

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Макушев Андрей Евгеньевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 07.08.2023 11:12:59
Уникальный программный ключ:
4c46f2d9dda3fab9e57683d11e5a4257b6ddfe

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Чувашский государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ)

ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного
производства

**Методические указания по выполнению курсовой работы
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»**

**Методические указания для студентов, обучающихся по направлению
подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность направленности
(профиля) Безопасность технологических процессов и производств**

Составитель Ларкин С. В.

Чебоксары, 2022

УДК 613.6
ББК 68.69
М 54

Рецензенты:

Гордеев А. А., к.т.н., доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ.

Составители:

Ларкин С. В. кандидат технических наук, доцент кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет»

М 54 Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность направленности (профиля) Безопасность технологических процессов и производств / С. В. Ларкин. – Чебоксары : ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, 2022. – 48 с.

Методические указания включают основные разделы курсовой работы по вопросам оценки химической обстановки при аварии на химически опасном объекте и защиты населения, персонала объектов экономики; прогнозирования и оценки обстановки при авариях, связанных с взрывами и пожарах.

Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» рассмотрены и рекомендованы к изданию методической комиссией инженерного факультета.

УДК 613.6
ББК 68.69

© Ларкин С.В., 2022
© ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, 2022

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1.1. Основными целями выполнения студентами курсовой работы являются:

- закрепление и углубление теоретических знаний, полученных в процессе изучения дисциплины «Безопасность жизнедеятельности»;
- получение навыков в самостоятельном и творческом решении практических, организационных и инженерных задач;
- приобретение и дальнейшее совершенствование практических навыков в использовании технической литературой, справочниками, ГОСТами, таблицами и другими пособиями;
- освоение технической терминологии при изложении и обосновании принятых вариантов решения инженерных и других задач;
- совершенствование навыков по обоснованию принимаемых решений, использованию вычислительной техники при выполнении расчетов, а также по оформлению схем и графиков.

1.2. Для достижения указанных целей каждый студент решает в курсовой работе комплекс взаимосвязанных между собой задач, включающих отдельные задачи по оценке обстановки, сложившейся на объекте экономики в результате возникновения чрезвычайной ситуации, обоснованию организационных и инженерно-технических мероприятий по защите рабочих и служащих подразделений объекта и всего населения, проживающего на территории объекта. Перечень решаемых задач определяется заданием на выполнение курсовой работы.

1.3. При выполнении курсовой работы студент оперирует относительно большим числом различных факторов и условий, что позволяет обеспечить ему свободу в рассмотрении различных вариантов решений поставленных задач и в выборе для дальнейшей разработки наиболее рационального из них, т. е. формировать самостоятельное инженерное мышление.

1.4. Темой курсовой работы является «Прогнозирование и оценка обстановки в условиях чрезвычайных ситуаций и расчет средств обеспечения безопасности». В этой теме находит отражение основное содержание дисциплины «БЖД» и охватывается достаточно большой круг теоретических и практических вопросов.

1.5. Методический материал для выполнения курсовой работы приведен в разделах 1-3, исходные данные для выполнения курсовой работы – соответственно в табл. 1,23; 3,9; 3,17. Для дневной формы обучения номер варианта определяет преподаватель, студенты-заочники номер варианта определяют самостоятельно по последним двум цифрам номера зачетной книжки.

Преподаватель проводит вступительную беседу, в которой излагает характер исходных данных, примерный объем и содержание разделов курсовой работы, порядок ее выполнения, а также основные требования по оформлению.

1.6. Курсовая работа выполняется студентами в основном вне сетки часов по расписанию учебных занятий, а также на отдельных занятиях в аудитории, отведенных на самостоятельную работу.

1.7. В процессе выполнения курсовой работы преподаватель проводит в установленное время групповые и индивидуальные консультации по содержанию курсовой работы и оказывает помощь студентам в решении неясных вопросов.

При проведении консультаций преподаватель использует личные контакты со

студентами для изучения их способностей и стремлений, развития у них любви к избранной специальности и творческой инициативы, воспитания воли, настойчивости, трудолюбия и других качеств, необходимых для будущего инженера и руководителя.

1.8. Выполненная курсовая работа к указанному в задании сроку сдается преподавателю на просмотр, затем, после внесения уточнений и устранения ошибок, защищается на кафедре и оценивается по пяти бальной шкале¹.

1.9. Курсовая работа состоит из трех разделов, каждый из которых соответствует определенной теме.

Структура курсовой работы:

Введение

Раздел 1. Исходные данные

1.1. Приводится производственно-техническая характеристика предприятия: производительность, основные направления деятельности.

1.2. Выявляются основные производственные опасности.

1.3. Проводится анализ литературных источников, и приводятся основные физико-химические характеристики опасных химических веществ.

1.4. Анализируется потенциальное воздействие на организм человека и окружающую среду. Приводятся нормативные данные по содержанию веществ (ПДК, ПДУ и др.)

Раздел 2. Оценка химической обстановки при аварии на химически опасном объекте

По исходным данным произвести оценку химической обстановки в следующем порядке:

2.1. Определение эквивалентного количества аварийно химически опасного вещества (АХОВ) по первичному облаку.

2.2. Определение продолжительности поражающего действия (времени испарения)

2.3. Определение эквивалентного количества аварийно химически опасного вещества (АХОВ) по вторичному облаку.

2.4. Определение глубины зоны заражения.

2.5. Определение площади зон возможного и фактического заражения.

2.6. Определение времени подхода облака АХОВ к заданному рубежу.

2.7. Нанесение на карту схему зоны заражения.

2.8. Определение площади населенного пункта.

2.9. Определение ширины зоны химического заражения.

2.10. Определение числа людей, оказавшихся на зараженной территории.

2.11. Определение числа пораженных людей.

2.12. Привести выводы, используя приложения.

Раздел 3. Прогнозирование и оценка обстановки при авариях, связанных со взрывами и пожарах

¹ 1 - Оформление курсовой работы должно соответствовать требованиям, предъявляемым к курсовым работам, в установленном стандартами в порядке.

2 - Для раздела 2 на листах формата А4 изобразить графически зоны поражения с указанием значений поражающих факторов.

По данным табл. 3.2 и 3.7 оценить степень опасности в очаге поражения, определив при этом:

3.1. Радиус зоны детонации.

3.2. Радиус зоны действия продуктов взрыва.

3.3. Степень поражения объектов, находящихся на заданном расстоянии от центра взрыва.

3.4. Влияние взрыва открыто находящегося в районе указанного в п. 3.3. объекта.

3.5. Основные параметры пожара.

3.6. Удельную пожарную нагрузку.

3.7. Показатель пожарной обстановки.

Заключение

Введение

Во введении обосновывается выбор исходных данных, их актуальность, приводится оценка современного состояния решаемых вопросов, формулируются задачи на курсовую работу.

