загрязнения местности приведена в таблице 12.1.

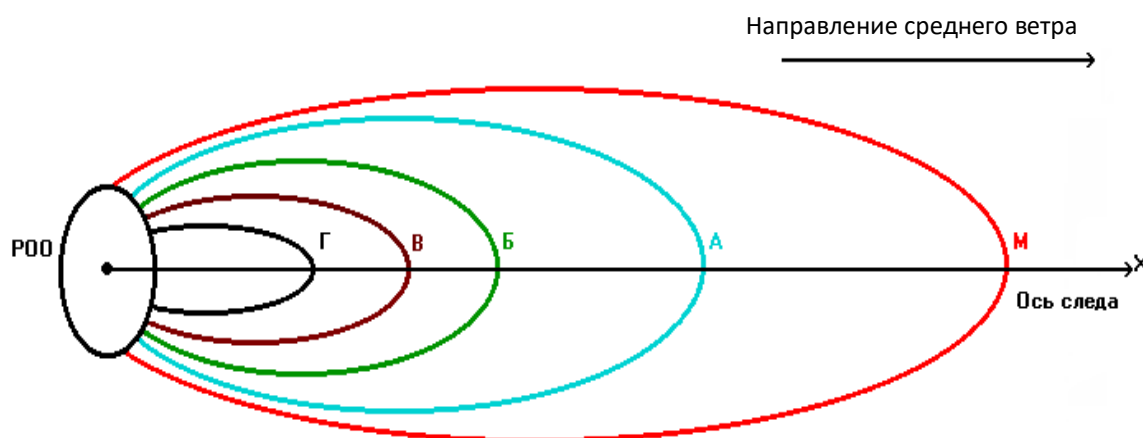


Рисунок 12.1 – Схема радиоактивного загрязнения местности в случае аварии на РОО (по прогнозу)

Таблица 12.1 – Характеристика зон радиоактивного загрязнения местности при авариях на РОО

Наименование зоны	Индекс зоны (цвет)	Доза излучения за первый после РА год, рад		Мощность дозы через 1 час после РА, рад/ч	
		на внешней границе	на внутренней границе	на внешней границе	на внутренней границе
Радиационной опасности	М (красный)	5	50	0,014	0,14
Умеренного загрязнения	А (синий)	50	500	0,14	1,4
Сильного загрязнения	Б (зеленый)	500	1500	1,4	4,2
Опасного загрязнения	В (коричневый)	1500	5000	4,2	14
Чрезвычайно опасного загрязнения	Г (черный)	5000	-	14	-

Зоны радиоактивного загрязнения представляют собой участки местности, ограниченные изолиниями доз внешнего облучения, которые может получить незащищенное население при открытом расположении на местности за промежутки времени, определяемые с момента начала

выброса РВ (время формирования заданной дозы облучения). Фактическое время формирования дозы облучения меньше на время подхода облака.

Порядок определения размеров зон радиоактивного загрязнения

1. Определяется степень вертикальной устойчивости атмосферы, соответствующая погодным условиям и времени суток.

2. На карте (плане) обозначается положение аварийного реактора и в соответствии с заданным направлением ветра черным цветом наносится ось следа радиоактивного облака.

3. По таблице 12.2 определяются верхние критериальные значения дозы облучения D_0 , при которой нужно проводить укрытие населения, эвакуацию взрослого населения, эвакуацию детей и беременных женщин за время t_ϕ .

Таблица 12.2 – Критерии для принятия решений на ранней фазе после разрушения АЭС, мЗв

Защитные меры	Все тело		Отдельные органы	
	нижний уровень	верхний уровень	нижний уровень	верхний уровень
Укрытие, защита органов дыхания и кожных покровов	5	50	50	500
Йодная профилактика взрослые дети, беременные женщины	—	—	50*	500*
	—	—	50*	250*
Эвакуация: взрослые дети, беременные женщины	50	500	500	5000
	10	50	200*	500*

* только для щитовидной железы.

4. По таблице 12.3 определяется глубина прогнозируемой зоны радиоактивного загрязнения L_x , соответствующая заданным значениям дозы внешнего облучения D_0 и времени ее формирования t_ϕ , погодным условиям, типу реактора: $L_x(D_0, t_\phi)$.

Таблица 12.3 – Глубина зоны радиоактивного загрязнения местности при разрушении РБМК-1000, км (инверсия, скорость ветра $V_0 = 4$ м/с)

Доза, мЗв	время информирования заданной дозы внешнего гамма-облучения, тф											
	часы					сутки				месяцы		
	1	3	6	12	24	2	5	10	30	2	3	12
5	36	95	165	240	300							

10	33	75	120	175	230	290						
50	19	37	55	80	105	125	170	220	260			
100	10	24	35	50	70	90	120	145	180	230	250	
250		6	14	24	36	49	67	85	105	130	150	235
500				7	16	25	38	50	65	90	100	180
750					5	14	24	35	47	65	73	130
1000						5	14	24	35	50	60	100
2000								5	14	24	32	65
3000									3	12	20	47

В случае отсутствия в таблице заданных значений $D_{0и}$ t_{ϕ} прогнозируемая глубина зоны определяется методом линейной интерполяции.

4. Максимальная ширина зоны (на середине глубины) определяется по формуле:

$$L_y = a \cdot L_x, \text{ км}, \quad (12.1)$$

где a — коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости атмосферы (таблица 12.4).

Таблица 12.4 – Значение коэффициента a

Коэффициента	Конвекция	Изотермия	Инверсия
	0,20	0,06	0,03

5. Площадь зоны радиоактивного загрязнения определяется по формуле:

$$S = 0.8 \cdot L_y \cdot L_x, \text{ км}. \quad (12.2)$$

Используя найденные размеры, зоны в масштабе карты отображаются в виде правильных эллипсов черным цветом для ранней фазы аварии и синим – для средней фазы аварии.

Химически опасный объект – это объект на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные химические вещества (ОХВ), при аварии или разрушении которого могут произойти гибель или химическое заражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды.

Аварийно-химически опасное вещество (АХОВ) – ОХВ, применяемое в промышленности и сельском хозяйстве, при аварийном

выбросе (выливе) которого может произойти заражение окружающей среды с поражающими живой организм концентрациями (токсодозами).

Несмотря на предпринимаемые меры в области промышленной безопасности (многие потенциально опасные производства спроектированы так, что вероятность крупной аварии на них оценивается величиной порядка 10^{-4}), полностью исключить вероятность возникновения аварий практически невозможно.

Под химической аварией понимается нарушение технологических процессов на производстве, повреждение трубопроводов, емкостей, хранилищ, транспортных средств при осуществлении перевозок и т. п., приводящие к выбросу химических опасных веществ в атмосферу в количествах, представляющих опасность массового поражения людей и животных.

Одним из показателей, определяющих химическую обстановку в районе аварии, является токсичность химического вещества. В результате аварии на ХОО при распространении первичного и вторичного облаков создается зона химического заражения – территория, в пределах которой проявляется поражающее действие АХОВ. Ее иногда представляют состоящей из зон *чрезвычайно опасного заражения, опасного заражения и дискомфортной*. В районе химического заражения выделяют зоны смертельной концентрации, тяжелых, средних и легких поражений (рисунок 12.2).

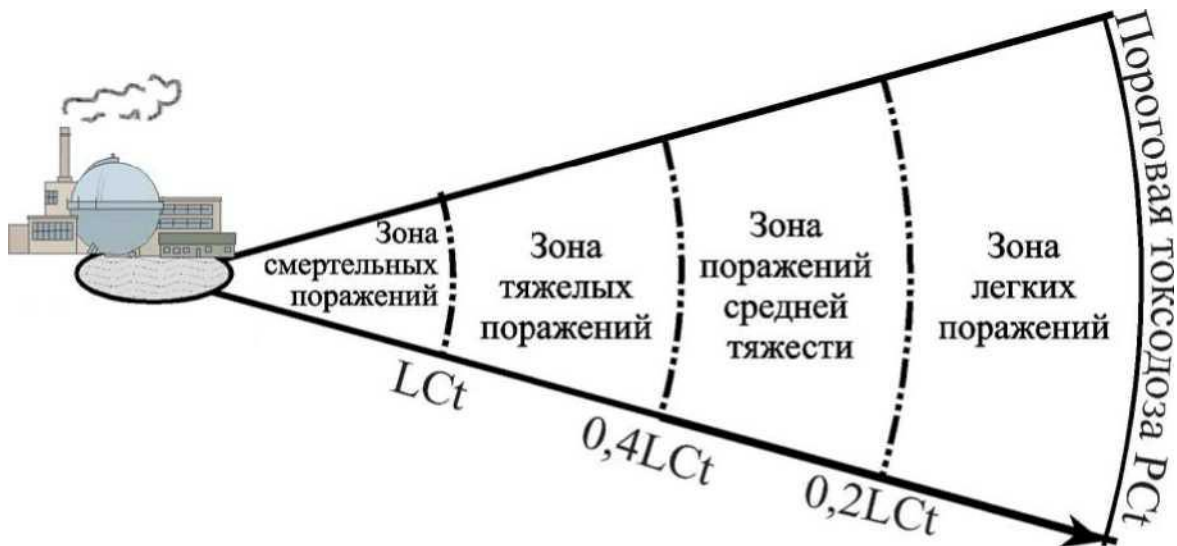


Рисунок 12.2 – Схема химического загрязнения местности при аварии на химически опасном объекте

Вопросы и задания

1. Решите задачи:

2.1 В 23.00 26 мая произошло разрушение реактора РБМК-1000 на Ивановской АЭС с выбросом РВ в атмосферу.

Степень вертикальной устойчивости атмосферы – инверсия.

Определить размеры зон возможного радиоактивного загрязнения, на территории которых необходимо проводить защитные мероприятия по укрытию и эвакуации населения в первые 10 суток после аварии.

По результатам расчетов заполните таблицу

Наименование зон	Размеры зон		
	L_x , км	L_y , км	S , км ²
Укрытие населения			
Эвакуация детей и беременных женщин			
Эвакуация взрослого населения			

1.2. Определите характер возможного теплового воздействия пожара на людей расположенных на расстояниях $L=10; 30; 50; 100; 500$ м от центра пожара, возникшего при проливе Q_p тонн горючего вещества. Изобразите возможное расположение зон теплового поражения. Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 12.13.

Таблица 12.13 – Исходные данные для решения задания 12.2

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Q _Р , т	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1,2	3,6	5,4	2,7	5,5	4,5	7,8	6,2	4,3	8,2

1.3. На основании значений исходных данных (таблица 12.14), определите вероятность возникновения пожара от электрического изделия, если:

- вероятность возникновения короткого замыкания составляет $Q_{п.р}$;
- вероятность того, что значение тока лежит в диапазоне пожароопасных значений составляет $Q_{п.з}$;
- вероятность несрабатывания аппарата защиты составляет $Q_{н.з}$;
- вероятность достижения горючим материалом критической температуры или его воспламенения – $Q_{в}$.

