

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Баламирзоев Назим Пирджанович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 14.03.2020 15:14:55  
Уникальный программный ключ:  
5cf0d6f89e80f49a334f6a4ba58a91f3376b9926

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ»**  
**Кафедра З в ЧС**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**к курсовой работе**  
по дисциплине  
**«Радиационная и химическая защита»**

для студентов, обучающихся по направлению  
20.03.01.- «Техносферная безопасность», профилю подготовки  
«Защита в чрезвычайных ситуациях» для всех форм обучения

## **УДК 614.8**

### **ББК 68.9**

Радиационная и химическая защита: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов, обучающихся по направлению 20.03.01.-«Техносферная безопасность» профиля подготовки «Защита в чрезвычайных ситуациях» для всех форм обучения .

Методические указания предназначены для выполнения курсового проектирования по дисциплине «Радиационная и химическая защита» студентами направления 20.03.01 «Техносферная безопасность» профиля подготовки «Защита в чрезвычайных ситуациях» всех форм обучения. Составной частью общего комплекса мер по защите населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера являются мероприятия радиационной и химической защиты. Важность этих мероприятий для защиты населения обусловлена наличием в стране большого числа опасных радиационных и химических объектов, а также сложившимся на территории страны состоянием радиационной и химической безопасности. Курсовая работа проводится в учебный период и содержит задания, рассматриваемые на практических занятиях, которые предусматриваются учебной программой по данной дисциплине.

Пособие содержит рекомендации по оценке возможной химической и радиационной обстановки происшедшей в результате чрезвычайной ситуации природного или техногенного характера. В результате выполнения курсовой работы обучающиеся должны: закрепить теоретические знания по требованиям, предъявляемым к данной дисциплине. Уметь применять методики по расчетам прогнозирования масштабов возможного химического поражения АХОВ при авариях на химически опасных объектах и транспорте. А так же определять степень поражения и разрушения объекта при нагрузках, создаваемых ударной волной в результате наземного и воздушного ядерного взрыва.

Печатается по решению Ученого Совета факультета Нефти, газа и природообустройства ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»

#### **Составитель:**

Магомедова С.Г., к.т.н., ст. преп. кафедры «З в ЧС»

#### **Рецензент:**

Рекомендовано к публикации Научно-методическим советом ФГБОУ ВО ДГТУ

Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ мая 2021 г.

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Этап 1. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ.....	5
Задача 1. Определение радиационных потерь войск при действиях в прогнозируемых зонах заражения.....	6
Задача 2. Определение радиационных потерь при преодолении прогнозируемых зон заражения.....	7
Пример выполнения работы «Оценка радиационной обстановки».....	9
Этап 2. РАСЧЕТ НАГРУЗОК, СОЗДАВАЕМЫХ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ.....	12
2.1 Взрыв емкости со сжатым газом.....	12
2.2 Взрыв газовой смеси.....	12
2.3 Ядерный взрыв и взрыв емкости.....	13
2.4 Степень разрушения объекта воздействия.....	13
Варианты задания.....	15
Задание 1.....	19
Задание 2.....	21
Задание 3.....	23
Этап 3. ОЦЕНКА ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИЯХ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ.....	24
3.1 Теоретические сведения.....	27
3.2 Прогнозирование химической обстановки.....	29
3.3 Прогнозирование и оценка обстановки при выбросах АХОВ в окружающую среду.....	30
3.3.1 Определение эквивалентного количества химического вещества.....	30
3.3.2 Определение глубины зоны заражения.....	33
3.3.3. Определение площадей зоны заражения.....	34
3.3.4. Порядок нанесения зон заражения на карту и схему.....	35
Варианты курсовых проектов.....	39

## ВВЕДЕНИЕ

Радиационная и химическая защита населения включает в себя: — организацию непрерывного контроля, выявление и оценку радиационной и химической обстановки в районах размещения радиационно и химически опасных объектов.

Радиационная защита — комплекс мер, направленных на ослабление или исключение воздействия ионизирующего излучения на население, персонал радиационно-опасных объектов, биологические объекты природной среды, на радиоэлектронное оборудование и оптические системы, а также на предохранение природных и техногенных объектов от загрязнения радиоактивными веществами и удаление этих загрязнений.

К подготовительным мероприятиям радиационной защиты, осуществляемым заблаговременно, относятся:

- разработка планов действий по предупреждению и ликвидации радиационных аварий;
- создание и эксплуатация систем радиационного контроля;
- накопление и содержание в готовности СИЗ, приборов радиационной разведки и дозиметрического контроля, средств дезактивации, йодной профилактики;
- поддержание в готовности защитных сооружений на территории АЭС, а также противорадиационных укрытий в населенных пунктах, размещенных вблизи АЭС;
- осуществление мер по защите продовольствия, пищевого сырья, фуража, источников воды от загрязнения радиоактивными веществами;
- обеспечение готовности служб радиационной безопасности радиационно опасных объектов, сил и средств подсистем и звеньев РСЧС на соответствующих территориях к ликвидации последствий радиационных аварий.

Решение задач защиты населения в чрезвычайных ситуациях, его жизнеобеспечения и ликвидации негативных последствий этих ситуаций во многом зависит от своевременной и грамотной оценки радиационной обстановки на территории, попавшей в зону радиационного заражения как на первоначальных, так и на поздних стадиях аварии. Основные мероприятия по защите населения основаны на грамотном расчете, последующем выборе и выполнении режимов радиационной защиты населения.

Радиационная и химическая защита населения включает в себя:

- организацию непрерывного контроля, выявление и оценку радиационной и химической обстановки в районах размещения радиационно и химически опасных объектов;
- заблаговременное накопление, поддержание в готовности и использование при необходимости СИЗ, приборов радиационной и химической разведки и дозиметрического контроля;
- создание, производство и применение унифицированных средств защиты, приборов и комплектов радиационной и химической разведки и дозиметрического контроля;
- приобретение населением в установленном порядке в личное пользование СИЗ;
- своевременное внедрение и применение средств и методов выявления и оценки масштабов и последствий аварий на радиационно и химически опасных объектах;
- создание и использование на радиационно и химически опасных объектах систем (преимущественно автоматизированных) контроля обстановки и локальных систем оповещения;
- разработку и применение, при необходимости, режимов радиационной и химической защиты населения и функционирования объектов экономики и инфраструктуры в условиях загрязненности (зараженности) местности;
- заблаговременное приспособление объектов коммунально-бытового обслуживания и транспортных предприятий для проведения специальной обработки одежды, имущества и транспорта, проведением этой обработки в условиях аварий;
- обучение населения использованию средств индивидуальной защиты и правилам поведения на загрязненной (зараженной) территории.

## Этап 1. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ВЫЯВЛЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ

Исходными данными для выявления прогнозируемой радиационной обстановки являются координаты центров (эпицентров) взрывов, мощность, вид и время каждого взрыва, направление и скорость среднего ветра по высотам.

Информация о параметрах ядерных взрывов поступает от специальных систем обнаружения. При заблаговременном прогнозировании радиационной обстановки параметры ядерных взрывов принимают исходя из наиболее вероятного варианта нанесения ядерных ударов.

Основой для определения направления и скорости среднего ветра является информация, поступающая от метеорологических станций высотного зондирования атмосферы. При заблаговременном планировании операций используют аэроклиматические данные о среднем ветре.

Направление и скорость среднего ветра в районе ядерного взрыва определяют с учетом мощности взрыва. По значению мощности взрыва выбирают слой атмосферы, для которого находятся данные о среднем ветре.

Нанесение прогнозируемых зон заражения начинают с того, что на карте обозначают центр (эпицентр) взрыва и вокруг него проводят окружность. Около окружности делают поясняющую надпись: в числителе — мощность (тыс. т) и вид взрыва (*H* — наземный взрыв, *B* — воздушный, *Я* — подземный, *ВП* — взрыв на водной преграде), в знаменателе — время и дата взрыва (часы, минуты и число, месяц).

От центра (эпицентра) взрыва по направлению среднего ветра проводят ось прогнозируемых зон заражения. Определяют длину и максимальную ширину (примерно в середине длины) каждой зоны заражения и отмечают их точками на карте. Через эти точки проводят эллипс, очерчивая прогнозируемые зоны заражения.

Окружность в районе взрыва, поясняющую надпись, ось зон заражения и внешнюю границу зоны *A* наносят на карту синим цветом, внешнюю границу зоны *B* — зеленым, зоны *B* — коричневым и зоны *Г* — черным цветом. При осуществлении ядерных взрывов своими войсками окружность в районе взрыва наносят красным цветом, а поясняющую надпись — черным.

При отображении прогнозируемой радиационной обстановки в интересах действий войск границы зоны *A* на карту можно не наносить.

Зоны возможного заражения, приходящиеся на водные преграды (акватории), на карту не наносят.

При групповом или массированном ядерном ударе (продолжительностью до 2 ч) границы одноименных перекрывающихся или соприкасающихся прогнозируемых зон заражения объединяют и очерчивают сплошными линиями соответствующих цветов лишь их внешние контуры

При массированном применении ядерного оружия продолжительностью более 2 ч прогнозируемую радиационную обстановку наносят от каждого удара

При оценке прогнозируемой радиационной обстановки предполагаемый район заражения местности условно делят на подветренную и наветренную стороны.

Подветренная сторона включает прогнозируемые зоны заражения на следе облака и прилегающую к ним половину всех зон в районе взрыва. Другая половина прогнозируемых зон заражения в районе взрыва относится к наветренной стороне.