Раздел 1. Исходные данные

Для выявления основных химически опасных веществ приводят характеристики производства, включающую особенности технологии, наличие систем промышленной безопасности. Рассматривают показатели, связанные с реальными требованиями современного производства, и учитывать следующие вопросы промышленного проектирования: Анализируют состав, физические и другие показатели производимой продукции, основные показатели полупродуктов и используемых материалов. Раздел должен содержать данные нормативных документов на сырье, промежуточные и конечные продукты.

В разделе 1 приводится также обобщение литературных сведений по обсуждаемому вопросу. По литературным данным, патентным источникам выпускник проводит анализ существующих в России и за рубежом методов, технологий и способов решения аналогичных инженерных задач.

Важно, чтобы подбор литературы был по возможности исчерпывающим и соответствовал теме. При этом материал обзорных статей и монографий использовать минимально, со ссылкой на них. Литературный обзор не должен быть формальной сводкой сведений. Необходимо проанализировать литературные данные.

Устанавливаются существующие опасности производственного процесса. Эти данные являются основным материалом при разработке в проекте конкретных рекомендаций по комплексной механизации процессов, составлению бизнес-плана, модернизации отдельных устройств, реконструкции производственно-технической базы.

Приводятся основные физико-химические характеристики опасных химических веществ. Анализируется потенциальное воздействие на организм человека и окружающую среду. Приводятся нормативные данные по содержанию веществ (ПДК, ПДУ и др.)

Раздел 2. Оценка химической обстановки при аварии на химически опасном объекте

2.1. Общие положения и понятия

По результатам прогнозирования масштабов заражения АХОВ (аварийно химически опасные вещества) производится оценка химической обстановки, т.е. определение масштаба и характера заражения окружающей среды АХОВ и анализ их влияния на производственную деятельность объектов, жизнедеятельность населения и действия сил ликвидации ЧС.

Оценка химической обстановки может выполняться на основании данных прогноза (метод прогнозирования) и на основании данных химической разведки.

Руководящим документом по прогнозированию масштабов зон заражения на случай пролива или выброса АХОВ в системе МЧС является «Методика прогнозирования масштабов заражения ОХВ (СДЯВ) при авариях (разрушениях) на ХОО и на транспорте» (Москва, 1990).

Она позволяет прогнозировать:

- 1) продолжительность поражающего действия (время испарения) АХОВ;
- 2) глубину зоны заражения;
- 3) время подхода зараженного воздуха к определенному рубежу (объекту, населенному пункту);
- 4) площади зон возможного и фактического заражения.

При аварии на ХОО (химически опасный объект) в результате разлива или выброса АХОВ в атмосферу может создаваться сложная химическая обстановка с образованием зоны химического заражения и очагов химического поражения.

Под зоной химического заражения понимается участок разлива АХОВ и территория, над которой распространятся облако зараженного воздуха с заданной концентрацией.

Величина зоны химического заражения зависит от физико-химических свойств, токсичности, количества разлива (выброшенного в атмосферу) АХОВ, метеоусловий и характера местности.

Размеры зоны химического заражения характеризуются глубиной и шириной распространения облака зараженного воздуха с поражающими концентрациями и площадью разлива (горения) АХОВ. Внутри зоны могут быть районы со смертельными концентрациями.

Основной характеристикой зоны химического заражения является глубина распространения облака зараженного воздуха. Она может колебаться от нескольких десятков метров до десятков километров.

Глубина зоны химического заражения для АХОВ определяется глубиной распространения первичного и вторичного облаков зараженного воздуха и в значительной степени зависит от метеоусловий, рельефа местности и плотности застройки объектов.

Площадь зоны возможного заражения – площадь территории, в пределах которой под воздействием направления ветра может перемещаться облако АХОВ.

Зона возможного заражения наносится в виде сектора. Данный сектор характеризует территорию, на которой должны приниматься меры по обеспечению безопасности персонала ХОО и населения, т.к. в этом секторе с большой вероятностью (до 100%) будет располагаться зона фактического заражения.

Площадь зоны фактического заражения – площадь территории, зараженной АХОВ в опасных для жизни концентрациях.

Различают заблаговременное прогнозирование (при отсутствии факта аварии) и прогнозирование химической обстановки при свершившейся аварии. Ввиду специфики химического заражения среды последний метод является основным. Основное различие между ними состоит в исходных данных, принимаемых для расчета.

В первом случае в качестве исходных данных принимается: величина выброса Q_0 – содержание АХОВ в максимальной по объему единичной емкости; метеоусловия (наименее благоприятные: инверсия, скорость приземного ветра – 1 м/с, температура $t = 20^\circ\text{C}$ – средняя для самого жаркого месяца).

Для второго случая берутся реальные метеоусловия и конкретные данные о количестве выброшенного (разлившегося) АХОВ.

АХОВ на объекте могут храниться и использоваться:

- 1) в газообразном виде при атмосферном или повышенном давлении;
- 2) в жидком виде (АХОВ, температура кипения которых выше температуры окружающей среды);
- 3) в виде сжиженного газа (хранение под давлением или изотермическое).

В зависимости от способа хранения в случае аварии на ХОО масштабы заражения АХОВ рассчитываются по первичному и вторичному облаку:

- 1) для сжатых газов – только по первичному облаку;
- 2) для сжиженных газов – по первичному и вторичному облаку;
- 3) для ядовитых жидкостей, кипящих выше температуры окружающей среды, – только по вторичному облаку.

Первичное облако – облако АХОВ с поражающими концентрациями, образующееся в результате мгновенного (1–3 мин) перехода в атмосферу части содержимого емкости с АХОВ при ее разрушении.

Вторичное облако – облако АХОВ с поражающими концентрациями, образующееся в результате испарения разлившегося вещества с подстилающей поверхности.

Внешние границы зоны заражения АХОВ рассчитываются по пороговой токсодозе при ингаляционном воздействии на организм.

Исходными данными для прогнозирования масштабов заражения являются:

- общее количество АХОВ на объекте и данные по их размещению (хранению) – сколько в емкостях, сколько в трубопроводах;
- количество АХОВ, выброшенных в атмосферу, и характер их разлива на подстилающей поверхности (свободно, в поддон или обваловку);
- высота поддона или обваловки (Н) складских помещений, м;
- метеоусловия: температура воздуха, скорость ветра на высоте 10 м, степень вертикальной устойчивости воздуха (СВУВ).

Различают три вида СВУВ: инверсию, изотермию и конвекцию.

СВУВ существенно влияет на глубину зоны химического заражения. Это происходит из-за характерных для каждой степени температурных режимов в приземном слое воздуха:

• *инверсия* (устойчивая) – нижние слои воздуха холоднее верхних, что препятствует рассеиванию загрязнения по высоте, способствует сохранению высоких концентраций и большой глубине распространения. Характерна для ясной ночи, морозного зимнего дня, а также для утренних и вечерних часов;

• *конвекция* (неустойчивая) – нижние слои воздуха нагреты сильнее верхних, происходит быстрое рассеивание загрязненного воздуха, что способствует уменьшению его поражающего действия и распространению по глубине. Характерна для солнечной погоды;

• *изотермия* (безразличная) – температура верхних и нижних слоев воздуха существенно не отличается, сохраняется стабильное равновесие. Состояние пограничное между конвекцией и инверсией. Характерна для переменной облачности в течение дня, облачного дня и ночи, а также дождливой погоды.