Таблица 12.14 – Исходные данные для решения задания 3

Вариант	$Q_{п.р}$	$Q_{п.з}$	$Q_{н.з}$	$Q_{в}$
1	$5 \cdot 10^{-3}$	$0,4 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$	$0,6 \cdot 10^{-4}$
2	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$0,3 \cdot 10^{-3}$	10^{-7}
3	$6 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-7}$	1	10^{-5}
4	1	$4 \cdot 10^{-3}$	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-6}$
5	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-7}$
6	$4 \cdot 10^{-3}$	1	$2 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-9}$
7	10^{-5}	$5 \cdot 10^{-7}$	1	$4 \cdot 10^{-3}$
8	$6 \cdot 10^{-9}$	$0,3 \cdot 10^{-3}$	$0,5 \cdot 10^{-4}$	1
9	1	$2 \cdot 10^{-6}$	$9 \cdot 10^{-9}$	$0,5 \cdot 10^{-2}$
10	$0,8 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-7}$
11	$0,5 \cdot 10^{-4}$	1	$6 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$
12	$2 \cdot 10^{-3}$	$0,3 \cdot 10^{-9}$	$4 \cdot 10^{-6}$	1
13	$4,3 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-7}$	1	$0,4 \cdot 10^{-3}$
14	$7 \cdot 10^{-9}$	$0,5 \cdot 10^{-3}$	$0,4 \cdot 10^{-5}$	$0,5 \cdot 10^{-4}$
15	1	$4 \cdot 10^{-6}$	$9 \cdot 10^{-9}$	$9 \cdot 10^{-7}$
16	$0,6 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-7}$	1
17	$6 \cdot 10^{-4}$	$0,5 \cdot 10^{-4}$	1	$3 \cdot 10^{-6}$
18	$8 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-9}$	$6 \cdot 10^{-3}$
19	$5 \cdot 10^{-6}$	1	$7 \cdot 10^{-5}$	$0,5 \cdot 10^{-4}$
20	$0,4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-7}$	$0,6 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-5}$

Список литературы, рекомендованный по данной теме:

1. Андрияшина, Т. Устойчивость объектов экономики в чрезвычайных ситуациях / Т.В. Андрияшина ; И.В. Чепегин. - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 194 с. - ISBN 978-5-7882-1557-0
2. Безопасность жизнедеятельности. Прогнозирование и оценка последствий техногенных аварий и стихийных бедствий Электронный ресурс : учебно-методическое пособие / А.А. Павлов / Т.И. Овчинникова / Б.С. Мастрюков / О.М. Зиновьева. - Безопасность жизнедеятельности. Прогнозирование и оценка последствий техногенных аварий и стихийных бедствий, 2019-09-01. - Москва : Издательский Дом МИСиС, 2007. - 122 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

Тема 6. Техногенные ЧС на радиационно опасных объектах

Практическое занятие 13

Источники радиационной опасности (семинар)

Цель: закрепление теоретических знаний по теме "Радиационно опасные объекты и аварии на них"

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов .

Актуальность темы: необходимость знаний о химически опасных веществах и материалах, причинах и особенностях проявления техногенных ЧС на радиационно опасных объектах.

Теоретическая часть

Практическое занятие проходит в форме традиционного семинара, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний лекционного материала по теме "Радиационно опасные объекты и аварии на них".

Вопросы и задания

1. Дайте определение «электромагнитные поля» (ЭМП) и перечислите их основные характеристики и параметры.
2. Перечислите виды классификаций ЭМП

3. На какие зоны можно разделить область распространения электромагнитных волн. Какие параметры ЭМП нормируются в этих зонах?
4. Охарактеризуйте основные причины возникновения и особенности воздействия на человека электростатических полей. Каким образом осуществляется их нормирование?
5. Опишите первичные и отдаленные реакции организма на действие ИИ.
6. Назовите 3 принципа обеспечения радиационной безопасности.
7. На какие группы делят облучаемое население в соответствии с НРБ-99?
8. Приведите классификацию коллективных средств защиты от ЭМИ РЧ
9. Как реализуется принцип защиты от ЭМИ – расстоянием?
10. Как реализуется принцип защиты от ЭМИ – временем?
11. Какие виды экранирования применяют для защиты персонала от ЭМИ? От каких факторов зависит эффективность экранирования?
12. Перечислите индивидуальные средства защиты от ЭМИ.
13. Источниками каких вредных и опасных факторов могут быть лазеры?
14. Какие средства защиты целесообразно использовать при эксплуатации лазеров?
15. Охарактеризуйте средства защиты от внешнего облучения
16. Охарактеризуйте средства защиты от внутреннего облучения
17. Какие средства общего применения используют для обеспечения радиационной безопасности?

Список литературы, рекомендованный по данной теме:

1. Андрияшина, Т. Устойчивость объектов экономики в чрезвычайных ситуациях / Т.В. Андрияшина ; И.В. Чепегин. - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 194 с. - ISBN 978-5-7882-1557-0

2. Безопасность жизнедеятельности. Прогнозирование и оценка последствий техногенных аварий и стихийных бедствий Электронный ресурс : учебно-методическое пособие / А.А. Павлов / Т.И. Овчинникова / Б.С. Мастрюков / О.М. Зиновьева. - Безопасность жизнедеятельности. Прогнозирование и оценка последствий техногенных аварий и стихийных бедствий, 2019-09-01. - Москва : Издательский Дом МИСиС, 2007. - 122 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

Тема 7. Техногенные ЧС на гидродинамически опасных объектах

Практическое занятие 14

Оценка последствий аварий на гидротехнических сооружениях

Цель: Получение навыков оценки обстановки, складывающейся при аварии гидродинамически опасном объекте

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов ; способностью определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска .

Актуальность темы: необходимость формирования навыков оценки последствий аварий на гидродинамически опасном объекте.

Теоретическая часть

При разрушении подпорной плотины гидротехнического сооружения (ГТС) масса воды под большим напором устремляется через образовавшийся проран из водохранилища в нижний бьеф, где возникает мощный поток воды, перемещающийся вдоль русла реки и растекающийся в стороны, образуя волну прорыва.

Схематический продольный разрез волны прорыва изображен на рисунке 14.1.

Волна прорыва имеет характерные участки – фронт, гребень и хвост волны.

Задачей расчета является определение основных параметров: высоты волны, скорости движения и времени добегания фронта, гребня и хвоста волны до расчетных створов, длительности затопления расчетного участка.

При наличии указанных параметров и по высотным отметкам местности могут быть определены ширина затопления в различных створах и отмечены возможные зоны затопления на крупномасштабной карте.

Расчет ведется в следующей последовательности:

1. Определяют основные параметры волны прорыва в нулевом створе.

На крупномасштабную карту (ситуационный план) наносятся расчетные створы (створ).

Высота волны прорыва в нулевом створе (H_0 , м) определяется по формуле:

$$H_0 = 0,6 \cdot H - h_{i0}, \quad (14.1)$$

где H – глубина воды перед гидроузлом, м;

h_{i0} – глубина реки в створе плотины, м.

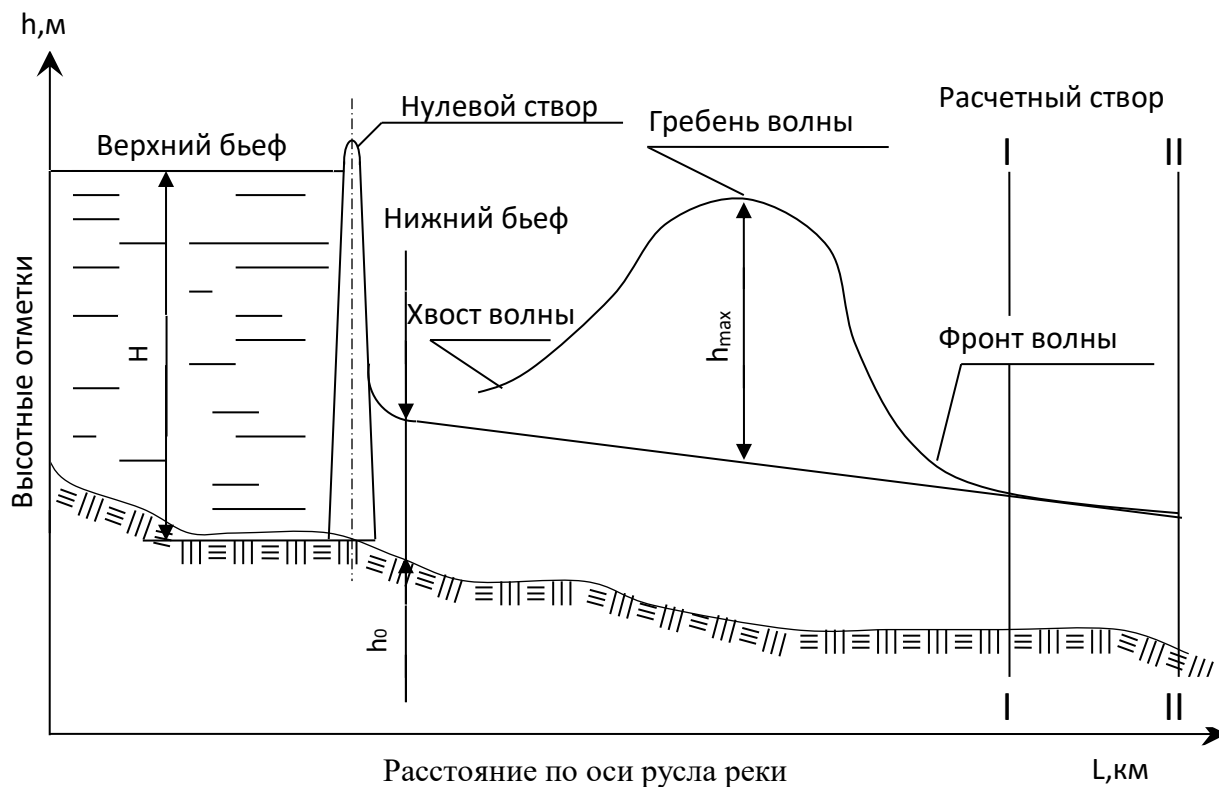


Рисунок 14.1 – Продольный разрез волны прорыва

Среднюю скорость движения волны прорыва (V_0 , м) определяют по формуле:

$$V_0 = c \cdot \sqrt{R \cdot i}, \quad (14.2)$$

где c – коэффициент Шези, учитывающий форму русла реки и его шероховатость

$$c = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n}, \quad (14.3)$$

R – гидравлический радиус, приближенно равен глубине воды H перед плотиной;

i – уклон русла реки;

n – коэффициент шероховатости (принимается по таблице 14.1).