Основой для оценки наземной радиационной обстановки является карта с нанесенными прогнозируемыми зонами заражения, районами расположения (действий) или маршрутами движения войск (населения). При решении задач необходимо знать время начала облучения  $t_{нач}$ , продолжительность облучения  $T$  и время начала формирования заражения местности в районе действия (по маршруту движения) войск (населения)

$$t_{\phi} = x/V, \quad (1.1.)$$

где  $x$  — расстояние от центра (эпицентра) одиночного или группового ядерного удара, обусловившего заражение местности в районе действия (по маршруту движения) войск (населения), до середины этого района (до средней точки на маршруте движения), км;

$V$  — скорость среднего ветра в районе ядерного удара, км/ч. За центр группового ядерного удара, границы зон заражения от взрывов которого перекрываются или соприкасаются, принимают центр фигуры, образованной соединением прямыми линиями центров (эпицентров) взрывов в данном ударе.

Скорость среднего ветра для группового ядерного удара определяют как частное от деления суммы скоростей средних ветров в районе каждого взрыва на число взрывов в ударе. Аналогично определяют среднее время группового ядерного удара.

Массированный ядерный удар в каждом конкретном случае следует рассматривать как совокупность одиночных и групповых ядерных ударов.

Всегда необходимо иметь в виду следующее:

- а) если  $t_{\phi}$  меньше 10 мин, то его принимают равным 10 мин;
- б) если личный состав войск (население) будет действовать в заданном районе до начала формирования зон заражения в нем, то  $t_{\text{нач}} = t_{\phi}$ ;
- в) если личный состав войск (население) будет преодолевать среднюю точку на маршруте движения  $t_{\text{п}}$  до начала формирования заражения местности в данном районе, то он не подвергнется радиоактивному облучению;
- г) если личный состав войск (население) войдет в зоны заражения  $t_{\text{вх}}$  или будет преодолевать среднюю точку на маршруте движения  $t_{\text{п}}$  после формирования заражения местности в заданном районе  $t_{\phi}$ , то  $t_{\text{нач}} = t_{\text{вх}}$  или  $t_{\text{нач}} = t_{\text{п}}$ .

### **Подветренная сторона прогнозируемого района заражения местности**

#### **Задача 1. Определение радиационных потерь войск (населения) при действиях в прогнозируемых зонах заражения**

Радиационные потери в прогнозируемых зонах заражения определяют по дозам излучения, которые может получить личный состав войск (население) за время пребывания на зараженной местности. При этом принимают, что личный состав в районе расположения (действия) распределен по площади • равномерно.

Исходные данные. 1. Радиационная обстановка и положение войск (населения), нанесенные на карту.

2. Скорость среднего ветра.

3. Продолжительность пребывания в прогнозируемых зонах заражения  $T$  и время входа в зоны  $t_{\text{вх}}$ , отсчитываемое от момента взрыва.

4. Условия пребывания личного состава войск (населения) на зараженной мест.

$K_{\text{осл}}$ .

5. Ранее полученные дозы излучения и время, прошедшее после предыдущего облучения.

Порядок решения.

1. По карте определяют среднюю точку части площади объекта, которая расположена в прогнозируемых зонах заражения, ее расстояние  $x$  от центра (эпицентра) взрывов, обусловивших заражение местности в районе данной части объекта, и доли площади объекта в каждой зоне. Доли в одноименных зонах суммируются.

2. По расстоянию  $x$  и скорости среднего ветра  $V$  рассчитывают время начала формирования следа в районе объекта  $t_{\phi}$ .

Определяют время начала облучения  $t_{\text{нач}}$ :

$$\text{если } t_{\text{вх}} > t_{\phi} \text{ то } t_{\text{нач}} = t_{\text{вх}};$$

если  $t_{вх} < t_{ф}$ , ТО  $t_{нач} = t_{ф}$ .

3. Находится  $K_{осл}$

4. В соответствии с найденными значениями  $t_{нлч}$  и заданной продолжительностью пребывания  $T$  в зоне определяют величину дозы излучения, которую получил бы открыто расположенный на местности личный состав войск (население) в каждой зоне заражения. Найденные значения доз излучения делят на  $K_{осл}$ . Если личный состав ранее подвергался радиоактивному облучению, то определяют остаточную дозу излучения, которую суммируют с полученной дозой излучения.

5. По общей дозе излучения для каждой зоны заражения находят радиационные потери и их распределение во времени.

6. По доле площади объекта в каждой зоне заражения и найденной в п. 5 величине потерь в ней определяются радиационные потери, отнесенные ко всему личному составу войск (населению) на объекте.

## **Задача 2. Определение радиационных потерь при преодолении прогнозируемых зон заражения**

Радиационные потери при преодолении прогнозируемых зон заражения определяют по дозам излучения, которые может получить личный состав войск (население) за время преодоления зараженной местности.

Исходные данные.

1. Радиационная обстановка и маршрут движения войск (населения), нанесенные на карту

2. Скорость среднего ветра.

3. Время начала движения с исходного рубежа, отсчитываемое от времени нанесения ядерного удара, и скорость преодоления прогнозируемых зон заражения.

4. Средства передвижения.

5. Ранее полученные дозы излучения и время, прошедшее после предыдущего облучения.

### **Порядок решения**

1. По карте для части маршрута, расположенной в прогнозируемых зонах заражения от ядерного удара, определяют:

среднюю точку части маршрута, расположенной на зараженной местности, и ее удаление от исходного рубежа;

средний угол между маршрутом движения и осями прогнозируемых зон заражения;

расстояние от центров (эпицентров) взрывов до точек пересечения маршрута с осями зон заражения.

2. По найденному расстоянию от исходного рубежа до средней точки на указанной части маршрута, времени начала и скорости движения вычисляют время подхода головы колонны  $t_n$  к средней точке.

Учитывая время  $t_n$  и время начала формирования прогнозируемых зон заражения в районе средней точки  $t_{ф}$ , определяют время возможного начала облучения колонны, отсчитываемое от времени ядерного удара.

3. найти  $K_{осл}$

4. Для каждого взрыва, оси зон заражения которых пересекаются маршрутом движения, определяют дозу излучения. Найденные дозы излучения суммируют и умножают на поправки, учитывающие  $t_{нач}$ ,  $v$ ,  $U$  и  $K_{осл}$ .

Если личный состав ранее подвергался радиоактивному облучению, определяют остаточную дозу излучения, которую суммируют с найденной дозой.

5. По значению суммарной дозы излучения находят радиационные потери личного состава и их распределение во времени.

В нормах радиационной безопасности НРБ-99 установлены:

**1. Три категории облучаемых лиц:**

категория *A* – персонал (профессиональные работники);  
 категория *B* – профессиональные работники, не связанные с использованием источников ионизирующих излучений, но рабочие места которых расположены в зонах воздействия радиоактивных излучений;

категория *B* – население области, края, республики, страны.

## 2. Три группы критических органов:

1-я группа – все тело, половые органы, костный мозг;

2-я группа – мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт (ЖКТ), легкие, хрусталик глаза и другие органы, за исключением тех, которые относятся к 1-й и 3-й группам

3-я группа – кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, стопы.

## 3. Основные дозовые пределы, допустимые для лиц категорий *A*, *B* и *B*.

Основные дозовые пределы – предельно допустимые дозы (ПДД) облучения (для категории *A*) и пределы дозы (ПД) (для категории *B*) за календарный год. ПДД и ПД измеряются в миллизивертах в год (*мЗв/год*).

ПДД и ПД не включают в себя дозы естественного фона и дозы облучения, получаемые при медицинском обследовании и лечении (см. табл. 1.)

Таблица 1. - Основные дозовые пределы, мЗв/год

Категория облучаемых лиц	Группа критических органов		
	1-я	2-я	3-я
A	20	150	500
B	1	15	50

Примечание. Дозы облучения для персонала категории *B* не должны превышать ¼ значений для персонала категории *A*.

ПДД – наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы облучения за календарный год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

ПД – основной дозовый предел, при котором равномерное облучение в течение 70 лет не вызовет изменений здоровья, обнаруживаемых современными методами. Максимальное годовое облучение населения с учетом естественных источников в соответствии с требованиями НРБ-99 не должно превышать 5 мЗв/год.

При проведении радиационного контроля и оценке соответствия параметров радиационной обстановки нормативам должны соблюдаться следующие соотношения:

$$H \leq \text{ПДД}, \quad (1.2)$$

где *H* – максимальная эквивалентная доза излучения на данный критический орган, *мЗв/год* :

$$H = D \cdot k, \quad (1.3)$$

где *D* – поглощенная доза излучения, *мЗв/год*;

*k* – коэффициент качества излучения (безразмерный коэффициент, на который следует умножить поглощенную дозу рассматриваемого излучения для получения эквивалентной дозы этого излучения);

Для категории *B*

$$H \leq \text{ПД}, \quad (1.4)$$

где *H* рассчитывают по формуле (1.3)

Значения коэффициента  $k$  приведены ниже

Вид излучения	$k$	
	Рентгеновское и $\gamma$ - излучение	
	Электроны и позитроны, $\beta$ – излучение	
	Протоны с энергией $< 10$ МэВ	0
	Нейтроны с энергией $< 0,02$ МэВ	
	Нейтроны с энергией $0,1 \dots 10$ МэВ	0
	$A$ – излучение с энергией $< 10$ МэВ	0
	Тяжелые ядра отдачи	0

Необходимо:

1. Выбрать вариант (табл. 2.).
2. Ознакомиться с методикой.
3. В соответствии с категорией облучаемых лиц, группой критических органов и режимов работы определить основные дозовые пределы (ПДД и ПД).
4. По формуле (1.2) определить максимальную эквивалентную дозу излучения.
5. С помощью формул (1.1) и (1.3.) сделать вывод о соответствии радиационной обстановки нормам радиационной безопасности.