В большинстве случаев при расчетах можно принимать, что СВУВ сохраняется неизменной:

- утром и вечером – не более 3 ч;
- днем и ночью, весной и осенью, днем зимой и ночью летом – не более 6 ч;
- днем летом и ночью зимой – не более 9 ч.

Существенное влияние на глубину зоны химического заражения оказывает площадь разлива АХОВ. Она может колебаться в широких пределах – от нескольких сотен до нескольких тысяч квадратных метров.

Наличие земляной обваловки, поддона, железобетонной ограждающей стенки ограничивает площадь разлива АХОВ и способствует сокращению глубины распространения зараженной атмосферы.

В зависимости от глубины распространения облака АХОВ в зоне заражения может один или несколько очагов химического поражения.

Очаг химического поражения – территория с находящимися на ней объектами, в пределах которой в результате воздействия АХОВ произошли массовые поражения людей, с.-х. животных и растений. Такими объектами могут быть административные, промышленные, сельскохозяйственные предприятия и учреждения, жилые кварталы населенных пунктов, городов и др. объекты.

Основные допущения и ограничения методики:

1. Емкости, содержащие АХОВ, разрушаются полностью;
2. Толщина слоя жидкости для АХОВ (h), разлившихся свободно по подстилающей поверхности, принимается равной 0,05 м по всей площади разлива; для АХОВ, разлившихся в поддон или в обвалование, определяется из соотношений:

- а) при разливах из емкостей, имеющих самостоятельный поддон (обвалование),

$$h = H - 0,2 ,$$

где H – высота поддона (обвалования), м;

- б) при разливах из емкостей, расположенных группой, имеющих общий поддон (обвалование):

$$h = \frac{Q_0}{F \cdot d} ,$$

где Q – количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, т;

d – плотность вещества, т/м³;

F – реальная площадь разлива в поддон (обваловку), м²;

3. Предельная продолжительность сохранения метеоусловий $N = 4$ ч.

2.2. Сущность методики прогнозирования масштабов заражения АХОВ

Основной характеристикой АХОВ, определяющей масштабы заражения, является количество пролившегося (выброшенного) вещества. Учитывая многообразие АХОВ, их количественные характеристики пролива (выброса) определяются по их эквивалентным значениям к другому АХОВ.

Под эквивалентным количеством АХОВ (Q_0) понимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при данной СВУВ количеством данного вещества, перешедшим в первичное – Q_{01} (вторичное – Q_{02}) облако.

Эквивалентные количества $Q_{\text{э1}}$ и $Q_{\text{э2}}$, время испарения T , площади зон возможного $S_{\text{в}}$ и фактического $S_{\text{ф}}$ заражения определяются с помощью коэффициентов, которые учитывают условия хранения, физико-химические свойства АХОВ, метеоусловия и другие параметры.

Коэффициенты, используемые в Методике

K_1 – зависит от условий хранения АХОВ, определяется по табл. 2.1;

K_2 – зависит от физико-химических свойств АХОВ, определяется по табл. 2.1;

K_3 – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе АХОВ, определяется по табл. 2.1;

K_4 – учитывает скорость ветра, определяется по табл. 2.3;

K_5 – учитывает СВУВ и равен: 1 – для инверсии, 0,23 – для изотермии, 0,08 – для конвекции;

K_6 – коэффициент, учитывающий время, прошедшее с начала аварии N , равный

$$K_6 = \begin{cases} N^{0,8} & \text{при } N < T; \\ T^{0,8} & \text{при } N > T; \\ 1 & \text{при } T < 1 \text{ ч.} \end{cases}$$

Примечание: при $N > T$ – глубина зоны заражения определяется за время полного испарения АХОВ; при $N < T$ – глубина зоны заражения определяется за время, прошедшее после аварии.

Здесь N – время прошедшее после аварии, ч; T – время испарения АХОВ, ч;

K_7 – учитывает влияние температуры воздуха (см. табл. 2.1), причем: числитель – для первичного, а знаменатель для вторичного облака, для сжатых газов равен 1;

K_8 – зависит от СВУВ и принимается равным: 0,081 – при инверсии, 0,133 – изотермии, 0,235 – конвекции.

2.3. Оценка возможной химической обстановки для принятия решения по защите населения и территорий в районе расположения населенного пункта для случая прогноза после свершившейся аварии на складе АХОВ

а) Прогнозирование масштабов заражения АХОВ при аварии на ХОО

1. Определение эквивалентного количества вещества по первичному облаку:

$$Q_{\text{э1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7' \cdot Q_0,$$

где Q_0 – количество пролившегося (выброшенного) при аварии АХОВ, т.

2. Определение продолжительности поражающего действия (времени испарения) АХОВ:

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7},$$

где d – плотность АХОВ, т/м³ (определяется по табл. 2.1).

Такая последовательность необходима потому, что коэффициент K_6 , входящий в формулу при определении $Q_{\text{э2}}$, определяется в зависимости от T .

3. Определение эквивалентного количества АХОВ по вторичному облаку:

$$Q_{32} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7'' \cdot \frac{Q_0}{h \cdot d}$$

4. Определение глубины зоны заражения Γ .

Глубины зон первичного (Γ_1) и вторичного (Γ_2) облака определяются в зависимости от Q_{31} и Q_{32} и скорости ветра по табл. 2.2.

Полная глубина зоны заражения Γ_n определяется по формуле:

$$\Gamma_n = \Gamma_{\max} + 0,5 \cdot \Gamma_{\min},$$

где $\Gamma_{\max}$ – наибольший, а $\Gamma_{\min}$ – наименьший из размеров Γ_1 и Γ_2 .

Следует учитывать, что теоретически рассчитанное значение глубины зоны заражения (Γ_n), образованный за время N , не может превосходить глубины переноса ($\Gamma_{\text{пвм}}$) воздушных масс за тот же период. Поэтому полученное значение Γ_n сравнивается с $\Gamma_{\text{пвм}}$ и меньшее из них принимается за окончательную расчетную глубину зоны заражения (Γ).

Глубина переноса воздушных масс (в км) определяется по формуле:

$$\Gamma_{\text{пвм}} = N \cdot U,$$

где U – скорость переноса переднего фронта облака АХОВ, км/ч (определяется по табл. 2.4).

Глубина зоны возможного химического заражения определяется по формуле:

$$\Gamma = \Gamma_{\min}[\Gamma_n, \Gamma_{\text{пвм}}].$$

5. Определение площадей зон возможного (S_b) и фактического (S_ϕ) заражения.