Таблица 14.1 – Коэффициент шероховатости n в зависимости от характеристики русла поймы реки

Характеристика русла и поймы	Коэффициент шероховатости, n
Естественные русла в весьма благоприятных условиях	0,025
Сравнительно чистые русла постоянных равнинных потоков в обычных условиях	0,040
Русла больших и средних рек, значительно засоренные. Периодические потоки с большим количеством наносов. Поймы больших и средних рек сравнительно разработанные, покрытые нормальным количеством травы и кустарника	0,050
Русла периодических водотоков сильно засоренные и извилистые. Плохо разработанные заросшие поймы рек, галечно-валунные русла горного типа	0,067
Неправильные поперечные сечения русла, неровная поверхность русла, широкие поймы	0,100
Широкие поймы с очень большими мертвыми пространствами, с местными углублениями, озерами и пр.	0,150
Потоки типа селевых (грязекаменных). Глухие поймы, заросшие лесом	0,200

Время истечения воды из водохранилища (время прихода хвоста волны прорыва в нулевой створ – $t_{хв.0}$, ч) находят по формуле:

$$t_{хв.0} = \frac{W}{Q_{ист}}, \quad (14.4)$$

где W – объем воды в водохранилище;

$Q_{уст}$ – объемный расход воды через проран плотины, равный

$$Q_{уст} = w \cdot V_0, \quad (14.5)$$

где w – площадь прорана, определяемая по формуле:

$$w = \mu \cdot B_{np} \cdot H, \quad (14.6)$$

где B_{np} – длина прорана, м;

H – глубина воды перед плотиной, м;

μ – коэффициент, учитывающий форму прорана. При параболической форме прорана принимается равным 0,6, при прямоугольной – 0,9.

2. Определяют параметры волны прорыва в расчетных створах (высота и скорость движения).

Максимальная высота (h_{max} , м) и скорость (v_{max} , м/с) распространения волны прорыва на расстоянии L , км, от плотины рассчитываются по формулам:

$$h_{max} = \frac{A_h}{\sqrt{(B_h + L)}}, \quad (14.7)$$

$$v_{max} = \frac{A_v}{\sqrt{(B_v + L)}}, \quad (14.8)$$

где A_h , A_v , B_h , B_v – коэффициенты аппроксимации (таблица 14.2), зависящие от глубины воды в водохранилище перед плотиной, уклона дна русла реки и степени разрушения прорана $\overline{B_{np}}$, которая определяется по формуле:

$$\overline{B_{np}} = \frac{B_{np}}{B}, \quad (14.9)$$

где B – длина плотины, м.

Глубина воды в рассматриваемом створе ($h_{ств}$, м)

$$h_{ств} = h_i + h_{max}. \quad (14.10)$$

Максимальная глубина затопления ($h_{зам}$, м)

$$h_{зам.i} = h_{ств.i} + h_{max} - h_{ств.(i+1)}. \quad (14.11)$$

Наибольшая скорость течения над участком местности, затапливаемым на глубину $h_{зам}$, м, определяется из соотношения:

$$v_{\text{зам},i} = j \cdot v_{\text{max}}, \quad (14.12)$$

где j – коэффициент, определяемый по таблице 14.3 и учитывающий отношение глубины затопления участка местности $h_{\text{зам},i}$ к глубине воды в рассматриваемом створе $h_{\text{см},i}$.

Таблица 14.2 – Коэффициенты аппроксимации

$\overline{B}_{np}$	$H, \text{ м}$	Значения коэффициентов при уклонах i											
		$i = 5 \cdot 10^{-5}$				$i = 1 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-4}$				$i = 1 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-3}$			
		A_h	B_h	A_v	B_v	A_h	B_h	A_v	B_v	A_h	B_h	A_v	B_v
1	20	100	90	9	7	70	50	13	10	40	18	16	21
	40	280	150	20	9	180	76	24	12	110	30	32	24
	80	720	286	39	12	480	140	52	16	300	60	62	29
	150	1880	500	76	15	1240	234	100	21	780	106	116	34
	250	4000	830	144	19	2600	370	174	25	1680	168	208	40
0,5	20	128	204	11	11	92	104	13	23	56	51	18	38
	40	340	332	19	14	224	167	23	25	124	89	32	44
	80	844	588	34	17	544	293	43	31	320	166	61	52
	150	2140	1036	62	23	1280	514	79	38	940	299	113	62
	250	4520	1976	100	28	2600	830	130	46	1840	490	187	79
0,25	20	140	192	8	21	60	100	11	33	40	38	15	43
	40	320	388	13	21	192	176	21	36	108	74	30	50
	80	880	780	23	21	560	320	41	41	316	146	61	65
	150	2420	1456	41	20	1360	572	77	51	840	272	114	89
	250	4740	2420	67	16	2800	932	126	62	1688	452	191	116

Таблица 14.3 – Значения коэффициента j в зависимости от отношения

$$h_{\text{зам}} / h_{\text{см}}$$

Отношение $h_{\text{зам}} / h_{\text{см}}$	0,2	0,4	0,4	0,65	0,6
Значение коэффициента j	0,85	0,8	1,0	1,0	1,2

Время прихода фронта и гребня волны прорыва в рассматриваемый створ приближенно определяется по таблице 14.4.

Время прихода хвоста волны прорыва (длительность затопления):

$$t_{\text{хв},i} = t_{\text{хв}0} + t_{\text{фп},i} + b \cdot (t_{\text{гп},i} + t_{\text{фп},i}), \quad (14.13)$$

где $t_{\text{гп},i}$, $t_{\text{фп},i}$ – время прихода к расчетному створу гребня и фронта волны соответственно, ч;

b – коэффициент, зависящий от глубины воды в водохранилище перед плотиной, уклона дна русла реки и других параметров (таблица 14.5).

3. По данным, полученным на основе расчета, строится график прохождения волны прорыва. При этом на оси абсцисс откладывается удаление расчетных створов от створа разрушенной плотины, а на оси ординат – высота волны прорыва $h_{зам}$.

Таблица 14.4 – Время прихода фронта и гребня волны прорыва

L, км	H=20 м				H=40 м				H=80 м			
	$i=1 \cdot 10^{-4}$		$i=0,5 \cdot 10^{-3}$		$i=1 \cdot 10^{-4}$		$i=0,5 \cdot 10^{-3}$		$i=1 \cdot 10^{-4}$		$i=0,5 \cdot 10^{-3}$	
	$t_{фр},$ ч	$t_{гр},$ ч	$t_{фр},$ ч	$t_{гр},$ ч	$t_{фр},$ ч	$t_{гр},$ ч	$t_{фр},$ ч	$t_{гр},$ ч	$t_{фр},$ ч	$t_{гр},$ ч	$t_{фр},$ ч	$t_{гр},$ ч
5	0,2	1,8	0,2	1,2	0,1	2,0	0,1	1,2	0,1	1,1	0,1	0,2
10	0,6	4,0	0,6	2,4	0,3	3,0	0,3	2,0	0,2	1,7	0,1	0,4
20	1,6	7,0	2,0	5,0	1,0	6,0	1,0	4,0	0,5	3,0	0,4	1,0
40	5,0	14,0	4,0	10,0	3,0	10,0	2,0	7,0	1,2	5,0	1,0	2,0
80	13,0	30,0	11,0	21,0	8,0	21,0	6,0	14,0	3,0	9,0	3,0	4,0
150	33,0	62,0	27,0	43,0	18,0	40,0	15,0	23,0	7,0	17,0	6,0	9,0
200	160	230,0	113,0	161,0	95,0	140,0	70,0	98,0	35,0	59,0	25,0	32,0

Таблица 14.5 – Значения коэффициента b

iL/H	Высота плотины в долях от средней глубины реки в нижнем бьефе (h_0)	
	b при $H=10h_0$	b при $H=20h_0$
0,2	12,5	14
0,4	11,0	12
0,8	9,5	10,8
1,6	8,3	9,9
3	7,9	9,6
5	7,6	9,3

Вопросы и задания

1. Провести оценку риска аварии на ГТС при отнесении объекта к следующим показателям:

1) *опасность превышения природных нагрузок и воздействий*: требуется проведение неотложных ремонтных работ, изменения режима эксплуатации объекта;

2) *оценка обоснованности и соответствия проектных решений современным нормативным требованиям:* в проекте имеются незначительные отклонения от современных нормативных требований;

3) *оценка соответствия проект конструкции ГТС, условий его эксплуатации, а также свойств материалов сооружения и основания:* требуется оценка возможности дальнейшей эксплуатации ГТС в проектном режиме и необходимости проведения тех или иных мероприятий по обоснованию пропускной способности водосбросов и водоспусков и др.;

4) *возможные последствия и ущерб при аварии ГТС:* региональная ЧС;

5) *состояние сооружения (по данным инструментальных наблюдений и визуального контроля):* невозможна работа сооружения в экстремальных условиях, предусмотренных проектом, требуется проведение неотложных ремонтных работ, временное изменение режима эксплуатации объекта;

6) *организация эксплуатации ГТС (соблюдение требований безопасной эксплуатации):* недоукомплектованность и недостаточный уровень квалификации персонала службы эксплуатации (на ГТС I, II классов отсутствие в штатах инженеров-гидротехников);

7) *готовность объекта к локализации и ликвидации ЧС:* отсутствие аварийного запаса материалов, средств и механизмов для выполнения аварийно-восстановительных и спасательных работ, неподготовленность персонала.

2. Провести расчет параметров движения волны прорыва по заданным характеристикам гидротехнического сооружения (таблица 14.6), русла и поймы реки (таблица 14.7) и расчетных участков (таблица 14.8).

Таблица 14.6 – Характеристика гидротехнического сооружения и реки

Вариант	Наименование исходных данных			
	Объем воды	Длина плотины	Глубина	Начальная глубина воды в

	в водохрани- лище, W_6 , м ³	у подпорной дамбы, B , м	перед гидро- узлом, H , м	рассматриваемых створах, h_i , м		
				В 0-м створе	В 1-м створе	Во 2-м створе
1	$2,0 \cdot 10^6$	1800	20	1,5	3,5	5,1
2	$2,1 \cdot 10^6$	1500	26	1,7	3,4	5,6
3	$1,6 \cdot 10^6$	1678	45	1,8	3,7	5,8
4	$1,8 \cdot 10^6$	1361	47	1,9	3,8	6,9
5	$1,9 \cdot 10^6$	1600	30	2,0	3,8	6,0
6	$2,5 \cdot 10^6$	1780	23	1,6	3,7	6,1
7	$2,3 \cdot 10^6$	1450	49	1,8	3,6	6,2
8	$2,4 \cdot 10^6$	1387	29	2,1	3,9	6,4
9	$2,1 \cdot 10^6$	1175	37	2,2	3,8	6,5
10	$2,2 \cdot 10^6$	1310	44	1,7	3,7	5,5

Таблица 14.7 – Характеристика русла и поймы реки

Вариант	Форма сечения прорана	Длина прорана, $B_{пр}$, м	Характеристика русла и поймы реки
1	Параболическая	18	Естественные русла в весьма благоприятных условиях
2	Прямоугольная	25	Сравнительно чистые русла постоянных равнинных потоков в обычных условиях
3	Параболическая	30	Русла больших и средних рек, значительно засоренные.
4	Прямоугольная	31	Поймы больших и средних рек сравнительно разработанные, покрытые нормальным количеством травы и кустарника
5	Параболическая	22	Периодические потоки с большим количеством наносов.
6	Параболическая	23	Русла периодических водотоков сильно засоренные и извилистые.
7	Прямоугольная	24	Плохо разработанные заросшие поймы рек, галечно-валунные русла горного типа
8	Прямоугольная	25	Русла больших и средних рек, значительно засоренные.
9	Параболическая	26	Сравнительно чистые русла постоянных равнинных потоков в обычных условиях
10	Параболическая	27	