### Пример выполнения работы

Таблица 3 - Исходные данные

Вариант	Категория облучаемых лиц	Облучение		
		Группа критических органов	Вид излучения	Поглощенная доза, мЗв/год
№	Б	Органы пищеварения	Рентгеновское излучение	10

В нормах радиационной безопасности НРБ-99 установлены:

1. три категории облучаемых лиц: категория  $A$  – персонал (профессиональные работники);  
**категория Б** – профессиональные работники, не связанные с использованием источников ионизирующих излучений, но рабочие места которых расположены в зонах воздействия радиоактивных излучений; категория  
**категория В** – население области, края, республики, страны.
2. три группы критических органов:
  - 1-я группа – все тело, половые органы, костный мозг;
  - 2-я группа – мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, **желудочно-кишечный тракт (ЖКТ)**, легкие, хрусталик глаза и другие органы, за исключением тех, которые относятся к 1-й и 3-й группам;

3-я группа – кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, стопы.

3. основные дозовые пределы, допустимые для лиц категорий *A*, *B* и *B*.

Основные дозовые пределы – предельно допустимые дозы (ПДД) облучения (для категории *A*) и пределы дозы (ПД) (для категории *B*) за календарный год. ПДД и ПД измеряются в миллизивертах в год (*мЗв/год*). ПДД и ПД не включают в себя дозы естественного фона и дозы облучения, получаемые при медицинском обследовании и лечении (см. табл. 1.)

При проведении радиационного контроля и оценке соответствия параметров радиационной обстановки нормативам должны соблюдаться следующие соотношения:

$$H \leq \text{ПДД},$$

где *H* – максимальная эквивалентная доза излучения на данный критический орган, *мЗв/год*.

$$H = D \cdot k,$$
$$H = 10 \cdot 1 = 10 \text{ мЗв/год},$$

где *D* – поглощенная доза излучения, *мЗв/год*;

*k* – коэффициент качества излучения (безразмерный коэффициент, на который следует умножить поглощенную дозу рассматриваемого излучения для получения эквивалентной дозы этого излучения);

По данным варианта (табл. 2.) для группы критических органов - «пищеварение» и категории облученных лиц - «А» нахожу основной дозовый предел из табл. 1.

$$\text{ПДД} = 150 \text{ мЗв/год},$$

Дозы облучения для персонала категории *B* не должны превышать  $\frac{1}{4}$  значений для персонала категории *A*, следовательно:

$$150 / 4 = 37,5 \text{ мЗв/год}$$

Сравним рассчитанную максимальную эквивалентную дозу на органы пищеварения при рентгеновском излучении с ПДД на данный критический орган:

$$10 < 37,5$$

Вывод: В результате расчета определили, что максимальная эквивалентная доза на органы пищеварения при рентгеновском излучении не превышает установленную ПДД на данный критический орган, следовательно, радиационная обстановка соответствует нормам радиационной безопасности.

Таблица 2.- Варианты заданий

Вариант	Категория облучаемых лиц	Облучение		
		Группа критических органов	Вид излучения	Поглощенная доза, мЗв/год
	1.	2.	3.	4.
01	А	Все тело	$\alpha$ – излучение с энергией $< 10$ МэВ	1
02	А	Все тело	$\alpha$ – излучение с энергией $< 10$ МэВ	2
03	А	Щитовидная железа	$\beta$ – излучение	75
04	А	Печень, почки	Протоны с энергией $< 10$ МэВ	10
05	А	Легкие	Протоны с энергией $< 10$ МэВ	20
6	А	Голени и стопы	Нейтроны с энергией 0,1 ...10 МэВ	15
07	А	Кожный покров	Нейтроны с энергией 0,1 ...10 МэВ	20
08	Б	Все тело	$\gamma$ - излучение	1
09	А	Все тело	$\gamma$ - излучение	2
10	Б	Все тело	Рентгеновское излучение	3
11	А	Органы пищеварения	Рентгеновское излучение	10
12	А	Органы пищеварения	Нейтроны с энергией $< 0,02$ МэВ	1
13	А	Легкие	Нейтроны с энергией $< 0,02$ МэВ	2
14	А	Легкие	Нейтроны с энергией $< 0,02$ МэВ	3
15	А	Легкие	Нейтроны с энергией $< 0,02$ МэВ	4
16	А	Все тело	Нейтроны с энергией 0,1 ...10 МэВ	2
17	А	Все тело	Нейтроны с энергией 0,1 ...10 МэВ	3
18	А	Костная ткань	Протоны с энергией $< 10$ МэВ	20
19	А	Мышцы	Протоны с энергией $< 10$ МэВ	10
20	А	Легкие	$\beta$ – излучение	100
21	А	Кисти рук	$\beta$ – излучение	200
22	А	Кожный покров	$\alpha$ – излучение	20
23	А	Печень, почки	$\alpha$ – излучение	10
24	Б	Все тело	$\gamma$ - излучение	2
25	Б	Все тело	$\gamma$ - излучение	4
26	Б	Все тело	Нейтроны с энергией $< 0,02$ МэВ	1
27	Б	Легкие	Нейтроны с энергией $< 0,02$ МэВ	2
28	Б	Легкие	Нейтроны с энергией $< 0,02$ МэВ	1
29	Б	Органы пищеварения	Рентгеновское излучение	5
30	Б	Органы пищеварения	Рентгеновское излучение	10

## Этап 2. РАСЧЕТ НАГРУЗОК, СОЗДАВАЕМЫХ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ

Нагрузки, создаваемые ударной волной в результате взрыва емкостей со сжатым газом, взрыва газозвушной смеси, воздушного и наземного ядерных взрывов, приводят к разрушениям зданий, сооружений, оборудования, установок и т.д.

В результате разрушения объектов возникают чрезвычайные ситуации с соответствующими степенями разрушения, опрокидывания и смещения оборудования и установок.

Для принятия решений по проведению восстановительных работ на объектах, подвергшихся разрушению, необходимо провести оценку степени разрушения.

### 2.1 Взрыв емкости со сжатым газом

Троотиловый эквивалент, кг,

$$Q = A / 3,8, \quad (2.1)$$

где  $A$  – работа взрыва (работа газа при адиабатическом расширении), МДж.

$$A = [(p_1 \cdot V)[1 - (p_2/p_1)^{(m-1)/m}]] / (m - 1), \quad (2.2)$$

где  $p_1$  – начальное давление в сосуде, МПа;

$V$  – начальный объем газа, м<sup>3</sup>;

$p_2$  – конечное давление, МПа,  $p_2 = 0,1 \cdot p_1$  ;

$m$  – показатель адиабаты,  $m = 1,4$ .

Безопасное расстояние, м, от места взрыва для человека

$$R_{\min} = 16 \cdot q^{1/3} \quad (2.3)$$

Безопасное расстояние, м, места взрыва для жилой застройки

$$R_{\min} = 5 \cdot q^{1/2} \quad (2.4)$$

### 2.2 Взрыв газозвушной смеси

Избыточное давление при взрыве газозвушной смеси, кПа,

$$\Delta P = (m \cdot H_T \cdot p_0 \cdot z) / (V_n \cdot c \cdot \rho \cdot T_0 \cdot R_H), \quad (2.5)$$

где  $m$  – масса горючего газа, кг;

$H_T$  – теплота сгорания, кДж/кг,  $H_T = 40 \cdot 10^3$  кДж/кг;

$p_0 = 101$  кПа – начальное давление;

$z$  – доля участия взвешенного дисперсного продукта при взрыве,  $z=0,5$ ;

$V_n$  – объем помещения, м<sup>3</sup>;

$c = 1,01$  кДж – теплоемкость воздуха;

$\rho = 1,29$  кг/м<sup>3</sup> – плотность воздуха;

$T_0 = 300$  К – температура в помещении;

$R_H = 3$ , коэффициент не герметичности помещения;

### 2.3 Ядерный взрыв и взрыв емкости

Избыточное давление, *кПа*, во фронте ударной волны наземного и воздушного ядерного взрыва, а также при взрыве емкости со сжатым газом

$$P = \frac{105 \cdot (\sqrt[3]{0,5q})}{R} + \frac{410(\sqrt[3]{(0,5q)^2})}{R^2} + \frac{1370(0,5q)}{R^3}, \quad (2.6)$$

где  $R$  – расстояние от центра взрыва, *м*.

### 2.4 Степень разрушения объекта воздействия

Степень разрушения объекта воздействия оценивают по критерию физической устойчивости (сильное, среднее, слабое), а объекты воздействия (оборудование, установки и т.д.) – по критерию опрокидывания и смещения.

2.4.1. Если под воздействием ударной волны с избыточным давлением элементы производственного комплекса разрушаются полностью, разрушение оценивается как сильное; если элементы производственного комплекса в этих условиях могут быть восстановлены в короткие сроки, разрушение оценивается как среднее или слабое.

Степень разрушения производственных комплексов в зависимости от избыточного давления может быть оценена следующим образом:

- для промышленного здания с металлическим или железобетонным каркасом: при избыточном давлении 50...60 кПа – сильное, 40...50 – среднее, 20...40 кПа – слабое;
- для кирпичного многоэтажного здания с остеклением: при избыточном давлении 20...30 кПа – сильное, 10...20 кПа – среднее, 8...10 кПа – слабое;
- для кирпичного одно- и двухэтажного здания с остеклением: при избыточном давлении 25...35 кПа – сильное, 15...25 кПа – среднее, 8...15 кПа – слабое;
- для приборных стоек: при избыточном давлении 50...70 кПа – сильное, 30...50 кПа – среднее, 10...30 кПа – слабое;
- для антенных устройств: при избыточном давлении 40 кПа – сильное, 20...40 кПа – среднее, 10...20 кПа – слабое;
- для открытых складов с железобетонным перекрытием: при избыточном давлении 200 кПа – сильное.

2.4.2. Степень опрокидывания и смещения антенного устройства или приборной стойки.

Скоростной напор взрыва, *кПа*,

$$P_{ск.} = 2,5 \cdot \Delta P^2 \cdot / (\Delta P + 7p_0), \quad (2.7)$$

где  $p_0$  – начальное скоростное давление, *кПа*,  $p_0 = 101$  *кПа*.