Площадь зоны возможного заражения S_b определяется как площадь сектора (в км²):

$$S_b = \frac{\pi \cdot \Gamma^2}{360} \cdot \varphi,$$

где φ – угловые размеры сектора (зоны возможного заражения), град (определяется по табл. 2.5).

Площадь зоны фактического заражения S_ϕ определяется по формуле:

$$S_\phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2}.$$

6. Определение времени подхода облака АХОВ к заданному рубежу.

$$t = \frac{X}{U} [\text{час}],$$

где X – расстояние от источника заражения до заданного рубежа, км.

7. Нанесение на карту (схему) зоны заражения

При аварии (разрушении) объектов с АХОВ условные обозначения наносятся на карту (план, схему) в следующей последовательности:

- 1) точкой синего цвета отмечается место аварии, проводится ось в направлении распространения облака зараженного воздуха;
- 2) циркулем с раствором равным Γ (в масштабе карты, схемы) на оси следа откладывают глубину зоны возможного заражения АХОВ;
- 3) зона возможного химического заражения штрихуется желтым цветом;
- 4) возле места аварии синим цветом делается поясняющая надпись. В ее числителе – тип и количество выброшенного АХОВ, в знаменателе – время и дата аварии.

Зона фактического заражения, имеющая форму эллипса, включается в зону возможного заражения. Она при прогнозировании обычно не наносится. Ее фактическое положение устанавливается по данным химической разведки.

Ширина зоны химического заражения АХОВ приблизительно может быть определена по СВУВ: при инверсии принимается равным 0,03 глубины зоны; при изотермии – 0,15; при конвекции – 0,8.

б) Прогнозирование масштабов заражения ОХВ при разрушении ХОО

В случае разрушения ХОО в первую очередь рассчитывается продолжительность поражающего действия (испарения) для каждого АХОВ, а затем определяется суммарное эквивалентное количество Q_0 всех АХОВ по формуле:

$$Q_0 = 20 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot \sum K_{2i} \cdot K_{3i} \cdot K_{6i} \cdot K_{7i} \cdot \frac{Q_i}{d_i}.$$

Глубина зоны заражения Γ_n определяется по табл. П.7 в зависимости от суммарного Q_0 и скорости ветра 1 м/с, а затем сравнивается с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс $\Gamma_{пвм}$. За окончательную расчетную глубину зоны заражения Γ принимается меньшее из двух сравниваемых между собой значений.

Площади зон заражения и время подхода облака АХОВ к заданному рубежу определяется аналогично.

Пример. Оценить возможную химическую обстановку для принятия решения по защите населения и территорий в районе расположения населенного пункта для случая прогноза после свершившейся аварии на складе АХОВ.

№ варианта	Наименование АХОВ	Вид хранения	Количество АХОВ, Q_0 , т	Положение емкостей с АХОВ; высота обвалования, Н, м	Обстановка на объекте и время аварии	Время, после аварии, N, час	Метеоусловия: температура t , °C; скорость ветра, u_b , м/с; азимут ветра; время дня; состоя-	Численность населения A_0 , чел	Условия защиты людей: нахождение, обеспеченность продуктами питания, %
	Хлор	Сжиж. газ	100	Обваловка, 0,4	Авария, 30.09, 10 ч	2	16°C; 5 м/с; 270°; утро; ясно	250	В зданиях, 40%

Решение

1. Определение эквивалентного количества хлора по первичному облаку.

$$Q_{01} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7' \cdot Q_0,$$

где $K_1 = 0,18$; $K_3 = 1,0$ (табл. 1); $K_5 = 0,23$ – изотермия (табл. 2.7).

В связи с отсутствием заданного значения температуры в табл. 2.1, определение коэффициента K_7' производится методом линейной интерполяции*.

$$K_7' = f(t, Cl_2) = f(a) + \frac{f(b) - f(a)}{b - a} (x - a) = 0,6 + \frac{1 - 0,6}{20 - 0} (16 - 0) = 0,92$$

$$Q_{01} = 0,18 \cdot 1,0 \cdot 0,23 \cdot 0,92 \cdot 100 = 3,81 \text{ т.}$$

2. Определение времени испарения хлора.

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7'}$$

где $h = H - 0,2 = 0,8 - 0,2 = 0,6$ м;

$K_2 = 0,052$ (табл. 1); $K_4 = 2,34$ (табл. 2.3); $K_7'' = 1$ (табл. 2.1).

$$T = \frac{0,6 \cdot 1,553}{0,052 \cdot 2,34 \cdot 1} = 7,66 \text{ ч.}$$

* Интерполяция в математике и статистике означает отыскание промежуточных значений величины по некоторым ее значениям. Пусть значение x принадлежит отрезку $[a, b]$ и известны значения функции в граничных точках этого отрезка $f(a)$ и $f(b)$ соответственно, тогда значение $f(x)$ определяется по формуле линейной интерполяции:

$$f(x) = f(a) + \frac{f(b) - f(a)}{b - a}(x - a).$$

3. Определение эквивалентного количества хлора по вторичному облаку.

$$Q_{32} = (1 - K_1) \cdot K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7'' \frac{Q_0}{h \cdot d},$$

где $K_6 = N^{0,8}$, т.к. $N < T$. $K_6 = 2^{0,8} = 1,74$.

$$Q_{32} = (1 - 0,18) \cdot 0,052 \cdot 1,0 \cdot 2,34 \cdot 0,23 \cdot 1,74 \cdot 1 \cdot \frac{100}{0,6 \cdot 1,553} = 4,29 \text{ т.}$$

4. Определение глубины зоны возможного химического заражения. По табл. 2.2, интерполируя табличные значения, находим глубины зон заражения Γ_1 и Γ_2 :

для $Q_{31} = 3,81$ т и $U_B = 5$ м/с

$$\Gamma_1 = f(Q_{31}, U_B) = 2,91 + \frac{3,75 - 2,91}{5 - 3}(3,81 - 3) = 3,25 \text{ км};$$

для $Q_{32} = 4,29$ т и $U_B = 5$ м/с

$$\Gamma_2 = f(Q_{32}, U_B) = 2,91 + \frac{3,75 - 2,91}{5 - 3}(4,29 - 3) = 3,45 \text{ км.}$$

Рассчитаем полную глубину зоны заражения:

$$\Gamma_n = \Gamma_{\max} + 0,5 \cdot \Gamma_{\min} = 3,45 + 0,5 \cdot 3,25 = 5,08 \text{ км.}$$