Таблица 14.8 – Характеристика расчетных участков (створов) реки

Вариант	Наименование исходных данных				
	Длина расчетных	Уклон	Удаление	Удаление	Высотные отметки

	участков		реки	н. п. от ГТС	моста от ГТС	расчетных створов, $h_{смв}$		
						0-го	1-го	2-го
1	0 – 30	30–58	$5 \cdot 10^{-5}$	38,0	40,0	64,5	70,0	78,0
2	0–28	28–61	10^{-4}	32,0	30,0	66,3	75,0	80,0
3	0–29	29–57	$5 \cdot 10^{-4}$	31,5	33,0	60,7	66,0	72,0
4	0–32	32–70	10^{-3}	29,5	31,0	63,4	68,0	77,0
5	0–40	40–72	$5 \cdot 10^{-3}$	41,3	44,0	60,7	68,0	78,0
6	0–32	32–69	10^{-4}	32,0	33,6	67,8	73,5	81,2
7	0–41	41–71	10^{-3}	40,5	42,0	65,4	72,1	79,0
8	0–29	29–62	$5 \cdot 10^{-5}$	31,0	32,0	66,1	72,3	80,1
9	0–35	35–56	$5 \cdot 10^{-4}$	36,7	39,0	59,3	65,3	73,2
10	0–37	37–77	$5 \cdot 10^{-5}$	37,8	40,0	65,8	72,5	83,2

Список литературы, рекомендованный по данной теме:

1. Безопасность жизнедеятельности. Прогнозирование и оценка последствий техногенных аварий и стихийных бедствий Электронный ресурс : учебно-методическое пособие / А.А. Павлов / Т.И. Овчинникова / Б.С. Мاستрюков / О.М. Зиновьева. - Безопасность жизнедеятельности. Прогнозирование и оценка последствий техногенных аварий и стихийных бедствий, 2019-09-01. - Москва : Издательский Дом МИСиС, 2007. - 122 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

2. Белов, П. Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры : в 2 т. / П. Г. Белов ; МАТИ-Рос. гос. технологич. ун-т им. К.Э. Циолковского, Т. 2. - 2-е изд. - М. : Юрайт, 2015. - 272 с. - (Бакалавр и магистр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 458-460. - ISBN 978-5-9916-4703-8. - ISBN 978-5-9916-4720-5

Тема 8. Транспортные аварии и катастрофы

Практическое занятие 15

Расчет параметров железнодорожных аварий при перевозке пожаровзрывоопасных веществ и материалов

Цель: Получение навыков оценки обстановки, складывающейся при авариях на транспорте.

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов ; способностью определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска .

Актуальность темы: необходимость формирования навыков оценки последствий аварий на транспорте.

Теоретическая часть

Наиболее опасными аварийными ситуациями на транспорте являются аварии на железнодорожном транспорте при перевозке пожаровзрывоопасных веществ и материалов.

При оценке обстановки при аварии на железнодорожном транспорте необходим учет особенностей пожаров с легковоспламеняющимися (ЛВЖ), горючими жидкостями (ГЖ) и сжиженными углеводородными газами (СУГ).

При аварии с СУГ площадь зоны загазованности при разгерметизации одной цистерны СУГ достигает 2500 м² и может иметь протяженность до

250 м. При попадании цистерны, заполненной СУГ, в факел пламени в ней резко повышается давление, предохранительные клапаны не успевают стравливать газ и через 16 – 24 минуты цистерна разрушается со взрывом, выбросом пламени на высоту до 150 м и образованием новых очагов горения на расстоянии до 150 м. При этом образуется огненный шар диаметром 120 – 150 м. Осколки взорвавшейся цистерны разбрасываются на расстоянии до 150 м, в отдельных случаях – до 450 м. Иногда взрыв срывает цистерну с рамы и отбрасывает ее на расстояние до 80 м.

Взрыв одной железнодорожной цистерны с СУГ способствует увеличению площади пожара до 160 м² в зависимости от состояния балласта железнодорожных путей и рельефа местности.

Быстрее всего пожар развивается при разливе СУГ из железнодорожных цистерн в результате аварий, столкновения или крушения поездов. При этом цистерны опрокидываются и повреждаются, вследствие чего площадь пожара может достигать 10 тыс. м². По разлитому продукту горение распространяется не только на ближайшие поезда, но и на соседние складские, производственные и административные здания, а в некоторых случаях – на постройки прилегающих районов.

При разливе ЛВЖ из железнодорожных цистерн в результате аварии, столкновения и крушения площадь пожара может достигнуть 10 – 35 тыс. м². По разлитому нефтепродукту горение распространяется не только на соседние поезда, но и на ближайшие здания, а при попадании горящего разлитого нефтепродукта в канализацию или сточные канавы – на объекты, расположенные на расстоянии до 1 км.

Площадь разлива от одной цистерны зависит от метеоусловий, состояния балласта и уклона путей, рельефа местности и составляет 160 – 300 м². Скорость распространения пламени по разлитому продукту составляет 15 – 25 м/мин и может возрасти в отдельных случаях до 40 м/мин.

Если орошение водяными стволами не осуществляется, то разрушение железнодорожных цистерн с ЛВЖ и ГЖ происходит, как правило, через 15 – 25 минут после начала воздействия на них открытого факела пламени.

Высота факела при разрушении цистерн достигает 50 м. При этом общая площадь пожара может увеличиться до 1500 м².

– Площадь разлива ЛВЖ и ГЖ га станциях зависит от места аварии и количества цистерн, получивших повреждения.

Алгоритм оценки пожарной обстановки при железнодорожной аварии с ЛВЖ и ГЖ

1. Производится оценка времени и площади разлива ЛВЖ.

Время истечения ЛВЖ определяется по таблицей 15.1, СУГ – таблицей 15.2 (в зависимости от площади пробоины S , см²).

Таблица 15.1 – Зависимость расхода и времени истечения ЛВЖ из аварийной цистерны от площади пробоин и универсального сливного устройства

	Полный объем, м ³ , и масса ЛВЖ, кг	Диаметр цистерны, D , м	Диаметр пробоины или сливного устройства, d , мм	Площадь пробоины или сливного устройства, S_0 , см ²	Расход ЛВЖ, G , кг/мин	Время истечения, $t_{ист}$, мин
1	<u>61,2</u> 42000	2,8	100	78,5	840	50,0
			150	276	1878	22,4
			200	314	3348	12,5
2	<u>73,1</u> 49700	3,0	100	78,5	864	57,5
			150	176	1944	35,6
			200	314	3468	14,3
3	<u>85,6</u> 59200	3,2	100	78,5	900	64,7
			150	176	2010	29,0
			200	314	3600	16,2
4	140 95200	3,0	100	78,5	864	110,0
			150	176	1944	49,0
			200	314	3468	27,5
5	<u>161,6</u> 109900	3,2	100	78,5	900	122,0
			150	176	2010	54,7

			200	314	3600	30,5
--	--	--	-----	-----	------	------

ПРИМЕЧАНИЕ: в графе 2 в числителе показан полный объем цистерны, а в знаменателе – масса ЛВЖ при средней плотности 800 кг/м³ и степени заполнения цистерны 85 %.

2. Определяется расход ЛВЖ из пробоины и средняя скорость истечения

При разгерметизации запорной арматуры или образовании пробоин в нижней части цистерны масса пролитой ЛВЖ зависит от расхода жидкости через сливной прибор или образовавшуюся пробоину и времени ее истечения.

Таблица 15.2 – Зависимость времени истечения СУГ из цистерны от площади отверстия (истечение жидкой фазы)

$S, \text{ см}^2$	0,3	0,5	1	2	3	5	10	25
$t, \text{ ч}$	27	15	7,5	3,7	2,4	1,5	0,8	0,5

Расход ЛВЖ (G , кг/мин) определяется по таблице 15.1 или по формуле:

$$G = 60 \cdot v_{cp} \cdot \rho_{жс} \cdot S_0, \quad (15.1)$$

где S_0 – площадь сечения универсального сливного прибора или пробоины, м²;

$\rho_{жс}$ – плотность ЛВЖ, кг/м³. Для бензина $\rho_{жс}=722 - 751$ кг/м³, для керосина $\rho_{жс}= 800$ кг/м³, для дизельного топлива $\rho_{жс}= 831 - 921$ кг/м³,

v_{cp} – средняя скорость истечения ЛВЖ, м/с, равная:

$$v_{cp} = \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \quad (15.2)$$

где μ – коэффициент расхода жидкости, учитывающей сужение струи и трение (принимается равным 0,3 для ЛВЖ);

g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с²;

H – высота столба жидкости в цистерне (диаметр цистерны), м.

Полное время истечения ЛВЖ, мин, из цистерны равно:

$$\tau = \frac{M}{G}, \quad (15.3)$$

где M – масса всего вещества пролитой ЛВЖ, кг, определяемая по формуле:

$$M = \rho_{жс} \cdot V_{жс} \cdot e, \quad (15.4)$$

где $V_{жс}$ – полная емкость цистерны, м³;

e – степень заполнения цистерны.

3. Площадь разлива ($S_p(\tau)$, м²) через промежуток времени, τ , мин, определяется из соотношения:

$$S_p(\tau) = (0,00625 \cdot G) \cdot \tau. \quad (15.5)$$

4. Длина и ширина фронта пожара определяются исходя из условия прямоугольной формы его распространения:

$$S_n = a \cdot b, \quad (15.6)$$

где S_n – площадь пожара, м². Принимается равной площади разлива S_p , м²;

a – длина фронта пожара, м;

b – ширина фронта пожара, м.

При разливе СУГ, ЛВЖ и ГЖ скорость развития пожара вдоль железнодорожных путей в среднем в 3,5 раза выше, чем скорость распространения пламени на поезда, находящиеся на соседних путях, поэтому принимается $a = 3,5 \cdot b$.

Тогда:

$$S_n = a \cdot b^2, \quad (15.7)$$

$$b = \sqrt{\frac{S_n}{3,5}}. \quad (15.8)$$

5. Количество вагонов, которые могут пострадать при пожаре, определяется следующим образом:

- общее количество вагонов в очаге пожара определяется по формуле

$$N = \frac{S_n \cdot K_p}{S_B}, \quad (15.9)$$

где N – общее количество вагонов, охваченных огнем, шт.;

S_B – средняя площадь пола вагона, м²;

K_p – коэффициент, учитывающий расстояние между подвижным составом ($K_p = 0,75$ при полной загрузке станции);

- количество N_K вагонов на крайних железнодорожных путях по длине фронта пожара:

$$N_K = \frac{a}{L_B + 1}, \quad (15.10)$$

где L_B – средняя длина вагона (цистерны), м. При этом учитывается расстояние между торцами вагонов, равное 1м;

- количество $N_{ш}$ вагонов на железнодорожных путях по ширине фронта пожара:

$$N_{ш} = \frac{b}{r_{ЖД}}, \quad (15.11)$$

где $r_{ЖД}$ – минимальное расстояние, занимаемое одним железнодорожным путем с подвижным составом, м (принимается равным 4 м полной загрузке станции).