Допустимый скоростной напор взрыва, *кПа*, при опрокидывании антенного устройства или приборной стойки

$$P^{опр.}_{ск} \geq (a / b) \cdot [G / (C_x \cdot S)], \quad (2.8)$$

где  $a$  и  $b$  – высота и ширина объекта, *м*;

$G$  – масса объекта, *Н*;

$C_x$  – коэффициент аэродинамического сопротивления;

$S$  – площадь поперечного сечения приборной стойки, *м<sup>2</sup>*.

Если скоростной напор взрыва больше допустимого при опрокидывании, то антенное устройство или приборная стойка опрокинется.

Допустимый скоростной напор взрыва при смещении антенного устройства или приборной стойки.

Таблица 4-Варианты заданий по теме Расчет нагрузок, создаваемых ударной волной

Вариант	Источник разрушения	Начальное давление, МПа, или тротильовый эквивалент, Мг	Объем емкости, м <sup>3</sup>	Объект воздействия	Расстояние от центра взрыва, м	Высота и ширина объекта, м	Площадь поперечного сечения объекта, м <sup>2</sup>	Масса объекта, кг	Коэффициент трения	Коэффициент аэродинамического сопротивления
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
1.	Емкость со сжатым газом	0,5	100	Многоэтажное кирпичное здание Приборная стойка	100 50	- 2x0,5	- 0,4	- 20	- 0,3	- 0,85
2.	Наземный ядерный взрыв	1	-	Приборная стойка Двухэтажное кирпичное здание с остеклением	105 -	1,4x0,5 -	0,28 -	100 -	0,5 -	0,85 -
3.	Емкость со сжатым газом	10	0,05	Складское кирпичное здание Антенна спутникового телевидения	10 15	- 1,5x1,5	- 1,8	- 10	- 0,16	- 1,6
4.	Воздушный ядерный взрыв	2	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	4000 4010	- 2x0,5	- 0,4	- 20	- 0,4	- 0,85
5.	Емкость со сжатым газом	5	5	Двухэтажное кирпичное здание с остеклением	10 10	- 1,5x0,3	- 0,3	- 30	- 0,3	- 0,85

				Приборная стойка						
6.	Воздушный ядерный взрыв	0,01	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	4000 400	- 0,5 X 0,3	- 0,01	- 5	- 0,4	- 0,85
7.	Воздушный ядерный взрыв	0,01	-	Промышленное здание с металлическим и железобетонным каркасом Приборная стойка	2000 2000	- 0,5x0,4	- 0,1	- 30	- 0,3	- 0,85
8.	5.1 Емкость со сжатым газом	0,05	100	Кирпичная стена многоэтажного дома с остеклением Приборная стойка	10 15	- 0,9x0,4	- 0,18	- 20	- 0,5	- 0,9
9.	Наземный ядерный взрыв	1	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	3000 3000	- 1,4x0,5	- 0,4	- 20	- 0,4	- 0,9
10.	Емкость со сжатым газом	1	0,5	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	20 20	- 0,9x0,6	- 0,18	- 30	- 0,3	- 0,85
11.	Воздушный ядерный взрыв	0,5	-	Кирпичная стена многоэтажного	4000	-	-	-	-	-

				дома с остеклением Приборная стойка	4015	0,9x0,4	0,18	20	0,5	0,9
12.	Наземный ядерный взрыв	1	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением	1000	-	-	-	-	-
				Приборная стойка	1000	0,9x0,6	0,18	30	0,5	0,85
13.	Взрыв газовоздушной смеси	10 кг горючего вещества	100	Промышленное здание с металлическим и железобетонным каркасом	2	-	-	-	-	-
				Приборная стойка	2	0,9x0,3	0,18	20	0,5	0,85
14.	Воздушный ядерный взрыв	0,1	-	Промышленное здание с металлическим и железобетонным каркасом	10000	-	-	-	-	-
				Приборная стойка	10000	0,9x0,3	0,18	20	-	0,5
15.	Емкость со сжатым газом	20	0,8	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением	10	-	-	-	-	-
				Антенное устройство	10	0,5x0,4	0,1	30	0,9	0,4
16.	Наземный ядерный взрыв	0,01	-	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением	2000	-	-	-	-	-
				Антенное устройство	2000	0,5x0,4	0,1	10	0,9	0,4
17.	Емкость со	1	1	Многоэтажное кирпичное	15	-	-	-	-	-

	сжатым газом			здание с остеклением Приборная стойка	18	0,9x0,4	0,18	30	0,6	0,4
18.	Воздушный ядерный взрыв	0,01	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	5000	-	-	-	-	-
					5000	0,9x0,4	0,18	30	0,6	0,4
19.	Емкость со сжатым газом	1	5	Одноэтажное кирпичное здание с остеклением Антенное устройство	8	-	-	-	-	-
					8	1,6x0,4	0,3	30	1,2	0,5
20.	Наземный ядерный взрыв	0,01	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением Приборная стойка	4000	-	-	-	-	-
					4000	0,5x0,3	0,1	50	0,4	0,85
21.	Наземный ядерный взрыв	0,1	-	Промышленное здание с металл. и ж/б каркасом Приборная стойка	2000	-	-	-	-	-
					2000	0,5x0,3	0,1	10	0,85	0,4

## Пример выполнения работы Расчет нагрузок создаваемых ударной волной

Таблица 5-Исходные данные

Источник взрыва	Начальное давление P, МПа или тротильный эквивалент q, Мг	Объем емкости V, м <sup>3</sup> или объем помещения, V <sub>п</sub> , м <sup>3</sup>	Объект воздействия	Расстояние от центра взрыва R, м	Высота и ширина объекта a × b, м	Площадь поперечного сечения объекта, м <sup>2</sup>	Вес объекта G, Н	Коэффициент трения, f	Коэффициент аэродинамического сопротивления, Сх
Емкость	1	0,5	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением	20	-	-	-	-	-
			Приборная стойка	20	0,9 × 0,6	0,18	300	0,3	0,85

### Задание 1. Взрыв емкости со сжатым газом

Тротильный эквивалент определяется по формуле (2.1)

$$q = \frac{A}{3.8}$$

Работа газа при адиабатном расширении определяется по формуле (2.2):

$$A = \frac{P_1 \cdot V}{m-1} \left[ 1 - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} \right]$$

где  $A$  – работа взрыва, МДж;  $P_1$  – начальное давление в сосуде, Мпа;  $P_2$  – конечное давление, Мпа, ( $P_2=0,1 \cdot p_1$ );  $V$  – начальный объем газа, м<sup>3</sup>;  $m$  – показатель адиабаты ( $m=1.4$ ).

В нашем случае формулы (2.1.) и (2.2.) примут вид:

$$A = \frac{1 \cdot 0,5}{1,4-1} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{0,1}{1} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} \right] = 0,6 \text{ МДж}$$

$$q = \frac{0,6}{3,8} = 0,16 \text{ кг}$$

Безопасное расстояние,  $m$ , от места взрыва для человека определяем по формуле (2.3):

$$R_{\min} = 16 \cdot q^{1/3}$$

$$R_{\min} = 16 \cdot 0,16^{1/3} = 8,74$$

Безопасное расстояние,  $m$ , от места взрыва для жилой застройки определяем по формуле

(2.4):

$$R_{\min} = 5 \cdot q^{1/2}$$

$$R_{\min} = 5 \cdot 0,16^{1/2} = 2$$

1. Избыточное давление при взрыве емкости определяется по формуле (2.6):

$$P = \frac{105 \cdot (\sqrt[3]{0,5q})}{R} + \frac{410(\sqrt[3]{(0,5q)^2})}{R^2} + \frac{1370(0,5q)}{R^3},$$

где  $\Delta p_\phi$  – избыточное давление, кПа;  $q$  – тротильный эквивалент, кг;  $R$  – расстояние от центра взрыва,  $m$ .

В нашем случае формула (2.6) примет вид:

$$P = \frac{105 \cdot (\sqrt[3]{0,5 \cdot 0,16})}{20} + \frac{410(\sqrt[3]{(0,5 \cdot 0,16)^2})}{20^2} + \frac{1370(0,5 \cdot 0,16)}{20^3} = 2,48 \text{ кПа}$$

2. Определяем степень разрушения объекта воздействия.

Степень разрушения объекта воздействия (здания, сооружения и т.д.) оценивается по критерию оценки физической устойчивости (сильное, среднее, слабое), а объекты воздействия (оборудование, установки и т.д.) - по критерию опрокидывания и смещения:

Наименование объекта воздействия	Избыточное давление, кПа		
	сильное	среднее	слабое
Кирпичное многоэтажное здание с остеклением	20 -30	10 – 20	8 – 10
Приборные стойки	50 – 70	30 – 50	10 – 30

Исходя из данных, можно сделать вывод, что степень разрушения объекта воздействия соответствует «слабому разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса получают повреждения, при которых они могут быть восстановлены в короткие сроки.

Степень опрокидывания или смещения приборной стойки.

Скоростной напор взрыва, *кПа*, определим с помощью формулы (2.7):

$$P_{ск} = 2,5 \Delta P^2 / (\Delta P + 7p_0),$$

где  $P_{ск}$  - скоростной напор взрыва, *кПа*;

$\Delta P$  - избыточное давление во фронте ударной волны наземного взрыва, *кПа*;

$P_0$  - начальное атмосферное давление, *101 кПа*

В нашем случае формула примет вид:

$$P_{ск} = (2,5 \cdot 2,48^2) / (2,48 + 7 \cdot 101) = 0,02 \text{ кПа}$$

Допустимый скоростной напор взрыва при опрокидывании приборной стойки определяется из соотношения (2.8):

$$P_{ск}^{оп} \geq \frac{a \cdot G}{b \cdot C_x \cdot S},$$

где  $a$  - высота объекта, *м*;  $b$  - ширина объекта, *м*;  $G$  - вес объекта, *Н*;  $C_x$  - коэффициент сопротивления;  $S$  - площадь поперечного сечения, *м<sup>2</sup>*.