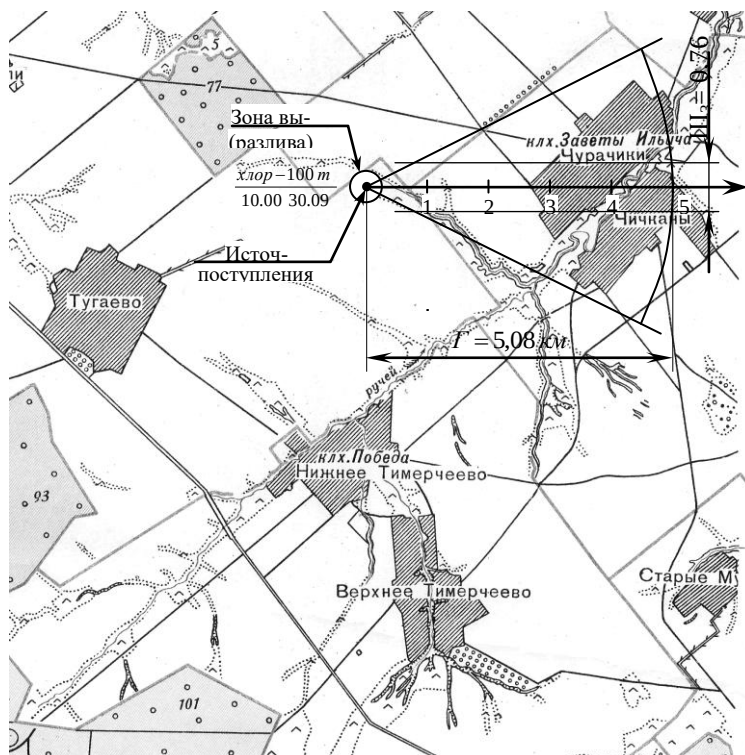


Рис. 3.8. Топографическая карта местности

Определяем глубину переноса облака зараженного воздуха, используя табл.

2.4: $\Gamma_{нв.м} = N \cdot U = 2 \cdot 29 = 58 \text{ км.}$

Глубина зоны возможного химического заражения составит:

$$\Gamma_{\min}[\Gamma_n; \Gamma_{нв.м}] = \min[5,08; 58] = 5,08 \text{ км.}$$

5. Определение площади зоны возможного химического заражения.

$$S_\phi = \frac{\pi \cdot \Gamma^2}{360} \cdot \varphi^\circ.$$

При $\Gamma = 5,08$ и $\varphi = 45^\circ$ получим:

$$S_\phi = \frac{3,14 \cdot 5,08^2}{360^\circ} \cdot 45^\circ = 10,1 \text{ км}^2.$$

6. Определение площади зоны фактического заражения.

$$S_\phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^2.$$

При $K_8 = 0,133$; $\Gamma = 5,08$ и $N = 2$ ч получим:

$$S_\phi = 0,133 \cdot 5,08^2 \cdot 2^{0,2} = 3,9 \text{ км}^2.$$

7. Определение времени подхода облака АХОВ к ближней границе населенного пункта.

$$t = \frac{X}{U},$$

где X – расстояние от места аварии до ближней границы населенного пункта. По масштабу карты (1 : 100000) $X = 2,7 \text{ км.}$

$$t = \frac{2,7}{29} \approx 0,1 \text{ ч} = 6 \text{ мин.}$$

8. Нанесение на карту зоны заражения:

1) точкой синего цвета отмечаем место аварии, проводим ось в направлении распространения облака зараженного воздуха (азимут ветра* 270°);

2) циркулем с раствором $\Gamma = 5,08 \text{ км}$ (в масштабе карты) на оси следа откладываем глубину зоны возможного заражения АХОВ;

3) синим цветом, нанесем зону возможного заражения в виде сектора равным 45° ; $A_B = 270^\circ$

4) возле места аварии, синим цветом сделаем поясняющую надпись. В ее числителе – тип и количество выброшенного АХОВ, в знаменателе – время и дата аварии.

Учитывая масштаб карты, с помощью квадратной палетки** определим площадь населенного пункта.

$$S_0 = 1,72 \text{ км}^2.$$

Ширину зоны химического заражения приближенно можно определить по СВУВ: при изотермии принимается равным $0,15$ глубины зоны.

$$Ш_3 = 0,15 \cdot 5,08 = 0,76 \text{ км.}$$

Часть площади населенного пункта, попавшая в зону фактического заражения, определяется площадью перекрытия S_0 и S_ϕ . С учетом удаления ближней границы населенного пункта от склада АХОВ площадь перекрытия ориентировочно равна $S_0^{zap} \approx 0,89 \text{ км}^2$.

Относительная величина этой площади:

$$\bar{S}_0^{zap} = \frac{S_0^{zap}}{S_0} = \frac{0,89}{1,72} \approx 0,52$$

Число людей, оказавшихся на зараженной территории составит

$$A_{зфз} = 0,52 \cdot A_0 = 0,52 \cdot 250 = 130 \text{ чел.}$$

Число пораженных людей определяется соотношением:

$$A_n = A_{зфз} \cdot \frac{n}{100}.$$

При нахождении людей в простейших укрытиях (зданиях) и 40%-й обеспеченности их противогазами $n = 30\%$ (табл. П.12), т.е.:

$$A_n = 130 \cdot \frac{30}{100} = 39 \text{ чел.};$$

из них:

легкой степени – $0,25 \cdot A_n = 0,25 \cdot 39 = 10$;

средней и тяжелой степени – $0,40 \cdot A_n = 0,40 \cdot 39 = 15$;

со смертельным исходом – $0,35 \cdot A_n = 0,35 \cdot 39 = 14$ чел.

**Азимут ветра – это угол от направления на север по ходу часовой стрелки до направления, откуда дует ветер.*

***Квадратная палетка представляет собой сеть взаимно перпендикулярных линий, проведенных через 1–2 мм на прозрачном целлулоиде, фотопленке, стекле. Площадь фигуры определяется простым подсчетом клеток палетки, наложенной на фигуру.*

Выводы

1. Характеристика АХОВ.

ХЛОР (Cl_2) – зеленовато-желтый газ с резким раздражающим запахом, в 2,5 раза тяжелее воздуха. Может скапливаться в низких участках местности. Мало растворяется в воде (0,07%), хорошо – в некоторых органических растворителях. Температура кипения – $-34,1^\circ\text{C}$, плавления – -101°C , негорюч, но пожароопасен в контакте с горючими материалами.

Находит широкое применение в промышленности, в том числе для отбеливания тканей и бумажной массы, в производстве пластмасс, каучуков, инсектицидов, растворителей, в цветной металлургии, а также в коммунально-бытовом хозяйстве для обеззараживания питьевой воды. Ежегодное потребление хлора в мире исчисляется десятками миллионов тонн.

В первую мировую войну использовался в качестве отравляющего вещества. При воздействии на организм поражает дыхательную систему.

ПДК в рабочих помещениях – $0,001 \text{ г/м}^3$. Раздражающее действие появляется при концентрации $0,01 \text{ г/м}^3$, смертельные отравления возможны при $0,25 \text{ г/м}^3$ и вдыхании в течение 5 минут.

На ряде объектов промышленности его запасы составляют сотни и даже тысячи тонн. Огромное количество сжиженного хлора постоянно находится в железнодорожных цистернах на станциях и перегонах.