6. Производится расчет зоны опасного воздействия теплового излучения пожара пролива, т. е. зоны возможного распространения пожара при $q_{кр} > 12,5$, кВт/м².

Масса пролитой ЛВЖ, кг, составит:

$$M(\tau) = G \cdot \tau. \quad (15.12)$$

В зависимости от массы пролитого продукта M и плотности теплового излучения ($q_{кр}$, кВт/м²) определяется граница опасной зоны (зоны возможного распространения пожара), м по таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Значения плотности теплового излучения (кВт/м²) пожаров проливов ЛВЖ от массы пролитого продукта и расстояния от границы пролива (факела)

Расстояние, м	Масса пролитого продукта, т				
	10	20	30	40	50
10	25	35	40	50	55
20	15	20	22	30	35
30	8	10	12	13	14
40	5	6	7	8	9
50	4	5	6	7	8
60	3	4	4	5	5
80	-	2	3	3	3
100	-	-	1	1	2

15. На основании проведенных расчетов на рисунке изображается возможная пожарная обстановка:

- количество вагонов, которые могут пострадать при пожаре;
- зона пожара;
- зона возможного распространения пожара при $q_{кр} > 12,5 \text{ кВт/м}^2$

Возможная пожарная обстановка показана на рисунке 15.1.

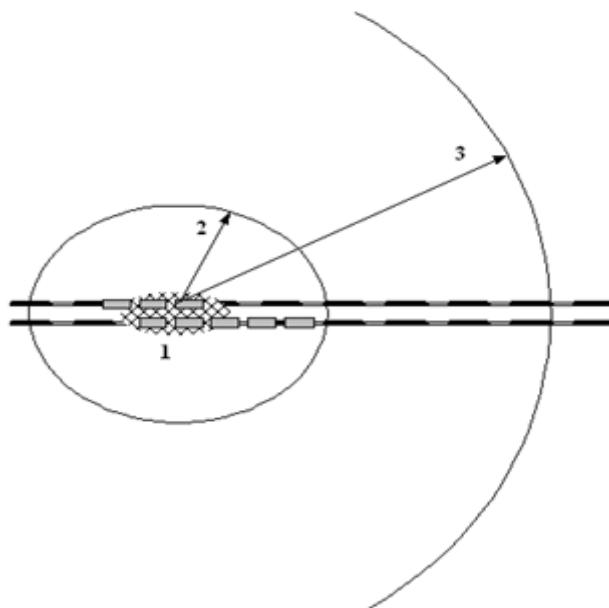


Рисунок 15.1 – Зоны возможного распространения пожара при аварии с проливом ЛВЖ и образованием огненного шара (масштаб 1:1000):

- 1 – пожар пролива ЛВЖ;
- 2 – зона возможного распространения пожара пролива;
- 3 – фрагмент зоны возможного распространения пожара от теплового воздействия огненного шара.

8. Расчет неблагоприятных исходов развития аварии

Если орошение водяными стволами горячей цистерны не осуществляется, то разрушение железнодорожных цистерн с ЛВЖ и ГЖ происходит, как правило, через 15 – 25 минут после начала воздействия на них открытого факела пламени. При такой продолжительности воздействия пожара пролива на цистерну с СУГ произойдет взрыв этой цистерны с образованием огненного шара.

Параметры огненного шара определяются по приведенной ниже методике.

Масса СУГ в огненном шаре (M_{OM} , кг) определяется по формуле:

$$M_{OM} = 0,6 \cdot M, \quad (15.13)$$

где M – масса СУГ в цистерне, кг.

Если $M_{OM} < 1$ т, то огненный шар не образуется.

Радиус огненного шара (R_{OM} , м) определяется по формуле:

$$R_{OM} = 29 \cdot M_{OM}^{1/3}. \quad (15.14)$$

Время его существования (t_{OM} , с) определяется по формуле:

$$t_{OM} = 4,5 \cdot M_{OM}^{1/3}. \quad (15.15)$$

9. На рисунок наносится радиус огненного шара. Полагается, что в зоне радиусом R_{OSH} , м, все горючие материалы воспламеняются.

10. Величина плотности теплового излучения q , кВт/м², на заданном расстоянии r , м, от пожара вычисляется по формуле:

$$q = E \cdot \varphi, \quad (15.16)$$

где E – средне поверхностная плотность теплового излучения факела пламени, кВт/м², значения которой приведены в таблице 15.4;

φ – коэффициент облученности между факелом пламени и элементарной площадкой на поверхности облучаемого объекта

$$\varphi = \frac{r_n^2 \cdot r}{(r_n^2 + r^2)^{1,5}} \cdot [1 - 0,058 \ln(r)] \quad (15.17)$$

где r_n – радиус факела пламени, м, определяемый по формуле:

$$r_n = \sqrt{\frac{S_p}{\pi}}, \quad (15.18)$$

r – расстояние по горизонтали от очага пожара, м.

Таблица 15.4– Интенсивность теплового излучения на поверхности факела пожаров

Вещество	Интенсивность теплового излучения, кВт/м ²
Ацетон	80
Бензин	130
Дизельное топливо	60
Древесина	114
Гексан	165
Метанол	35
Метилацетат	50
Винилацетат	60
Аммиак	30
Керосин	90
Нефть	70
Мазут	60
СУГ	150 – 200

При величине теплового излучения более 85 кВт/м² происходит воспламенение через 3 – 5 с горючих материалов (таблица 15.5 – 15.6). В зависимости от рассчитанного времени существования огненного шара определить $q_{кр}$, кВт/м².

Таблица 15.5– Критическая интенсивность облучения для твердых веществ

Материал	Критическая интенсивность облучения при различной продолжительности облучения, кВт/м ²		
	3	5	15
Древесина	18,8	16,9	13,9
Древесностружечная плита	13,9	11,9	8,3
Торф брикетный	31,5	24,4	13,2
Торф кусковой	16,6	14,3	9,8
Хлопок-волокно	11,0	9,7	7,5
Слоистый пластик	21,6	19,1	15,4
Стеклопластик	19,4	18,6	15,3
Пергамин	22,0	19,7	17,4
Резина	22,6	19,2	14,8

Уголь	-	35,0	45,0
-------	---	------	------

Таблица 15.6 – Воздействие теплового излучения на горючие материалы

Излучение, кВт/м ²	Металл	Древесина	Ткань, резина
7		нет	
8,5 – 9	Разложение, вспучивание краски	Начало разложения	Начало обугливания
10,5 – 13,5	Обгорание краски через 2 мин	Интенсивное обугливание через 5 мин	Интенсивное обугливание через 4 мин
14 – 16	То же, через 1 мин	Загорание через 5 мин	Загорание через 1 мин
85	То же, через 3 – 5 сек	Загорание через 3 – 5 сек	Загорание через 3 – 5 сек

Таким образом, определяется зона возможного распространения пожара от воздействия огненного шара (наносится на рисунок).

Вопросы и задания

Провести оценку пожарной обстановки при аварии с ЛВЖ и СУГ на сортировочной станции.

При проведении маневренных работ произошло столкновение цистерны с ЛВЖ (керосин) и цистерны, содержащей СУГ (пропан). Цистерны стандартные объемом соответственно V_1 и V_2 м³, загрузка ЛВЖ, $M_{1т}$, загрузка СУГ, M_2 т, степень заполнения 0,85. В результате столкновения цистерна с ЛВЖ получила пробоину площадью S_0 см², из которой начал вытекать керосин. Через τ , мин. пролитый керосин воспламенился. В результате теплового воздействия происходит взрыв цистерны с СУГ с образованием огненного шара. Расчетная температура воздуха t_p , °С, скорость воздушного потока $V=0,5$ м/с.

Таблица 15.7 – Исходные данные для решения задачи

Вариант	$V_1, \text{м}^3$	$V_2, \text{м}^3$	$M_1, \text{т}$	$M_2, \text{т}$	$\tau, \text{мин}$	$t_p, ^\circ\text{C}$	$S_0, \text{см}^2$	Длина цистерны, $L_6, \text{м}$
1	73,1	55	55	28	40	22	70	11,5
2	61,2	40	40	26	35	23	75	12
3	61,2	43	43	20	45	24	80	12,5
4	73,1	55	58	24	30	25	85	13
5	73,1	50	55	29	50	26	90	13,5
6	73,1	60	64	23	43	27	95	14
7	73,1	60	67	29	37	28	100	11,5
8	61,2	50	50	25	40	29	70	12
9	61,2	40	44	30	36	30	75	12,5
10	61,2	44	49	24	39	25	80	13
11	73,1	54	53	20	44	26	85	13,5
12	73,1	54	60	18	47	27	90	14
13	73,1	54	48	23	34	28	95	11,5
14	73,1	54	56	27	30	29	100	12
15	73,1	48	61	28	38	30	70	12,5
16	73,1	55	58	28	50	30	75	13
17	61,2	48	55	29	45	26	80	13,5
18	73,1	60	64	23	43	27	85	14
19	73,1	60	66	25	40	25	90	11,5
20	61,2	52	54	26	43	29	95	12

Список литературы, рекомендованный по данной теме:

1. Руководство по определению зон воздействия опасных факторов аварий с сжиженными газами, горючими жидкостями и аварийно химически опасными веществами на объектах железнодорожного транспорта и контролю природной среды [Текст]. Введ. 20 – 11 – 97. – М. : Министерство путей сообщения Российской Федерации, 1997.

2. Белов, П. Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры : в 2 т. / П. Г. Белов ; МАТИ-Рос. гос. технологич. ун-т им. К.Э. Циолковского, Т. 2. - 2-е изд. - М. : Юрайт, 2015. - 272 с. - (Бакалавр и магистр.

Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 458-460. - ISBN 978-5-9916-4703-8. - ISBN 978-5-9916-4720-5

Тема 8. Транспортные аварии и катастрофы

Практическое занятие 16

Транспортные аварии и катастрофы (семинар)

Цель: закрепление теоретических знаний по теме "Транспортные аварии и катастрофы»

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов .

Актуальность темы: необходимость знаний о причинах и особенностях проявления техногенных ЧС на транспорте.

Теоретическая часть

Практическое занятие проходит в форме традиционного семинара, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний лекционного материала по теме "Транспортные аварии и катастрофы".