В нашем случае отношение будет иметь вид:

$$P_{ск}^{см} \geq \frac{0,9 \cdot 300}{0,6 \cdot 0,85 \cdot 0,18}$$

$$P_{ск}^{см} \geq 2941,18 \text{ ПА}$$

Так как  $0,02 \text{ кПа} < 2,941 \text{ кПа}$ , т.е.  $P_{ск}^{оп} \geq P_{ск}$ , то можно сделать вывод, что в данном случае не произойдет опрокидывание приборной стойки.

Допустимый скоростной напор взрыва при смещении приборной стойки определяется из соотношения:

$$P_{ск}^{см} \geq \frac{fG}{C_x S},$$

где  $f$  - коэффициент трения;  $G$  - вес объекта,  $H$ ;  $C_x$  - коэффициент сопротивления;

$S$  - площадь поперечного сечения,  $m^2$ .

В нашем случае соотношение примет вид:

$$P_{ск}^{см} \geq \frac{0,3 \cdot 300}{0,85 \cdot 0,18}$$

$$p_{ск}^{см} \geq 588 \text{ Па}$$

Так как  $0,02 \text{ кПа} < 0,588 \text{ кПа}$ , т.е.  $p_{ск}^{см} \geq p_{ск}$ , то можно сделать вывод, что в данном случае так же не произойдет смещение приборной стойки.

Вывод: степень разрушения объекта воздействия соответствует «слабому разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса получают повреждения, при которых они могут быть восстановлены в короткие сроки. В данном случае не произойдет опрокидывание и смещение приборной стойки.

## Задание 2. Воздушно ядерный взрыв

Таблица 6.- Исходные данные

Источник взрыва	Начальное давление РМПа или тротиловый эквивалент q, Мг	Объем емкости V, м <sup>3</sup> или объем помещения, V <sub>п</sub> , м <sup>3</sup>	Объект воздействия	Расстояние от центра взрыва R, м	Высота и ширина объекта а, Ж, м	Площадь поперечного сечения объекта, м <sup>2</sup>	Вес объекта G, Н	Коэффициент трения, f	Коэффициент аэродинамического сопротивления, C <sub>x</sub>
Воздушный ядерный взрыв	2	-	Многоэтажное кирпичное здание с остеклением	4000	-	-	-	-	-
	-	-	Приборная стойка	4000	2 × 0,5	0,4	200	0,4	0,85

1. Избыточное давление во фронте ударной волны воздушного ядерного взрыва определяем по формуле (2.6.):

$$P = \frac{105 \cdot (\sqrt[3]{0,5q})}{R} + \frac{410(\sqrt[3]{(0,5q)^2})}{R^2} + \frac{1370(0,5q)}{R^3}$$

где  $\Delta p_\phi$  - избыточное давление,  $кПа$ ;  $q$  - тротиловый эквивалент,  $кг$ ;  $R$  - расстояние от центра взрыва,  $м$ ;

В нашем случае формула примет вид:

$$P = \frac{105 \cdot (\sqrt[3]{0,5 \cdot 10^9 \cdot 2})}{R} + \frac{410(\sqrt[3]{(0,5 \cdot 10^9 \cdot 2)^2})}{R^2} + \frac{1370(0,5 \cdot 2 \cdot 10^9)}{R^3}$$

$$P=24,48+22,32+21,40=68,23 \text{ кПа}$$

## 2. Определяем степень разрушения объекта воздействия.

Степень разрушения объекта воздействия (здания, сооружения и т.д. оценивается по критерию оценки физической устойчивости (сильное, среднее, слабое), а объекты воздействия (оборудование, установки и т.д.) по критерию опрокидывания и смещения.

Таблица 7-критерию оценки физической устойчивости

Наименование объекта воздействия	Избыточное давление, кПа		
	сильное	среднее	слабое
Кирпичное многоэтажное здание с остеклением	20 -30	10 - 20	8 - 10
Приборные стойки	50 - 70	30 - 50	10 - 30

Исходя из данных, можно сделать вывод, что степень разрушения объекта воздействия соответствует «сильному разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса разрушаются полностью.

### 2.1. Степень опрокидывания или смещения приборной стойки.

Скоростной напор взрыва определяем по формуле (2.7):

$$P_{ск} = 2,5 \cdot \Delta P^2 / (\Delta P + 7p_0),$$

где  $P_{ск}$  - скоростной напор взрыва, кПа;  $\Delta P_{\phi}$  - избыточное давление во фронте ударной волны наземного взрыва, кПа;  $P_0$  - начальное атмосферное давление, кПа.

В нашем случае формула примет вид:

$$P_{ск} = 2,5 \cdot 68,23^2 / (68,23 + 7 \cdot 101) = 15,01 \text{ кПа},$$

Допустимый скоростной напор взрыва при опрокидывании приборной стойки определяется из соотношения (2.8.):

$$P_{ск} \geq \frac{a \cdot G}{b \cdot C_x \cdot S}$$

где  $a$  - высота объекта, м;  $b$  - ширина объекта, м;  $G$  - вес объекта, Н;  $C_x$  - коэффициент сопротивления;  $S$  - площадь поперечного сечения, м<sup>2</sup>.

В нашем случае отношение будет иметь вид:

$$P_{ск} \geq \frac{2}{0,85 \cdot 0,4} \cdot \frac{200}{0,4}$$

$$P_{ск} \geq 2352,94 \text{ Па}$$

Так как  $15,01 \text{ кПа} > 2,352 \text{ кПа}$ , т.е.  $P_{ск} > P_{ск}^{опр}$ , то можно сделать вывод, что в данном случае произойдет опрокидывание приборной стойки.

Допустимый скоростной напор взрыва при смещении приборной стойки определяется из соотношения (2.9.):

$$P_{ск}^{см} \geq \frac{0,4 \cdot 200}{0,85 \cdot 0,4}$$

$$P_{ск}^{см} \geq \frac{fG}{C_x \cdot S}$$

где  $f$  - коэффициент трения;  $G$  - вес объекта, Н;  $C_x$  - коэффициент сопротивления;

$S$  - площадь поперечного сечения,  $m^2$ .  
 В нашем случае соотношение примет вид:

$$P_{ск}^{см} \geq 235,29 \text{ Па}$$

Так как  $15,01 \text{ кПа} > 0,235 \text{ кПа}$  ( $P_{ск} > P_{ск}^{см}$ ), то можно сделать вывод, что в данном случае так же произойдет смещение приборной стойки.

Вывод: степень разрушения объекта воздействия соответствует «сильному разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса разрушаются полностью. В данном случае произойдет опрокидывание приборной стойки и ее смещение.

### Задание 3. Взрыв газовой смеси

Таблица 8- Исходные

данные

Источник взрыва	Начальное давление P, МПа или тротильный эквивалент q, Мг	Объем емкости V, м3 или объем помещения, Vп, м3	Объект воздействия	Расстояние от центра взрыва R, м	Высота и ширина объекта а × b, м	Площадь поперечного сечения объекта, м2	вес объекта G, Н	Коэффициент трения, f	Коэффициент аэродинамического сопротивления, Сх
Взрыв газовой смеси (утечка газа)	50 кг	100	Кирпичная стена многоэтажного дома с остеклением	2	-	-	-	-	-
	-	-	Приборная стойка	2	0,9 × 0,4	0,18	300	0,9	0,5

1. Избыточное давление при взрыве газовой смеси определяется по формуле (2.5):

$$\Delta P_{\phi} = \frac{mHPZ}{V_p C_p T R_n}$$

где  $\Delta P_{\phi}$  – избыточное давление,  $кПа$ ;  $m$  – масса горючего газа,  $кг$ ;  $H_T$  – теплота сгорания,  $кДж/кг$  ( $H_T=40 \cdot 10^3$ );  $P_o$  – начальное давление,  $кПа$  ( $P_o=101$ );  $z$  – коэф. участия воздушной смеси, ( $z=0,5$ );  $V_n$  – объем помещения,  $м^3$ ;  $c$  – теплоемкость воздуха,  $кДж/кг$  ( $c=1,01$ );  $\rho$  – плотность воздуха,  $кг/м^3$  ( $\rho=1,29$ );  $T_o$  – температура в помещении,  $К$  ( $T_o=300$ );  $R_n$  – коэф. негерметичности помещения, ( $R_n=3$ ).

В нашем случае формула примет вид:

$$\Delta P_{\phi} = \frac{50 \cdot 40 \cdot 1000 \cdot 101 \cdot 0,5}{100 \cdot 1,29 \cdot 300 \cdot 3} = 861,33 \text{ кПа}$$

2. Определяем степень разрушения объекта воздействия.

Степень разрушения объекта воздействия (здания, сооружения и т.д. оценивается по критерию оценки физической устойчивости (сильное, среднее, слабое), а объекты воздействия (оборудование, установки и т.д.) по критерию опрокидывания и смещения.

Наименование объекта воздействия	Избыточное давление, кПа		
	сильное	среднее	слабое
Кирпичное многоэтажное здание с остеклением	20 - 30	10 - 20	8 - 10
Приборные стойки	50 - 70	30 - 50	10 - 30

Исходя из данных, можно сделать вывод, что степень разрушения объекта воздействия соответствует «сильному разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса разрушаются полностью.

2.2 Степень опрокидывания или смещения приборной стойки.

Скоростной напор взрыва определяем по формуле (5.7.):

$$P_{ск} = 2,5 \cdot \Delta Pф^2 / (\Delta Pф + 7p_0),$$

где  $P_{ск}$  - скоростной напор взрыва,  $кПа$ ;  $\Delta Pф$  - избыточное давление во фронте ударной волны наземного взрыва,  $кПа$ ;  $P_0$  - начальное атмосферное давление,  $кПа$ .