2. При принятых условиях аварии на ХОО (складе АХОВ) территория населенного пункта площадью $1,72 \text{ км}^2$ может оказаться полностью в зоне возможного химического заражения, площадь которой $10,1 \text{ км}^2$.

3. В соответствии с существующей классификацией:

– по численности населения, проживающего в зоне возможного заражения (< 40000 чел.), склад АХОВ относится к III-й степени химической опасности;

– населенный пункт, как административно-территориальная единица, относится к III-й степени химической опасности, так как численность населения, проживающего на территории зоны возможного заражения составляет 17%.

4. Результаты расчетов показывают, что при принятых исходных данных в зоне фактического заражения могут оказаться около 23% площади населенного пункта (0,89 км²) и 130 жителей.

5. Число пораженных людей, при условии их нахождения в зданиях и обеспеченности их противогазами на 40%, составит 39 чел.

6. С целью уменьшения числа пораженных людей и степени их поражения целесообразно обеспечить все население средствами индивидуальной защиты.

При нахождении людей в зданиях и использовании ими промышленных противогазов с фильтрующими коробками типа **А, В, БКФ** или гражданских противогазов ГП-5 (ГП-7) с дополнительным патроном ДПГ-3 число пораженных может быть уменьшено до 4%, т.е. до 5 чел.

7. На случай отсутствия СИЗ и выполнения с.-х. работ на открытой местности необходимо в плане защитных мероприятий предусмотреть экстренный вывод людей из зоны фактического химического заражения.

8. Мероприятия первой медицинской помощи пострадавшим.

Первые признаки поражения:

Раздражение слизистых и кожи, ожоги, резкая боль в груди, сухой кашель, рвота, одышка, резь в глазах, слезотечение, нарушение координации движения.

Мероприятия первой медицинской помощи:

Дать увлажненный кислород, нашатырный спирт. Слизистые промыть 2%-м раствором соды. Обеспечить тепло. Дать кодеин. Провести искусственное дыхание.

9. Нормы расхода растворов для обезвреживания пролива хлора (расход, т, на 1 т ОХВ):

Водный раствор щелочи, 5%-й при разбавлении до безопасной концентрации – 0,5...0,8 т, при нейтрализации – 22...25 т.

Таблица 2.1 – Характеристики ОХВ и расчетные коэффициенты

№	Наименование АХОВ	Плотность АХОВ		Температура кипения	Пороговая токсодоза, мг·мин/л	Значения коэффициентов							
						К ₁	К ₂	К ₃	К ₇ для значений температур, °С				
		газ	жидк.						–40	–20	0	20	40
	Аммиак	0,0008	0,681	–33,42	15,0	0,18	0,025	0,04	0/0,2	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
	Водород цианистый	–	0,687	25,7	0,2	0	0,026	3,0	0	0	0,4	1	1,3
	Хлор	0,0032	1,553	–34,1	0,6	0,18	0,052	1,0	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
	Соляная кислота	–	1,198	108,6	2	0	0,021	0,30	0	0,1	0,3	1	1,6
	Фосген	0,0035	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1,0	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	2,7/1
	Оксись этилена	–	0,882	10,7	41	0,05	0,061	1,0	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	3,2/1
	Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	-10,1	1,8	0,11	0,049	0,33	0/0,2	0/0,5	0,3/1	1/1	1,7/1
	Сероуглерод	–	1,263	46,2	45	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1
	Хлорпикрин	–	1,658	112	0,02	0	0,002	30	0,03	0,1	0,3	1	2,9

Таблица 2.2 – Глубины зон возможного заражения ОХВ, км

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество ОХВ, т														
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20	30	50	70	100	300	500
1	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,6	38,1	52,7	65,2	82	166	321
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,84	16,4	21,0	28,7	35,4	44	88	121
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,9	15,2	20,6	25,2	31	61	85
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,6	12,2	16,4	20,1	25	48	66
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,2	10,3	13,9	16,9	21	40	55
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,2	9,1	12,1	14,8	18	35	47
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,5	8,1	10,9	13,2	16	31	42
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,9	7,4	9,9	12,0	15	28	37
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,6	6,9	9,1	11,0	14	25	34
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,3	6,5	8,5	10,2	13	24	32
11	0,11	0,25	0,36	0,80	1,13	1,96	2,53	3,58	5,1	6,2	8,0	9,6	12	22	29
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	1,88	2,4	3,4	4,9	5,9	7,7	9,1	11	21	28
13	0,10	0,23	0,33	0,74	1,04	1,80	2,4	3,3	4,7	5,7	7,4	8,7	11	20	26
14	0,10	0,22	0,32	0,71	1,00	1,74	2,2	3,2	4,5	5,5	7,1	8,4	10	19	25

Таблица 2.3 – Значения 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	1,0	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0	5,68

Таблица 2.4 – Скорость переноса переднего фронта облака, км/ч

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
СВУВ														
Инверсия	5	10	16	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Изотермия	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	76	82
Конвекция	7	14	21	28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 2.5 – Угловые размеры сектора в зависимости от скорости ветра U

U , м/с	< 0,5	0,6 – 1	1,1 – 2	> 2
ϕ , град	360	180	90	45

Таблица 2.6 – Возможные потери работающего персонала и населения от ОХВ, %

Условия нахождения людей	Без противогазов	Обеспеченность противогазами, %								
		20	30	40	50	60	70	80	90	100
Открыто	90–100	75	65	58	50	40	35	25	18	10
В простейших укрытиях	50	40	35	30	27	22	18	14	9	4

Таблица 2.7 – Степень вертикальной устойчивости приземного слоя атмосферы

Метеоусловия		Скорость ветра		
		Меньше 2	2 – 4	Больше 4
НОЧЬ	Ясно	Инверсия	Инверсия	Изотермия
	Полуясно		Изотермия	
	Пасмурно	Изотермия		
УТРО	Ясно			
	Полуясно			
	Пасмурно			
	При снежном покрове	Инверсия	Инверсия	
ДЕНЬ	Ясно	Конвекция	Конвекция	
	Полуясно			
	Пасмурно	Изотермия	Изотермия	

	При снежном покрове		
ВЕЧЕР	Ясно	Инверсия	
	Полуясно		
	При снежном покрове		Инверсия
	Пасмурно	Изотермия	Изотермия