Вопросы и задания

Ответьте на теоретические вопросы

1. Какие виды транспорта применяются на территории РФ? Какой из видов транспорта занимает лидирующие позиции по грузообороту? По объему перевозимых грузов?
2. Назовите преимущества и недостатки различных видов транспорта.
3. Какие виды транспорта функционируют на территории Ставропольского края?
4. Назовите основные маршруты доставки опасных грузов на территории Ставропольского края.
5. Назовите основные виды и причины железнодорожных аварий.
6. Назовите основные виды и причины аварий на автомобильном транспорте.
7. Назовите основные виды и причины аварий воздушного транспорта.
8. Назовите основные причины аварий на водном транспорте.
9. Назовите основные причины аварий в метрополитене.
10. Дайте определение понятию «трубопроводный транспорт». Как он классифицируется?
11. В чем преимущества и недостатки применения трубопроводного транспорта?
12. Каковы причины аварий на трубопроводном транспорте?
13. Назовите виды промышленного транспорта. Охарактеризуйте.
14. Какие типы вагонов созданы специально для перевозки габаритных специфических грузов в границах крупных предприятий? Охарактеризуйте.
15. В чем заключается проблема управления промышленным транспортом?
16. Какие грузы являются опасными?
17. Каким образом оценивается качественная степень опасности перевозимых грузов?
18. Как классифицируются опасные грузы в соответствии?
19. Какие виды опасностей возникают при перевозке опасных грузов?
20. Каким образом маркируются опасные грузы?

21. Какие требования предъявляются к упаковке опасных грузов?
22. Опишите сценарии развития аварии на железнодорожном транспорте с СУГ?
23. Опишите сценарии развития аварии на железнодорожном транспорте с ЛВЖ и ГЖ?
24. Опишите сценарии развития аварии на железнодорожном транспорте с твердыми горючими материалами?
25. Опишите сценарии развития аварии на железнодорожном транспорте с аварийно химическими опасными веществами?

Список литературы, рекомендованный по данной теме:

1. Природные и техногенные катастрофы: история, физика, информационные технологии в прогнозировании / А.В. Блюм, 1. - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. - 79 с. - ISBN 978-5-8265-1381-1. - ISBN 978-5-8265-1382-8 (ч. 1)
2. Чрезвычайные ситуации в техносфере Электронный ресурс : практикум / Ю.А. Соколова / Н.И. Макридин / Г.П. Разживина / Э.А. Овчаренков. - Чрезвычайные ситуации в техносфере, 2019-06-09. - Москва : Палеотип, 2013. - 220 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-94727-618-3

Тема 9. Техногенные аварии, связанные с разрушением зданий и сооружений

Практическое занятие 17

Оценка опасности газопроводной сети

Цель: Получение навыков оценки опасности газопроводной сети

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов ; способностью определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска .

Актуальность темы: необходимость формирования навыков применения оценки опасности газопроводной сети.

Теоретическая часть

Техническое диагностирование газопровода (диагностирование) – определение технического состояния газопровода, поиск мест и определение причин отказов (неисправностей), а также прогнозирование его технического состояния.

Техническое состояние газопровода – соответствие одному из видов технического состояния в данный момент времени (исправен, неисправен, работоспособен, неработоспособен), определяемое по сравнению истинных значений параметров газопровода с установленными нормативно-технической документацией.

Базовый шурф – место на участке газопровода, которое предположительно будет находиться в наиболее тяжелых условиях эксплуатации.

Срок службы газопровода – календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации газопровода или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние.

Остаточный срок службы газопроводов устанавливается организацией, проводившей диагностирование на основе оценки технического состояния, условий эксплуатации, качества работ по восстановлению работоспособного состояния газопровода.

В зависимости от срока службы газопровода, условий его эксплуатации и технического состояния предусмотрены следующие виды диагностирования: плановое и внеочередное.

Плановое диагностирование осуществляется при достижении нормативного или по истечении продленного по результатам предыдущего диагностирования срока службы газопровода.

Внеочередное диагностирование проводится в случаях:

- перевода газопровода на более высокое давление с подтверждением расчетом возможности такого перевода;
- аварий, не связанных с механическим повреждением газопровода при проведении земляных работ;
- воздействия неблагоприятных внешних факторов, которые приводят к деформации грунта, выводящей газопровод за пределы нормативного радиуса упругого изгиба (если $R < 500D$, где D – наружный диаметр газопровода);
- после землетрясения силой свыше 6 баллов.

Плановое и внеочередное диагностирование производится в два этапа – без вскрытия грунта (бесшурфовое) и шурфовое.

Плановое диагностирование газопровода проводится в следующей последовательности:

- анализ технической документации (проектной, строительной и эксплуатационной);
- разработка программы диагностирования газопровода без вскрытия грунта;
- диагностирование без вскрытия грунта;
- диагностирование в базовом шурфе;
- разработка программы шурфового диагностирования (при необходимости);
- диагностирование по программе шурфового диагностирования;
- определение технического состояния;
- расчет остаточного срока службы, выдача заключения.

Определение технического состояния газопровода проводится путем сравнения фактических значений параметров технического состояния с критическими значениями соответствующих параметров предельного состояния.

Критериями предельного состояния изоляции являются сплошность, сквозные повреждения и значение переходного сопротивления.

Состояние изоляционного покрытия оценивается по фактическому переходному сопротивлению R_ϕ , Ом, в сравнении с критическим (предельным) значением конечного переходного сопротивления труба-грунт, R_k , Ом. Критическое (предельное) переходное сопротивление на диагностируемом участке газопровода вычисляется решением трансцендентного уравнения:

$$R_k = \frac{\rho_\Gamma \cdot D}{2} \cdot \ln \left[\frac{\pi \cdot h(D-h) \cdot R_k}{D^2 \cdot H \cdot 0,4 \cdot 10^{-6}} \right], \quad (17.1)$$

где ρ_Γ – удельное электрическое сопротивление грунта, Ом·м;

D – наружный диаметр трубопровода, м;

H – глубина от поверхности земли до верхней образующей трубопровода, м;

h – толщина стенки трубы, м.

Решать уравнение следует методом подбора значения R_k , обеспечивающего равенство левой и правой частей уравнения с точностью 0,5.

Если фактическое значение переходного сопротивления меньше критического ($R_\phi < R_k$), делается вывод о полной деградации изоляционного покрытия на данном участке газопровода.

Если $2R_k \geq R_\phi \geq R_k$, то покрытие находится на пределе защитных свойств. Если $R_\phi > 2R_k$ и имеется только пассивная защита газопровода, то рассчитывается остаточный срок службы изоляционного покрытия в соответствии с формулами (17.2 – 17.3).

Расчет остаточного срока службы газопровода

Расчет остаточного срока службы изоляционного покрытия по переходному сопротивлению ($t_{ост}$, лет) проводится по формуле:

$$t_{ост} = \frac{1}{\alpha} \ln \left[\frac{R_\phi - R_k}{R_k} \right], \quad (17.2)$$

где α – постоянная времени старения, год⁻¹, рассчитываемая по формуле:

$$\alpha = \frac{1}{t_\phi} \ln \left[\frac{R_0 - R_k}{R_\phi - R_k} \right], \quad (17.3)$$

где R_0 – переходное сопротивление изоляционного покрытия на законченном строительстве участке газопровода. Берется реально измеренное R_0 значение для данного участка либо принимается по таблице 17.1;

t_ϕ – фактическое время эксплуатации газопровода до начала диагностирования, лет.

Таблица 17.1 – Переходное сопротивление изоляционного покрытия R_0 на законченном строительстве участке газопровода

Основа покрытия	Переходное сопротивление, R_0 , Ом·м ²
Битумные мастики	$5 \cdot 10^4$
Полимерные рулонные материалы	10^5
Полиэтилен экструдированный	$3 \cdot 10^5$
Стеклоэмаль	10^3

За остаточный срок службы газопровода принимается минимальное значение из остаточных сроков службы, рассчитанных по каждому из следующих параметров по соответствующим пунктам:

- пластичности металла труб;
- ударной вязкости металла;
- НДС при наличии фронтальной коррозии;
- локальному НДС в местах коррозионных язв (питтингов).

Результаты расчета остаточного срока службы по настоящей методике достоверны при рабочем давлении газа, создающем напряжения в стенке трубы не более $0,3 \sigma_B$.

Расчет остаточного срока службы газопровода при действии фронтальной (общей) коррозии металла

Остаточный срок службы, $t_{ост}$, лет, с учетом сплошной коррозии и действующих напряжений имеет вид:

$$t_{ост} = t_0 \exp \left(-K_n \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{\sigma_{кцф}}{\sigma_{кцр}} \right)^{0,5} \cdot \sigma_{кцр} \right) - t_\phi, \quad (17.4)$$

где $\sigma_{кцр}$ – допускаемое рабочее кольцевое напряжение, равное 16,5 МПа;

t_0 – максимальное время до разрушения ненапряженного элемента конструкции (газопровода) в годах, определяемое по формуле:

$$t_0 = \frac{h_0}{V_K} \left(1 - \frac{\sigma_{кц0}}{\sigma_{кцр}} \right), \quad (17.5)$$

$\sigma_{кцф}$ – фактически действующие кольцевые напряжения, МПа, с учетом утонения стенки трубы при сплошной коррозии вычисляются по формуле:

$$\sigma_{\kappa\phi} = \frac{P \cdot (D - 2h_0)}{2 \cdot h_T}, \quad (17.6)$$

где D – наружный диаметр газопровода, мм;

$\sigma_{\kappa\phi_0}$ – начальное кольцевое напряжение, МПа, определяемое по формуле:

$$\sigma_{\kappa\phi_0} = \frac{P \cdot (D - 2h_0)}{2 \cdot h_0}, \quad (17.7)$$

где h_0 – толщина стенки трубы в начале эксплуатации, мм;

V_K – средняя скорость коррозии, мм/год, определяемая по формуле:

$$V_K = \frac{h_0 - h_{TP}}{t_\phi}, \quad (17.8)$$

где h_{TP} – толщина стенки трубы в зоне наибольших повреждений (дефекта), мм;

K_{II} – константа рабочей среды, МПа⁻¹, определяемая по формуле:

$$K_{II} = \frac{V}{R \cdot T}, \quad (17.9)$$

где V – мольный объем стали, равный 7,0, см³/моль;

R – универсальная газовая постоянная, равная 8,31, Дж/(моль·К);

T – температура T_ϕ , К, при 20°С $T = 293$ К.

Расчет остаточного срока службы газопровода при наличии язвенной (питтинговой) коррозии металла

Повреждения труб в виде коррозионных язв (питтингов) приводят к неравномерному распределению напряжений в стенке газопровода, увеличивая их в местах наиболее глубоких повреждений.

Остаточный срок службы с учетом язвенной (питтинговой) коррозии и действующих напряжений определяется по формуле:

$$t_{ост} = \frac{h_{деф} - h_{mp}}{V_{ki}}, \quad (17.10)$$

где $h_{деф}$ – критическая глубина дефекта при действующем уровне напряжений, мм;

h_{mp} – глубина дефекта в зоне максимальных повреждений, мм;

V_{ki} – скорость коррозии, вычисляемая по формуле:

$$V_{ki} = \frac{V_k + V_{\mathcal{L}}}{\sigma_{\max}}, \quad (17.11)$$

$$V_{\mathcal{L}} = \frac{d_i}{t_{\phi}}, \quad (17.12)$$

$$h_{\partial e \phi_0} = h_0 - d_i \left(\frac{0,19 \cdot P_{\phi}}{\sigma_{\max}} \right)^{0,5}, \quad (17.13)$$

где d_i – наибольший размер коррозионной язвы по верхней кромке, мм;

$\sigma_{\max}$ – максимальное кольцевое напряжение, МПа.

$$\sigma_{\max} = 0,75 \cdot \sigma_T. \quad (17.14)$$

Остаточный срок службы принимается наименьшим из полученных по расчетам.