В нашем случае формула примет вид:

$$P_{ск} = \frac{2,5 \cdot 861^2}{861 + 7 \cdot 101}$$

$$P_{ск} = 1182,61 \text{ кПа}$$

Допустимый скоростной напор взрыва при опрокидывании приборной стойки определяется из соотношения (5.8.):

$$P_{ст}^{опр} \geq \frac{a}{b} \frac{G}{C_x S},$$

где  $a$  - высота объекта,  $м$ ;  $b$  - ширина объекта,  $м$ ;  $G$  - вес объекта,  $Н$ ;  $C_x$  - коэффициент сопротивления;  $S$  - площадь поперечного сечения,  $м^2$ .

В нашем случае отношение будет иметь вид:

$$P_{ст}^{опр} \geq \frac{0,9}{0,4} \frac{300}{0,5 \cdot 0,18} = 7500 \text{ Па}$$

Так как  $1182,61 \text{ кПа} > 7,5 \text{ кПа}$  ( $p_{ск}^{опр} \leq p_{ск}$ ), то можно сделать вывод, что в данном случае произошло опрокидывание приборной стойки.

Допустимый скоростной напор взрыва при смещении приборной стойки определяется из соотношения (5.9.):

где  $f$  - коэффициент трения;  $G$  - вес объекта,  $Н$ ;  $C_x$  - коэффициент сопротивления;

$S$  - площадь поперечного сечения,  $м^2$ .

В нашем случае соотношение примет вид:

$$P_{ст}^{опр} \geq \frac{0,9 \cdot 300}{0,5 \cdot 0,18} = 3000 \text{ Па}$$

Так как  $1182,61 \text{ кПа} > 3 \text{ кПа}$  ( $p_{ск}^{см} \leq p_{ск}$ ), то можно сделать вывод, что в данном случае так же произошло смещение приборной стойки.

Вывод: степень разрушения объекта воздействия соответствует «сильному разрушению», это означает, что при воздействии данной ударной волны элементы производственного комплекса разрушаются полностью. В данном случае произойдет опрокидывание приборной стойки и ее смещение.

## Этап 3. ОЦЕНКА ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИЯХ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

### 3.1 Теоретические сведения.

Химическая авария – авария на химически опасном объекте, сопровождающаяся проливом, выбросом (сбросом) опасных химических веществ, способная привести к гибели или химическому заражению людей, продовольствия, пищевого сырья и кормов, сельскохозяйственных животных и растений или к химическому заражению окружающей среды.

Химически опасный объект (ХОО) – объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные химические вещества в концентрациях или количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени.

Опасное химическое вещество (ОХВ) – химическое вещество, прямое или опосредованное воздействие которого на человека может вызвать острые и хронические заболевания людей или их гибель.

Аварийно опасное химическое вещество (АХОВ) – ОХВ, применяемое в промышленности и сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (разливе) которого может произойти заражение окружающей среды в поражающих живой организм концентрациях.

Химическое заражение – распространение ОХВ в окружающей природной среде в концентрациях или количествах, создающих угрозу для людей, сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени. Свойство веществ вызывать отравления (интоксикацию) организма называют токсичностью. Для количественной оценки токсичности приняты следующие основные параметры: концентрация ОХВ в среде; токсодоза. Концентрация ОХВ в среде – содержание ОХВ в единице объема или массы среды ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ,  $\text{мг}/\text{кг}$ ).

Токсодоза – произведение концентрации ОХВ на время пребывания человека в данном месте без средств защиты органов дыхания, в течение которого проявляются различные степени токсического воздействия ОХВ на организм человека.

Химическая безопасность – состояние защищенности населения, объектов экономики и окружающей природной среды от поражающих факторов аварии на ХОО, сопровождающейся проливом или выбросом АХОВ.

Зона химического заражения – территория или акватория, в пределах которой распространены или привнесены ОХВ в концентрациях и количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени. Масштабы заражения АХОВ, в зависимости от физических свойств и агрегатного состояния, рассчитываются по первичному и вторичному облаку.

Первичное облако – облако зараженного воздуха, образующееся в результате мгновенного перехода в атмосферу всего объема или части содержимого емкости с опасным химическим веществом при ее разрушении.

Вторичное облако – облако зараженного воздуха, образующееся в результате испарения разлившейся ядовитой жидкости с подстилающей поверхности. В зоне химического заражения ОХВ могут находиться в капельножидком, парообразном, аэрозольном и газообразном состоянии. При выбросе в атмосферу газообразных и парообразных химических соединений формируется первичное зараженное облако, которое в зависимости от плотности газа (пара) по отношению к воздуху будет в той или другой степени рассеиваться в атмосфере. При разливе (утечке) жидких ОХВ первичное облако образуется за счет «мгновенного» перехода в атмосферу части ОХВ или вообще не образуется. Вторичное облако образуется за счет испарения разлившегося ОХВ.

Первичное облако может быть образовано за счет горячих паров ОХВ, которые получают в результате взрыва или пожара. Далее пары охлаждаются, конденсируются и

выпадают на землю в виде капель, причем конденсат может быть снесен ветром на значительное расстояние от места аварии. В случае выброса в атмосферу ОХВ в капельножидком или твердом состоянии капли или твердые частицы ОХВ оседают на местности, что и определяет площадь заражения поверхности почвы.

Капельножидкая фракция ОХВ с поверхности земли и объектов испаряется и вновь поднимается в приземные слои атмосферы, образуя вторичное облако. Частицы твердых ОХВ из аэрозоля под влиянием гравитационного притяжения осаждаются в виде пыли.

В аэрозольном облаке, образовавшемся при взрыве, твердые частицы имеют различную величину (от 1 до 300 мкм) и, чем они крупнее, тем быстрее оседают. При образовании аэрозольного облака частицы размером более 50 мкм (таких большинство) оседают в непосредственной близости от места взрыва. Частицы среднего размера (30...50 мкм) оседают на местность на расстоянии 100...500 м, а мелкие (1...5 мкм) остаются во взвешенном состоянии и распространяются на глубину 1...10 км и более, что представляет опасность для населения.

Таким образом, зона химического заражения включает две территории: территорию, подвергающуюся непосредственному воздействию АХОВ и территорию, над которой распространяется облако, содержащее АХОВ. Наибольшую опасность при чрезвычайных ситуациях (ЧС) на ХОО представляют места непосредственного выхода АХОВ в окружающую природную среду и первичное облако. Концентрация ОХВ в зараженном облаке меняется: наиболее велика концентрация вблизи места выброса, постепенно она снижается к периферии зоны химического заражения по ходу распространения зараженного облака. Концентрация АХОВ по мере движения облака убывает.

Границы зоны заражения отличаются большой изменчивостью, зависящей, главным образом, от направления потоков воздуха. Горизонтальное перемещение воздуха происходит под влиянием ветра, в результате чего зараженное облако перемещается, и зона химического заражения увеличивается по глубине и фронту. При большой скорости ветра (более 6 м/с) облако быстро рассеивается, и концентрация АХОВ снижается. При умеренной скорости ветра (до 2 м/с) создаются условия, способствующие сохранению зараженного облака в приземном слое атмосферы и распространению его на большую глубину. Вертикально воздух перемещается вследствие разницы температур на различной высоте от поверхности земли. Различают три типа вертикальной устойчивости атмосферы: инверсию, изотермию и конвекцию.

Инверсия – состояние приземного слоя воздуха, при котором температура нижнего слоя меньше температуры верхнего слоя (устойчивое состояние атмосферы).

Изотермия – состояние приземного слоя воздуха, при котором температура нижнего и верхнего слоев одинаковы (безразличное состояние атмосферы).

Конвекция – состояние приземного слоя воздуха, при котором температура нижнего слоя воздуха выше температуры верхнего слоя (неустойчивое состояние атмосферы).

Установлено, что инверсия и в меньшей мере изотермия способствуют сохранению высоких концентраций АХОВ в приземном слое атмосферы и горизонтальному распространению зараженного облака.

### **3.2 Прогнозирование химической обстановки**

Одной из отличительных особенностей зон химического заражения АХОВ является возможность их прогнозирования, т.к. дислокация химически опасного объекта (ХОО), типы и масса имеющихся АХОВ известны. Исключение составляют зоны химического заражения, образованные в результате химических аварий на железнодорожных станциях, автодорожных магистралях и др. объектах.

Знание поражающих свойств АХОВ, заблаговременное прогнозирование и оценка последствий возможных аварий с их выбросом, умение правильно действовать в таких

условиях и ликвидировать последствия аварийных выбросов – одно из необходимых условий обеспечения безопасности населения.

При заблаговременном прогнозировании масштабов заражения на случай производственных аварий в качестве исходных данных рекомендуется принимать:

– за величину выброса АХОВ его количество в одной максимальной емкости (технологической, складской, транспортной);

– метеоусловия: инверсия, скорость приземного ветра 1-2 м/с, температуру окружающего воздуха +20 °С.

При прогнозе масштабов заражения по факту аварии используются реальные исходные данные. Внешняя граница зоны заражения рассчитывается по пороговой токсодозе. При прогнозировании применяются следующие допущения:

– емкость, содержащая АХОВ, разрушается полностью, и все ее содержимое поступает в окружающую среду;

– при авариях на газо- и продуктопроводах величина выброса АХОВ принимается равной количеству, содержащемуся в трубопроводе между автоматическими отсекающими (275-500 т);

– толщина слоя свободно разлившейся по подстилающей поверхности ядовитой жидкости принимается равной 0,05 м по всей площади разлива;

– при проливе сжиженного АХОВ в поддон или обваловку толщина слоя жидкости ( $h$ , м) принимается равной

$$h = H - 0,2 \quad (3.1)$$

где  $H$  – глубина поддона (высота обваловки), м;

– для емкостей, расположенных группой с одним поддоном (в одной обваловке), толщина слоя жидкости ( $h$ , м) принимается равной

$$h = Q F \times d, \quad (3.2)$$

где  $Q$  – количество разлившегося АХОВ, т;

$F$  – площадь разлива, м<sup>2</sup> ;

$d$  – плотность сжиженного АХОВ, т/м<sup>3</sup>.