Таблица 2.8 – Нормы расхода растворов для обезвреживания проливов ОХВ

ОХВ	Агрегатное состояние ОХВ при выбросе	Используемые растворы	Расход, т, на 1 т ОХВ	
			при разбавлении до безопасной концентрации	при нейтрализации
Аммиак	Газ	Постановка водяной завесы	20	–
	Сжиженный газ	Раствор соляной (серной) кислоты, 10%-й	10 (15)	20 (30)
		Вода	18...20	–
Водород цианистый	Жидкость	Раствор гипохлорида кальция, 10%-й	–	40...45
		Формалин	–	3
Оксид этилена	Сжиженный газ	Водный раствор аммиака (в зимнее время), 25%-й	–	2
		Вода	–	2
Сернистый ангидрид	Сжиженный газ	Водный раствор щелочи, 10%-й	2	12,5
		Вода	3	10...20
Сероуглерод	Жидкость	Раствор гипохлорида кальция, 10%-й	–	40
Соляная кислота	Жидкость	Водный раствор щелочи, 5%-й	3,5	7,4
		Вода	8	–
Фосген	Газ	Постановка водяной завесы	200	–
	Сжиженный газ	Водный раствор щелочи, 10%-й	–	16...20
Хлор	Газ	Постановка водяной завесы	120	–
	Сжиженный газ	Водный раствор щелочи, 5%-й	0,5...0,8	22...25
Хлорпикрин	Жидкость	Водный раствор сульфида натрия, 5%-й	–	14

Таблица 2.9 – Рекомендации по выбору СИЗ от ОХВ

Тип коробки ПФП	Цвет коробки	От каких веществ защищает
А	Коричневый	От фосфор- и хлорорганических ядохимикатов, паров органических соединений (бензин, керосин, ацетон, бензол, сероуглерод, тетраэтилсвинец, толуол, спирт, эфир, хлорпикрин)
В	Желтый	От фосфор- и хлорорганических ядохимикатов, кислых газов и паров (сернистый ангидрид, хлор, сероводород, синильная кислота, окислы азота, фосген, хлористый водород)
Г	Одна половина черная, вторая желтая	От паров ртути, ртутьорганических ядохимикатов на основе этилмеркурхлорида
Е	Черный	От мышьяковистого и фосфористого водорода
КД	Серый	От аммиака, сероводорода и их смесей
БКФ	Защитный	От паров органических веществ, мышьяковистого и фосфористого водорода
М	Красный	От окиси углерода в присутствии малых количествах аммиака, мышьяковистого и фосфористого водорода, сероводорода, паров органических соединений
СО	Серый	От окиси углерода

Примечание:
Поскольку гражданские фильтрующие противогазы (ГП-4у, ГП-5, ГП-7 и ГП-7В) не защищают от некоторых ОХВ, с 1991 г. к ним даются дополнительные патроны ДПГ-3 и ДПГ-1. В комплекте с противогазом патрон ДПГ-3 защищает от аммиака, хлора, диметиламина, нитробензола, сероводорода, сероуглерода, синильной кислоты, тетраэтилсвинца, фенола, фосгена, хлористого водорода, хлористого цинка, а ДПГ-1, кроме того, – от двуокиси азота, метила хлористого, окиси углерода и окиси этилена. Зараженный воздух предварительно проходит через коробку, очищается от пыли, аэрозолей и паров вредных веществ, затем поступает в дополнительный патрон для окончательной очистки от ОХВ.

Таблица 2.10 – Мероприятия первой медицинской помощи пострадавшим

ОХВ	Первые признаки поражения	Мероприятия первой медицинской помощи
Аммиак	Раздражение слизистых и кожи, насморк, кашель, удушье, учащенное сердцебиение, покраснение и зуд кожи, резь в глазах, слезотечение, а при тяжелом отравлении – тошнота, нарушение координации движения, бредовое состояние.	Дать увлажненный кислород, пары уксусной кислоты. Кожу и слизистые промыть водой и 2%-м раствором борной кислоты, в глаза закапать 2...3 капли 30%-го раствора альбумида, в нос – теплое растительное (оливковое) масло. Искусственное дыхание противопоказано.
Водород	Онемение языка, металлический привкус во рту,	Ввести под маску противоядие – 5...8 капель амилнитрита.

цианистый	ослабление дыхания, судороги, потеря сознания.	Обеспечить покой, тепло.
Окись этилена	Раздражение слизистых и кожи, ожоги, головная боль, головокружение, рвота, чувство опьянения, нарушение походки.	Дать увлажненный кислород. Обеспечить покой. Слизистые и кожу промыть водой. В глаза закапать 2...3 капли 30%-го раствора альбумида. Желудок промыть водой.
Сернистый ангидрид	Сильное раздражение слизистых, кожи. Затрудненное дыхание и глотание. Кашель, жжение, покраснение кожи.	Дать кислород, слизистые промыть водой или 2%-м раствором соды. От сильного кашля – кодеин.
Сероуглерод	Головная боль. Раздражение слизистых, тошнота, диарея, боли в груди. Обморок, удушье, ожоги при соприкосновении, наркотическое опьянение.	Слизистые промыть водой. Ингаляция димедролом, эфедрином. При нарушении дыхания – реанимационные мероприятия.
Соляная кислота	Затрудненное дыхание, ожоги кожи и слизистых, кашель, одышка, рвота с кровью, боли за грудной и в области желудка.	Кислоту смывать большим количеством воды в течение 15...20 мин. Глаза промыть струей воды или 2%-м раствором соды, обеспечить покой, тепло.
Фосген	Скрытый период 2...12 ч, слезотечение, боль в груди, затрудненное дыхание, кашель, тошнота, удушье.	Обеспечить покой, тепло. Дать горячее молоко с содой, кислород. Слизистые промыть 2%-м раствором соды. Искусственное дыхание противопоказано.
Хлор	Раздражение слизистых и кожи, ожоги, резкая боль в груди, сухой кашель, рвота, одышка, резь в глазах, слезотечение, нарушение координации движения.	Дать увлажненный кислород, нашатырный спирт. Слизистые промыть 2%-м раствором соды. Обеспечить тепло. Дать кодеин. Провести искусственное дыхание.
Хлорпикрин	Раздражение слизистых и верхних дыхательных путей; слезотечение, кашель, тошнота, боли в животе, диарея, головная боль, слабость.	Обеспечить тепло, покой. Промыть слизистые 2%-м раствором борной кислоты. Дать кислород. От сильного кашля – кодеин. В глаза закапать 2%-й раствор новокаина, в нос – 2% раствор эфедрина.

Таблица 2.11 – Классификация объектов по степени химической опасности

Степень химической опасности	Численность населения, проживающего в зоне возможного заражения, тыс. чел.
I	Более 75
II	От 40 до 75
III	До 40
IV	Зона возможного заражения не выходит за пределы территории объекта или его санитарно-защитной зоны

Таблица 2.12 – Классификация административно-территориальных единиц по степени химической опасности

Степень химической опасности АТЕ	Численность населения (в %), проживающего в зоне возможного заражения
I	>75
II	От 30 до 50
III	От 10 до 30
IV	<10

3. Прогнозирование и оценка обстановки при авариях, связанных с взрывами и пожарах

3.1. Характеристика взрыва. Прогнозирование действия взрыва взрывчатых веществ

При взрыве происходит быстрое физическое, химическое и ядерное превращение вещества, сопровождающееся столь же быстрым переходом энергии взрыва в энергию сжатия и движения исходного вещества (или продуктов его превращения) и окружающей среды.