2. Задания

1. Записать в тетрадь основные термины и положения темы практического занятия

2. Рассчитать остаточный срок службы изоляционного покрытия, если в результате диагностирования было определено: газопровод из стальных труб наружным диаметром D , м и толщиной стенки трубы h , м проложен в грунте средней коррозионной активности удельным сопротивлением ρ_{Γ} , Ом·м на глубине H , м. Его переходное сопротивление, замеренное в шурфе равно R_{ϕ} , Ом·м², а исходное значение, принимаемое по таблице 17.1, $R_0 = 5 \cdot 10^4$ Ом·м². Время эксплуатации t_{ϕ} , лет.

На основании расчета остаточного строка службы газопроводы оценить степень его опасности. Исходные данные приведены в таблице 17.2.

Таблица 17.2 – исходные данные для расчета задания 2

Вариант	D , м	h , м	ρ_{Γ} , Ом·м	H , м	R_{ϕ} , Ом·м ²	t_{ϕ} , лет
---------	---------	---------	------------------------	---------	--------------------------------	------------------

1	0,15	0,004	25	1,2	90	25
2	0,24	0,003	38	0,8	100	15
3	0,3	0,005	80	1	110	20
4	0,18	0,006	50	1,5	120	30
5	0,19	0,007	12	1,4	130	18
6	0,20	0,008	16	1,6	140	27
7	0,21	0,009	20	1,3	150	33
8	0,24	0,002	60	2	90	45
9	0,25	0,005	25	1,7	100	38
10	0,26	0,004	38	1,8	110	19
11	0,27	0,003	80	1,9	120	24
12	0,28	0,005	50	0,9	130	30
13	0,29	0,006	12	1,1	140	35
14	0,30	0,007	16	1,4	150	26
15	0,31	0,008	20	1,9	90	31
16	0,32	0,009	60	2,1	100	34
17	0,33	0,002	25	1,7	110	25

3. Рассчитать остаточный срок службы газопровода при действии фронтальной коррозии, если при обследовании технического состояния участка трубопровода диаметром D , мм установлено: материал – Ст3 (группа А), σ_T , МПа, σ_{σ} , МПа, h_0 , мм, внутреннее давление P , МПа, время эксплуатации t_{ϕ} , лет, грунт – суглинок, обнаружена общая (фронтальная) коррозия, толщина стенки трубы в зоне наибольших повреждений (дефекта) h_T , мм. Исходные данные – в таблице 17.3.

4. Рассчитать остаточный срок службы при наличии язвенной коррозии, если при обследовании технического состояния участка трубопровода диаметром D , мм установлено: материал – Ст 3 (группа А), σ_T , МПа, σ_{σ} , МПа, h_0 , мм, внутреннее давление P_{ϕ} , МПа, время эксплуатации t_{ϕ} , лет, грунт – суглинок, обнаружена точечная (питтинговая) коррозия, толщина стенки трубы в месте коррозионного дефекта h_{TP} , мм с размером (по верхней кромке) d_i , мм. Исходные данные – в таблице 17.4.

Таблица 17.3 – Исходные данные для решения задания 3

Вариант	D , м	h_0 , м	P , МПа	t_{ϕ} , лет	h_T , м
---------	---------	-----------	-----------	------------------	-----------

1	0,15	0,004	0,8	25	0,003
2	0,24	0,003	0,4	15	0,0024
3	0,3	0,005	0,5	20	0,0036
4	0,18	0,006	1,0	30	0,002
5	0,19	0,007	1,1	18	0,0047
6	0,20	0,008	1,2	27	0,005
7	0,21	0,009	1,3	33	0,0043
8	0,24	0,005	0,5	45	0,003
9	0,25	0,005	0,6	38	0,0021
10	0,26	0,008	0,7	19	0,0012
11	0,27	0,009	0,9	24	0,001
12	0,28	0,008	0,9	30	0,0022
13	0,29	0,006	0,6	35	0,0016
14	0,30	0,007	0,8	26	0,0032
15	0,31	0,008	1,0	31	0,0045
16	0,32	0,009	0,9	34	0,005
17	0,33	0,01	1,0	25	0,0008

Таблица 17.4 – Исходные данные для решения задания 4

Вариант	D , м	h_0 , м	σ_T , МПа	P_ϕ , МПа	t_ϕ , лет	h_{TP} , м	d_i , мм
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,15	0,008	200	0,8	25	0,0045	0,005
2	0,24	0,009	220	0,4	15	0,005	0,0055
3	0,3	0,009	216	0,5	20	0,0043	0,006
4	0,18	0,007	180	1,0	30	0,0009	0,001
5	0,19	0,008	216	1,1	18	0,003	0,0043
6	0,20	0,006	180	1,2	27	0,0024	0,0038
7	0,21	0,01	224	1,3	33	0,0022	0,0035
8	0,24	0,009	216	0,5	45	0,0016	0,004
9	0,25	0,008	200	0,6	38	0,0036	0,004
10	0,26	0,01	160	0,7	19	0,0008	0,005
11	0,27	0,009	220	0,9	24	0,0012	0,003
12	0,28	0,008	160	0,9	30	0,001	0,004
13	0,29	0,007	220	0,6	35	0,002	0,0032
14	0,30	0,008	160	0,8	26	0,0047	0,0045
15	0,31	0,009	224	1,0	31	0,005	0,0032
16	0,32	0,007	200	0,9	34	0,0021	0,004
17	0,33	0,008	180	1,0	25	0,0032	0,002

Список литературы, рекомендованный по данной теме:

1. РД 12-411 – 01. Инструкция по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов [Текст]. Введ. 15 – 09 – 01. – М. : изд-во стандартов, 2001.

Тема 9. Техногенные аварии, связанные с разрушением зданий и сооружений

Практическое занятие 18

Техногенные аварии, связанные с разрушением зданий и сооружений (семинар)

Цель: закрепление теоретических знаний по теме «Техногенные аварии, связанные с разрушением зданий и сооружений»

Знания, умения и владения, приобретаемые обучающимся в результате освоения темы, в рамках формируемых компетенций: способностью анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов .

Актуальность темы: необходимость знаний о химически опасных веществах и материалах, причинах и особенностях проявления техногенных ЧС на транспорте.

Теоретическая часть

Практическое занятие проходит в форме традиционного семинара, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний лекционного материала по теме " Техногенные аварии, связанные с разрушением зданий и сооружений ".

Вопросы к практическому занятию

1. Какие требования предъявляются к сетям КЭХ категорированных объектов по ГО и объектов жизнеобеспечения?
2. Какие объекты относятся к системам жизнеобеспечения населения?
3. Назовите виды и источники опасностей в жилищно-коммунальной сфере.
4. Назовите последствия аварий, вызванных износом коммуникаций при прокладке их под землей?
5. Назовите основные причины аварийности объектов жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ)?
6. Какие способы выполнения сетей электроснабжения для питания электроприемников критической группы вы знаете? Ответ поясните.
7. Назовите виды происшествий в электрических сетях. Охарактеризуйте их.
8. Что может послужить причинами аварий в системах электроснабжения?
9. Охарактеризуйте возможные последствия для города серьезных аварий в системах электроснабжения.
10. Что такое водопровод? Назовите основные сооружения водопровода.
11. Как классифицируются системы водопроводов? Ответ поясните.
12. По каким признакам классифицируются газопроводы? Каково их назначение?
13. Назовите виды систем газоснабжения в зависимости от числа ступеней в газовых сетях.
14. Какие факторы определяют выбор системы газоснабжения населенного пункта?
15. Какие элементы составляют системы промышленных газопроводов?
16. Поясните схему функционирования промышленного газопровода.
17. Что называют канализацией? Каково ее назначение?

18. Какие виды систем канализации вы знаете? Дайте пояснения.
19. Назовите виды сточных вод.
20. Какие опасности могут нести сточные воды различного происхождения?
21. Назовите сооружения систем канализации.
22. Назовите условия приема сточных вод в канализационные сети.
23. Назовите причины и последствия аварий на очистных сооружениях.
24. Какие системы являются системами теплоснабжения? Как они классифицируются?
25. Назовите виды происшествий в системах теплоснабжения.

Список литературы, рекомендуемой по данной теме:

1. Чрезвычайные ситуации в техносфере Электронный ресурс : практикум / Ю.А. Соколова / Н.И. Макридин / Г.П. Разживина / Э.А. Овчаренков. - Чрезвычайные ситуации в техносфере, 2019-06-09. - Москва : Палеотип, 2013. - 220 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-94727-618-3
2. Природные и техногенные катастрофы: история, физика, информационные технологии в прогнозировании / А.В. Блюм, 1. - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. - 79 с. - ISBN 978-5-8265-1381-1. - ISBN 978-5-8265-1382-8 (ч. 1)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО "Северо-Кавказский федеральный университет"

Инженерный институт
Кафедра "Технологии машиностроения и техносферной безопасности"

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**По организации самостоятельной работы студентов
по дисциплине «Потенциально опасные технологии и производства»
для студентов направления подготовки
20.03.01 «Техносферная безопасность»**

Вопросы для собеседования**Тема: Понятие о ЧС техногенного характера**

1. Поясните понятие «техносфера». Назовите причины ее формирования.
2. Какие виды воздействий характерны для негативных ситуаций в техносфере?
3. Какие опасности характерны для техносферы? Приведите примеры.
4. Дайте определения понятиям опасный и вредный производственный фактор. Какими признаками они обладают?
5. Назовите виды опасностей технологического оборудования и технических систем.
6. Какие понятия сопряжены с опасными событиями? Какие виды опасных событий вы знаете? Дайте определения.
7. Дайте определения понятиям поражающий фактор, поражающий параметр, критерий поражения, поле поражающего параметра и зона поражения.
8. Назовите и охарактеризуйте виды поражающих факторов.
9. Дайте определение понятию технология.
10. Какие объекты называются опасными производственными?
11. Назовите причины роста количества техногенных ЧС
12. Назовите категории опасных производств.
13. Какие показатели учитываются при определении потенциальной опасности территории?
14. Какие техногенные опасности характерны для Российской Федерации?
15. Какие техногенные опасности характерны для Северо-Кавказского региона?
16. Опишите уровни потенциальных опасностей.

Тема: Классификация объектов - источников техногенной опасности

1. Дайте определение понятию «объект экономики».
2. Поясните критерии оценки и классификации объектов экономики.
3. Какие объекты строят свою деятельность на основе выполнения требований органов госнадзора?
4. Как классифицируются объекты по степени опасности? Ответ поясните определениями.
5. По каким критериям объекты техносферы разделяют на группы? Назовите 4 группы ПОО.
6. Какие типы аварий могут произойти на ПОО? Для каких видов объектов эти аварии наиболее реализуемы?
7. Как классифицируются объекты с точки зрения международного гуманитарного права?
8. Как классифицируются объекты экономики по ведомственной принадлежности?
9. Какие объекты называются критически важными?
10. Поясните порядок отнесения объекта к критически важному?
11. По каким признакам классифицируются КВО? Ответ поясните.
12. Назовите этапы функционирования объектов экономики.
13. Назовите режимы функционирования объектов экономики.
14. Что такое технологический регламент?
15. Каковы сроки действия технологических регламентов?