Предельное время пребывания людей в зоне заражения и продолжительность сохранения неизменными метеорологических условий (степень вертикальной устойчивости воздуха, направление и скорость ветра) составляют не более 4 часов. По истечении указанного времени или при изменении метеорологических условий прогноз обстановки уточняется.

В результате оценки химической обстановки определяются:

– время испарения АХОВ;

– глубина зоны заражения;

– площади зон возможного и фактического заражения;

– возможные потери населения. По степени тяжести отравления пострадавших людей принято подразделять на легкопораженных, средней тяжести и тяжелопораженных.

### 3.3 Прогнозирование и оценка обстановки при выбросах АХОВ в окружающую среду

Рассмотрим определение продолжительности действия источника химического заражения (время испарения пролива АХОВ). Время испарения АХОВ ( $T_{исп}$ , ч) определяется по формуле:

$$T_{исп} = h \times d K_2 \times K_4 \times K_7, \quad (3.3)$$

где  $h$  – толщина слоя разлившегося АХОВ, м;

$d$  – плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup>, определяется по таблице 3.1;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ, определяется по таблице 8;

$K_4$  – коэффициент, учитывающий скорость ветра, определяется по таблице 8;

$K7$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха, определяется по таблице 7 (значение берется в знаменателе).

### 3.3.1 Определение эквивалентного количества химического вещества.

Для упрощения расчетов глубин зон заражения вводится понятие «эквивалентное количество АХОВ», под которым понимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при данной степени вертикальной устойчивости воздуха количеством данного АХОВ, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

Эквивалентное количество АХОВ ( $Q_{э1}$ , т) по первичному облаку определяется по формуле:

$$Q_{э1} = K1 \times K3 \times K5 \times K7 \times Q0, \quad (3.4)$$

где  $Q_{э1}$  – эквивалентное количество АХОВ в первичном облаке, т;

$K1$  – коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ, определяется по табл 8;

$K3$  – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы (ПД) хлора к пороговой токсодозе (ПД) другого АХОВ, определяется из таблице 8;

$K5$  – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха (при инверсии – 1,0;

при изотермии – 0,23; при конвекции – 0,08);

$K7$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха, определяется из таблице 6.1 (значение берется в числителе);

$Q0$  – количество выброшенного (разлившегося) при аварии АХОВ, т

Таблица 8 –Значения вспомогательных коэффициентов

№ п/п	Наименование АХОВ	Плотность АХОВ, т/м <sup>3</sup>		Температура кипения, °С	Пороговая токсодоза, мг мин/л	Значения вспомогательных коэффициентов							
		газ	жидкость			K1	K2	K3	K7				
									для (-40)°С	для (-20)°С	для 0 °С	для 20°С	для 40°С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Акролеин	–	0,839		0,2	0	0,013	0,75	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	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
	изотермическое хранение	–	0,681	33,42	15	0,01	0,025	0,04	0/0,9	1/1	1/1	1/1	1/1
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	0,857	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1

6	Водород Фтористый	–	0,989	19,52	4	0	0,028	0,15	0,1	0,2	0,5	1/1	1
7	Водород Хлористый	0,0016	1,191	85,10	2	0,28	0,037	0,30	0,64/1	0,6/1	0,8/1	1/1	1,2/1
8	Водород Бромистый	0,0036	1,490	66,0	2,4	0,13	0,055	6,0	0,2/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
9	Водород Цианистый	–	0,687	25,7	0,2	0	0,026	3,0	0	0	0,4	1/1	1,3
10	Диметиламин	0,0020	0,680	6,9	1,2	0,06	0,041	0,5	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	2,5/1
11	Метиламин	0,0014	0,699	6,5	1,2	0,13	0,034	0,5	0/0,3	0/0,7	0,5/1	1/1	2,5/1
12	Метил Бромистый	–	1,732	3,6	1,2	0,04	0,039	0,5	0/0,2	0/0,4	0/0,9	1/1	2,3/1
13	Метил Хлористый	0,0023	0,983	23,76	10,8	0,125	0,044	0,056	0/0,5	0,1/1	0,6/1	1/1	1,5/1
14	Метилакрилат	–	0,953	80,2	6	0	0,005	0,025	0,1	0,2	0,4	1	3,1
15	Метилмер-каптан	–	0,867	5,95	1,7	0,06	0,043	0,353	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	2,4/1

Примечания. 1. Плотности газообразных АХОВ в графе 3 приведены для атмосферного давления; при давлении в резервуаре, отличном от атмосферного, плотности газообразных АХОВ определяются путем умножения данных графы 3 на значения давления в кгс/см<sup>2</sup>.

2. В графах 10-14 в числителе значения  $K7$  для первичного, в знаменателе – для вторичного облака. 3. В графе 6 численные значения токсодоз, помеченные звездочками, определены ориентировочно расчетом по соотношению

$$П = 240 \times K \times \text{ПДКР.З.},$$

где  $П$  – токсодоза, мг · мин/л;

ПДКР.З. – ПДК в воздухе рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005-88, мг/л;

$K = 5$  – для раздражающих газов (помечены \*);

$K = 9$  – для всех прочих ядов (помечены \*\*).

Значение  $K1$  для изотермического хранения аммиака приведено для случая разливов (выбросов) в поддон.

Таблица 9 – Значения коэффициента  $K4$  в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра	11	22	33	44	55	66	77	88	99	110	115
$K4$	11	1,3	11,67	22	22,34	22,67	33	33,34	33,67	44	55,68

Эквивалентное количество АХОВ по вторичному облаку ( $Q_{э2}$ , т) рассчитывается по формуле:

$$Q_{э2} = (1 - K1) \times K2 \times K3 \times K4 \times K5 \times K6 \times K7 \times (Q0 / h \times d), \quad (3.5)$$

где  $K_1, K_3, K_5, K_7, Q_0$  – см. формулу 3.4, (значение  $K_7$  берется в знаменателе);  
 $K_2, K_4, K_7, h, d$  – см. формулу 3.3;

$K_6$  – коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после аварии (Тав, ч).

Значение коэффициента  $K_6$  определяется после расчета продолжительности испарения (Тисп, ч) пролива АХОВ.

### Коэффициенты, используемые при расчете эквивалентного количества вещества

$K_1$  - 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;

$K_2$  - коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ (удельная скорость испарения - количество испарившегося вещества в тоннах с площади  $1 \text{ м}^2$  за 1 час,  $\text{т/м}^2\text{ч}$ ), определяется по таблице;

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

$K_4$  - коэффициент, учитывающий скорость ветра, определяется по таблице;

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

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

$K_6 = N^{0,8}$  при  $N < T$ ;  $K_6 = T^{0,8}$  при  $N > T$ ;  $K_6 = 1$  при  $T < 1$  часа,

где  $N$  - время, на которое определяется прогноз;  $T$  - время испарения АХОВ.

$K_7$  - коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха, определяется по табл. П2 (Для сжатых газов  $K_7 = 1$ );

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

### 3.3.2 Определение глубины зоны заражения

Под глубиной зоны заражения понимается расстояние от источника химического заражения до внешней границы зоны заражения АХОВ, определенной пороговой токсодозой при ингаляционном воздействии на организм человека. Определение глубины зоны заражения как по первичному, так и по вторичному облаку ведется с помощью таблицы 6.4. Исходными данными при этом служат:

- способ хранения сжиженного АХОВ в емкости;
- количество АХОВ, перешедшее из резервуара в окружающую среду;
- характер разлива сжиженного АХОВ на подстилающей поверхности (свободно, в поддон или обваловку);

- метеорологические условия: степень вертикальной устойчивости воздуха (инверсия, изотермия или конвекция),

скорость приземного ветра по данным прогноза и температура окружающего воздуха.

В зависимости от полученного по формулам (3.4) и (3.5) эквивалентного количества вещества и скорости ветра по таблице 8 определяют глубины заражения первичным  $\Gamma_1$  и (или) вторичным  $\Gamma_2$  облаком АХОВ. Так как сжиженные газы образуют при аварии первичное и вторичное облако, то полная глубина зоны заражения ( $\Gamma$ , км) на время испарения или время, прошедшее после аварии, определяется по формуле

$$\Gamma = \max \{ \Gamma_1, \Gamma_2 \} + 0,5 \min \{ \Gamma_1, \Gamma_2 \}, \quad (3.6)$$

Полученное значение сравнивается с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс  $G_{п}$ . Предельное значение глубины переноса зараженного воздуха АХОВ ( $G_{п}$ , км) определяется по формуле:

$$G_{п} = T_{ав} \times v_{п}, \quad (3.8)$$

где  $T_{ав}$  – время от начала аварии, ч;

$v_{п}$  – скорость переноса зараженного воздуха, км/ч, определяется по таблице 8.

За окончательную расчетную глубину зоны заражения ( $G_{расч}$ ) принимается меньшее из двух сравниваемых между собой значений в зависимости от агрегатного состояния.