16. Каково содержание технологических регламентов?
17. Какие объекты капитального строительства являются уникальными?
18. Какие производства относятся исключительно к сфере деятельности государства?
19. Назовите объекты, относящиеся к категории особо сложных.
20. По каким критериям объекты относят к категории опасных производственных объектов? Приведите примеры.
21. Поясните характерные сценарии развития рисков аварий на ПОО.
22. Для каких объектов составление технологических регламентов является обязательным?
23. какие нормативно-правовые документы поясняют порядок разработки технологических регламентов?
24. Какие объекты относятся к особо опасным и технически сложным? Приведите примеры.
25. Какие объекты относятся к категории особо сложным?
26. Какие параметры характеризуют пожары? К
27. Назовите показатели, характеризующие пожаровзрывоопасность веществ и материалов.
28. На какие группы подразделяются технологические среды по пожаровзрывоопасности?
29. Назовите особенности развития аварийных ситуаций на различных пожаровзрывоопасных объектах.
30. Какие виды пожаровзрывоопасных объектов свойственны для территории Ставропольского края?
31. Какие иницирующие аварийные ситуации события являются наиболее вероятными на объектах?
32. Какие факторы влияют на сценарий развития аварии на пожаровзрывоопасных объектах?
33. Охарактеризуйте диаграмму состояния однокомпонентной системы.
34. Какие категории веществ по способам хранения и перемещения вы знаете? Охарактеризуйте вещества 2 категории.
35. При испарении жидкостей 1 категории выделяют два периода: стационарного и нестационарного горения. Опишите их.
36. Какие категории веществ по способам хранения и перемещения вы знаете? Охарактеризуйте вещества 1 категории.
37. При испарении жидкостей 2 категории выделяют три периода: мгновенного, стационарного и нестационарного горения. Опишите их.
38. Опишите взрывы конденсированных веществ

Тема: Техногенные ЧС на объектах, содержащих горючие и взрывчатые вещества

22. Дайте определение понятиям «пожар», «взрыв».
23. По каким признакам классифицируются пожары?
24. Какие виды взрывов вы знаете?
25. Назовите поражающие факторы пожаров и взрывов.
26. Каковы основные причины пожаров и взрывов на производстве?
27. На какие группы подразделяются вещества и материалы по горючести?

28. Какими свойствами характеризуется пожарная опасность строительных, текстильных и кожевенных материалов?
29. Какие вещества называются взрывчатыми? Назовите основные характеристики взрывчатых веществ.
30. Как подразделяются взрывчатые вещества по взрывчатым свойствам?
31. Дайте определение понятию «пожаровзрывоопасный объект». Какие объекты относятся к категории пожаровзрывоопасных?
32. как классифицируются пожаровзрывоопасные объекты?
33. Что такое газопаровоздушное облако?
34. Что такое огненный шар?
35. Поясните возможные сценарии развития аварии на пожаровзрывоопасных объектах.
36. Что такое эффект «BLEVE». Охарактеризуйте.
37. Опишите взрыв газовоздушной смеси в атмосфере
38. Опишите взрывы пылевоздушной смеси.
39. Как проводится оценка опасности пожаровзрывоопасных объектов.
40. Какие варианты аварий на объектах хранения и эксплуатации сжиженного газа вы знаете?
41. Назовите критерии классификации пожаровзрывоопасных объектов.
42. Дайте определение пожара-вспышки

Тема: Техногенные ЧС на объектах, содержащих опасные химические вещества

23. Дайте определения понятиям «опасное химическое вещество» и «аварийно-химически опасное вещество».
24. Какие вещества относятся к АХОВ?
25. Как классифицируются АХОВ по преимущественному синдрому, складывающемуся при острой интоксикации?
26. Как классифицируются АХОВ по степени опасности?
27. Как классифицируются АХОВ по основным физико-химическим свойствам и условиям хранения?
28. Как классифицируются АХОВ по тяжести воздействия на основании учета нескольких факторов?
29. Какой объект называется химически опасным? Какие объекты относятся к химически опасным?
30. Как классифицируются ХОО по степени подвижности?
31. Как классифицируются потенциально опасные процессы химической технологии по виду опасности?
32. Назовите основные причины, приводящие к химическим авариям.
33. Как классифицируются химические аварии на масштабам?
34. Назовите фазы развития химической аварии. Охарактеризуйте каждую фазу.
35. Назовите возможные источники опасности при аварии на ХОО.
36. Назовите основные источники химической опасности в Северо-Кавказском регионе.
37. От каких параметров и свойств объекта и АХОВ зависят последствия возможной аварии?
38. Назовите возможные способы хранения АХОВ.
39. Назовите признаки количественной опасности ХОО.

40. Какие объекты являются химико-технологическими? В чем особенность их работы?
41. Какие происшествия возможны на ХОО? Дайте определения?
42. Назовите категории аварий на ХОО в зависимости от степени сложности восстановления?
43. Назовите возможные сценарии развития химической аварии.
44. Назовите поражающие факторы химической аварии.

Тема: Техногенные ЧС на радиационно опасных объектах

1. Какие объекты называют радиационно опасными (РОО)? приведите примеры.
2. Назовите признаки классификации АЭС. Поясните.
3. В чем достоинства и недостатки применения АЭС?
4. Что включает в себя атомная станция (АС)?
5. Какие виды реакторов применяют на АЭС?
6. Что такое ядерный реактор? Поясните принцип работы.
7. Каким образом решается проблема необходимости замедления нейтронов в ядерных реакторах?
8. В чем особенность работы реактора ВВЭР?
9. В чем особенность работы реактора РБМК?
10. В чем особенность работы реактора на тяжелой воде?
11. Поясните разницу в работе различных ядерных реакторов.
12. В чем особенность работы реактора на быстрых нейтронах?
13. В чем особенность работы реактора с шаровой засыпкой?
14. Каковы основные причины аварий на РОО?
15. Назовите категории аварий на АС в зависимости от масштабов.
16. Назовите виды происшествий на РОО в соответствии с международной шкалой оценки.
17. Какие предприятия относятся к предприятиям ядерно-топливного цикла (ЯТЦ)?
18. Какими требованиями руководствуются при выборе площадки для строительства АЭС?
19. Назовите основные технологии ЯТЦ.
20. Поясните принципиальную схему работы АЭС.
21. Назовите факторы опасности ядерных реакторов.
22. Опишите характерные аварии на РОО?

Тема: Техногенные ЧС на гидродинамически опасных объектах

1. Какое сооружение называется гидротехническим? Какое назначение имеют гидротехнические сооружения?
2. Как классифицируются ГТС? Поясните.
3. Как классифицируются дамбы?
4. Какие виды плотин вы знаете?
5. Что такое водохранилище?
6. Какие виды водохранилищ вы знаете?
7. Что такое судоходный шлюз? Назовите элементы шлюза.
8. Поясните принцип работы шлюза.
9. Какое сооружение называется водным каналом? Каково назначение каналов?
10. Приведите другие примеры ГТС. Дайте определения.
11. Что такое гидроэлектростанция?
12. В чем необходимость применения гидроэлектростанций?

13. Назовите виды гидроэлектростанций.
14. Что такое гидродинамическая авария?
15. Каковы причины аварий на ГТС?
16. По каким признакам классифицируются ГТС в соответствии со СНиП 33-01-2003?
17. Дайте определения понятиям «дамба» и «плотина». В чем отличие между этими сооружениями?
18. Какие параметры характеризуют водохранилища?
19. Каков принцип работы гидроэлектростанций?
20. Охарактеризуйте последствия аварии на ГТС.
21. От чего зависят последствия гидродинамической аварии?
22. Приведите примеры ГЭС в Ставропольском крае. Охарактеризуйте их.

Тема : Техногенные аварии, связанные с разрушением зданий и сооружений

1. Что называют зданием?
2. По каким признакам классифицируются здания? Охарактеризуйте
3. Какие группы капитальности для жилых зданий вы знаете?
4. Какие группы капитальности для общественных зданий вы знаете?
5. В чем проявляется моральный износ зданий и сооружений?
6. Назовите признаки морального износа зданий и сооружений?
7. Какие показатели морального износа жилых зданий относятся к технико-экономическим?
8. Поясните требования механической безопасности З и С.
9. Назовите и поясните причины и предпосылки разрушения зданий, связанным с их собственным состоянием
10. Какое состояние здания считается аварийным?
11. Какое состояние здания считается предаварийным?
12. Какое жилье считается ветхим?
13. Какие элементы зданий вы знаете? Дайте определения.
14. От чего зависит группа капитальности для жилых зданий?
15. По каким признакам определяют физический износ здания? Какие показатели при этом учитываются?
16. Как классифицируются жилые здания по совокупности признаков физического и морального износа?
17. В каком документе отражены требования механической безопасности З и С?
18. Назовите и поясните методы оценки состояния здания
19. Какие случаи могут быть выявлены в результате обследования и поверочных расчетов ЗиС?
20. Назовите и охарактеризуйте категории технического состояния зданий (сооружений)

Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно отвечает на вопросы базового и повышенного уровней, умеет тесно увязывать теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал дополнительной

литературы, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Оценка *«хорошо»* выставляется студенту, если он твердо знает материал как базового, так и повышенного уровней, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками сопоставления теории и практики.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется студенту, если он имеет знания только материала базового уровня, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при сопоставлении теории и практики.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания. Отметка *«неудовлетворительно»* выставляется также, если обучающийся отказался отвечать на вопросы.

1. Описание шкалы оценивания

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя собеседование по вопросам тем дисциплины.

Вопросы повышенного уровня предназначены не только для проверки знаний основного и дополнительного материала, но и оценки способности студента применять теоретические знания при решении практических задач, а также знания статистических данных и умения их анализировать.

Данное оценочное мероприятие проводится на каждом практическом и (или) семинарском занятии на основании материалов и знаний, полученных на лекциях, а также при изучении основной и дополнительной литературы. Для подготовки к данному оценочному мероприятию студенту необходимо подготовить устные ответы на вопросы собеседования, либо законспектировать данные ответы в тетрадь (не обязательно)

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования материалами лекций, основной и дополнительной литературы, а также интернет-ресурсов.

При проверке задания, оцениваются:

- правильность ответов;
- чёткое знание терминологии;
- умение грамотно, четко и последовательно излагать материал;
- использование дополнительной литературы при подготовке;
- умение анализировать теоретический материал и сопоставлять его с практикой;
- знание статистических данных об изучаемых процессах и явлениях;
- умение приводить конкретные примеры.

Оценочный лист проверки знаний (собеседование)

Критерии оценки	Оценка			
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
правильность ответов				
чёткое знание терминологии				

умение грамотно, четко и последовательно излагать материал				
использование дополнительной литературы при подготовке				
умение анализировать теоретический материал и сопоставлять его с практикой				
знание статистических данных об изучаемых процессах и явлениях				
умение приводить конкретные примеры				