Таблица 10 – Глубины зон возможного заражения АХОВ в зависимости от эквивалентного количества вещества в первичном и(или) вторичном облаке и скорости ветра

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ, т							
	20	30	50	70	100	300	500	1000
1	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166	231	363
2	16,44	21,02	28,73	35,35	44,09	87,79	121	189
3	11,94	15,18	20,59	25,21	31,30	61,47	84,50	130
4	9,62	12,18	16,43	20,05	24,80	48,18	65,92	101
5	8,19	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	54,67	83,60
6	7,20	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	47,09	71,70
7	6,48	8,14	10,87	13,17	16,17	30,73	41,63	63,16
8	5,92	7,42	9,90	11,98	14,68	27,75	37,49	56,70
9	5,60	6,80	9,12	11,03	13,50	25,39	34,24	51,60
10	5,31	6,50	8,50	10,23	12,54	23,49	31,61	47,53
11	5,06	6,20	8,01	9,61	11,74	21,91	29,44	44,15
12	4,85	5,94	7,67	9,07	11,06	20,58	27,61	41,30
13	4,66	5,70	7,37	8,72	10,48	19,45	26,04	38,90
14	4,49	5,50	7,10	8,40	10,04	18,46	24,69	36,81
15	4,34	5,31	6,86	8,11	9,70	17,60	23,50	34,98

### 3.3.3 Определение площадей зоны заражения

Определяют площадь зоны возможного и фактического заражения. Площадь зоны возможного заражения – площадь территории, в пределах которой под воздействием изменения направления ветра может перемещаться облако зараженного воздуха. Площадь зоны фактического заражения – площадь территории, приземный слой воздуха на которой

заражен парами (аэрозолем) ядовитого вещества в опасных для жизни или здоровья людей концентрациях. Зону возможного заражения рассматривают как сектор неопределенности, внутри которого находится фактическая (реальная) зона заражения. Данный сектор характеризует территорию, на которой должны приниматься меры по обеспечению безопасности производственного персонала ХОО и населения. Площадь зоны возможного заражения ( $S_v$ , км<sup>2</sup>) определяется по формуле

$$S_v = \pi \times \text{Грасч}^2 \times \varphi, \quad (3.9)$$

где  $S_v$  – площадь зоны возможного заражения, км<sup>2</sup>;

Грасч – расчетная глубина зоны заражения, км;

$\varphi$  – угол сектора вероятного изменения направления ветра, град, определяемый в зависимости от скорости ветра по таблице 10.

Таблица 10 – Угловые размеры зоны возможного заражения АХОВ

Скорость ветра, м/с	< 0,5	0,6 – 1,0	1,1 – 2	> 2
$\varphi$ , град	360	180	90	45

Площадь зоны фактического заражения ( $S_f$ , км<sup>2</sup>) определяется по формуле

$$S_f = K_8 \times \text{Грасч}^2 \times \text{Тав} \times 0,2, \quad (3.10)$$

где  $S_f$  – площадь зоны фактического заражения устойчивости воздуха, км<sup>2</sup>;

$K_8$  – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости атмосферы ( $K_8 = 0,081$  – для инверсии;

$K_8 = 0,133$  – для изотермии;

$K_8 = 0,235$  – для конвекции);

Грасч – расчетная глубина зоны заражения, км;

Тав – время, прошедшее после аварии, ч.

Для определения максимальной площади зоны фактического заражения вместо Тав подставить значение Тисп (в любом случае при Тав > Тисп следует подставить значение

Зона фактического заражения имеет форму эллипса, большая ось которого равна расчетной глубине зоны заражения, а малая зависит от площади фактического заражения и определяется по формуле

$$a = 4S_f \pi \times \text{Грасч}, \quad (3.11)$$

где  $a$  – ширина зоны фактического заражения, км.

### 3.3.4 Порядок нанесения зон заражения на карту и схему

Зона возможного заражения облаком АХОВ на картах (схемах) ограничена окружностью, полуокружностью или сектором, имеющими угловые размеры  $\varphi$ , зависящие от скорости ветра и указанные в таблице 10, а радиус равен расчетной глубине зоны заражения (Грасч). Направление биссектрисы сектора совпадает с направлением ветра. За нулевое направление принимают северный ветер.

Зона возможного заражения наносится на карту (схему) желтым цветом. Зона фактического заражения, имеющая форму эллипса, включается в зону возможного заражения. Ввиду возможных перемещений облака АХОВ под действием изменений направления ветра зона фактического заражения на картах (схемах) наносится пунктиром красного цвета.

Площадь разлива (пролива) жидкого АХОВ (источник заражения) обозначают только на крупномасштабных схемах или картах. В остальных случаях источник заражения принимают за точку, из которой происходит распространение паров ядовитого облака. Рядом с источником заражения черным цветом записывают следующие данные: – в числителе – наименование и количество выброшенного в окружающую среду АХОВ; – в знаменателе – дата и время выброса ядовитого вещества.

Границы зоны возможного заражения наносят на схемы и карты для выработки и принятия решения на организацию защиты производственного персонала объектов и населения. Схема зоны возможного и фактического заражения при скорости ветра меньше 0,5 м/с показана на рисунке 1.

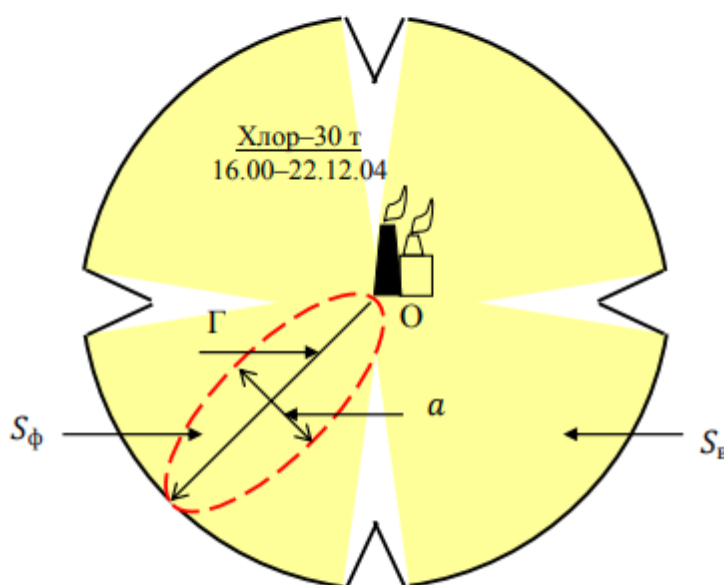


Рисунок 1. Схема зоны возможного и фактического заражения при скорости ветра меньше 0,5 м/с

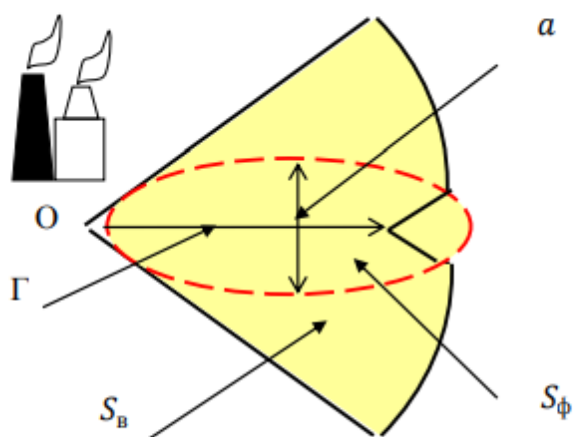


Рисунок 2 – Схема зоны химического заражения территории при ск.ветра от 1,1 до 2 м/с

При скорости ветра от 1,1 м/с до 2 м/с схема зоны химического заражения будет иметь вид, показанный на рисунке 2. Характеристика погодных условий с указанием

времени и даты определения метеоусловий заносится в верхний правый или левый угол карты (схемы) в виде квадрата.

#### Задание 4.

Оценить, на каком расстоянии через  $t$  часов после аварии будет сохраняться опасность поражения населения в зоне химического заражения при разрушении резервуара с АХОВ емкостью  $V$  (м<sup>3</sup>). Высота обваловки емкости  $H$  (м). Температура воздуха  $T$  (°C).

Таблица 11

Исходные данные для решения задания 4

Номер варианта	Наименование АХОВ (порядковый номер из таблицы приложения)	$t$ , ч	$V$ , тыс. м <sup>3</sup>	$H$ , м	$T$ , °C
1	1	1	5	2	0
2	2	2	10	2	20
3	7	3	15	2	10
4	12	4	20	2,5	5
5	19	1	25	2,5	-10
6	29	2	30	2,5	-5
7	20	3	5	3,0	-15
8	18	4	10	3,0	15
9	24	1	15	3,0	25
10	30	2	20	2	0
11	1	3	25	2	20
12	2	4	30	2	10
13	7	1	5	2,5	5
14	12	2	10	2,5	-10
15	19	3	15	2,5	-5
16	29	4	20	3,0	-15
17	20	1	25	3,0	15
18	18	2	30	3,0	25
19	24	3	5	2	0
20	30	4	10	2	20
21	1	1	15	2	10
22	2	2	20	2,5	5
23	7	3	25	2,5	-10

#### ВАРИАНТЫ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

1. Определение уровня радиации после аварии на АЭС.
2. Определение размеров зон радиоактивного загрязнения местности.
3. Определение возможных дозовых нагрузок населения и спасательных формирований.
4. Определение возможной продолжительности загрязнения территории.

5. Определение мощности дозы внешнего гамма-излучения на следе радиоактивного облака.
6. Определение максимальной объемной активности в приземном слое атмосферы.
7. Возможные аварии на ХОО, их характеристики и меры ликвидации.
8. Определение площади зоны заражения АХОВ.
9. Расчет глубины зоны заражения при разрушении химически опасного объекта.
10. Определение количественных характеристик выброса АХОВ.
11. Методика прогнозирования масштабов заражения территории при аварии на ХОО.
12. Определение продолжительности поражающего действия АХОВ.
13. Расчет глубины зоны заражения при аварии на химически опасном объекте.
14. Расчет избыточного давления, развиваемого при сгорании газопаровоздушных и аэрозольных смесей в помещении.
15. Расчет интенсивности теплового излучения при пожарах проливов СУГ, ЛВЖ и ГЖ.
16. Расчет параметров волны давления при сгорании газопаровоздушных смесей в открытом пространстве.
17. Оценка уровня воздействия взрыва.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Атаманюк В.Г., Ширшев Л.Г., Акимов Н.И. Гражданская оборона. – М.: Высшая школа, 1986. – 207 с.
2. Безопасность жизнедеятельности / С.В. Белов, В.А. Девисилов, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. Ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, НМЦ СПО, 2000. – 343 с.
3. Маркитанова Л.И. Защита от радиации: Учеб.-метод. пособие. СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. 39 с.