Взрывы осуществляются за счет высвобождения химической, тепловой, упругой и ядерной энергии вещества. Большая скорость высвобождения является необходимым условием взрыва. Скорости взрывных превращений достигают 10000 м/с.

Наиболее совершенной формой взрыва является *детонация* – распространение химического превращения взрывчатого вещества с выделением тепла, протекающее с постоянной скоростью, превышающей скорость звука в данном веществе. Ско-

рость детонации зависит от природы ВВ, его плотности, содержания примесей. Благодаря высокой скорости детонации (в газовых смесях 1000–3500 м/с, в твердых и жидких взрывчатых веществах – до 9000 м/с) развивается давление, достигающее в жидких и твердых телах нескольких десятков ГПа.

Мерой способности ВВ к взрыву может служить критический диаметр заряда – предельный диаметр, при котором детонация может распространяться по заряду. Чем меньше критический диаметр, тем больше способность ВВ к детонации. Так, например, критический диаметр прессованного тротила около 10 мм, литого – 32 мм, следовательно, в заряде прессованного тротила возбудить детонацию легче, чем в литом заряде.

Количество тепла, которое выделяется при взрыве 1 кг ВВ, называется *удельной теплотой взрыва*.

Разрушающее действие взрыва в зависимости от условий применения ВВ проявляется в бризантном, фугасном, кумулятивном и откольном действии.

Бризантное действие обусловлено динамическим ударом продуктов детонации и наблюдается лишь в непосредственной близости от заряда ВВ.

Бризантность – способность взрывчатого вещества производить при взрыве местное дробление среды, соприкасающейся с зарядом, – проявляется на расстоянии, не превышающем 2–2,5 радиуса заряда; она возрастает с увеличением плотности взрывчатого вещества и скорости детонации.

При взрыве заряда ВВ в грунте происходит выброс грунта, что называют *фугасным действием взрыва*.

Усиление динамики взрыва в определенном направлении называют *кумулятивным действием*. Скорость кумулятивного потока оказывается больше скорости детонации и достигает 10000–15000 м/с.

В отколе внутренней поверхности преграды без ее пробивания проявляется *откольное действие ВВ* (для пластиковых ВВ).

В большинстве случаев поражающие факторы взрыва оцениваются в атмосфере. Приняты следующие параметры международной стандартной атмосферы (МСА) на уровне моря: давление $P_0 = 0,101325$ МПа, плотность $\rho = 1,2249$ кг/м³, температура $T_0 = 288,16$ К.

Воздушная ударная волна (ВУВ) представляет собой распространяющуюся область сжатия-разряжения со скачком на своем фронте давления, температуры, плотности и скорости частиц среды; форма в большинстве практических задач применяется сферической.

Основные параметры ВУВ подчиняются законам подобия:

$$R_2 = R_1 \sqrt[3]{\frac{M_2}{M_1}}, \quad T_2 = T_1 \sqrt[3]{\frac{M_2}{M_1}},$$

где R_1, R_2 – расстояния; T_1, T_2 – временные параметры; M_1, M_2 – массы зарядов взрывчатых веществ.

Таким образом, зная параметры взрыва ВВ массой M_1 на расстоянии R_1 можно утверждать, что такие же параметры для взрыва заряда массой M_2 будут на расстоянии R_2 .

Параметры ВУВ определяются формулами, в которых вид ВВ учитывается тротиловым эквивалентом по ударной волне.

Тропиловый эквивалент показывает, сколько тротила необходимо, чтобы работа его взрыва была равна работе рассматриваемого взрыва.

При расчете параметров ВУВ при взрывах различных химических ВВ с энергией взрыва Q (в кДж/кг) величину массы ВВ следует умножить на коэффициент, равный отношению Q данного ВВ и тротила $Q_T = 4240$ кДж/кг (табл. 3.1).

В расчетные формулы введено обозначение R_{π} – "приведенное" расстояние (в м/кг^{1/3}):

$$R_{\pi} = \frac{R}{\sqrt[3]{M_{\text{эТ}}}},$$

где R – расстояние, м; $M_{\text{эТ}}$ – тротиловый эквивалент, кг.

Давление ΔP_{ϕ} (в МПа) для свободно распространяющейся сферической ВУВ определяется по формуле

$$\Delta P_{\phi} = 0,084 / R_{\pi} + 0,27 / R_{\pi}^2 + 0,7 / R_{\pi}^3.$$

Таблица 3.1 – Плотность и энергия взрыва распространенных ВВ

ВВ	ρ , г/см ³	Q , кДж/кг	ВВ	ρ , г/см ³	Q , кДж/кг
Алюмотол	0,95	5266	Тротил	1,60	4240
Акванал	1,45	4860	Гексоген	1,60	5540
Гранулит М	0,85	3852	Тэн	1,60	5880
Аммонал-200	1,00	4932	Октоген	1,84	5420
Аммонит	1,10	5684			

В табл. 3.1 приведены данные, которые используются для определения тротилового эквивалента $M_{\text{эТ}}$. Так, например, гексоген массой в 10 кг имеет тротиловый эквивалент:

$$M_{\text{эТ}} = 10 \cdot 5540 / 4240 = 13,2 \text{ кг.}$$

На близких от ВВ расстояниях (1,4–2,0 радиусов заряда твердого ВВ) действуют продукты взрыва и ВУВ; на расстояниях, превышающих 2,0 радиуса заряда, разрушительный эффект оказывает только ВУВ.

В непосредственной близости от заряда ВВ действует динамический удар продуктов детонации с давлением $2 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^4$ МПа, что и объясняет высокую разрушительную способность взрыва даже для очень прочных преград.

Пример 1

Произошел взрыв 1 кг тротила. Определить:

- на каком расстоянии будет проявляться бризантное действие взрыва;
- каковы последствия действия взрыва на открыто находящегося человека на расстоянии 10 м от взрыва.

Решение.

Принимаем форму заряда сферической и исходя из этого определяем объем

$$V = M / \rho = 1000 / 1,6 = 625 \text{ см}^3,$$

где ρ – плотность тротила ($\rho_T = 1,6$ г/см³).

Радиус сферы определяем из формулы объема шара:

$$R_0 = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 625}{4\pi}} = 5,3 \text{ см.}$$

Продукты взрыва, вызывающие бризантное действие действуют на расстоянии примерно до $2,0 \cdot R_0$ ($2,0 \cdot 5,3 = 10,6$ см). Поэтому бризантное действие взрыва 1 кг тротила будет на расстоянии до 1 м. Для расстояния $R = 10$ м при $M = 1$ кг приведенное расстояние

$$R_{\pi} = \frac{R}{\sqrt[3]{M}} = \frac{10}{\sqrt[3]{1}} = 10 \text{ м/кг}^{1/3}.$$

Следовательно, на этом расстоянии давление ВУВ будет

$$\Delta P_{\phi} = \frac{0,084}{R_{\pi}} + \frac{0,27}{R_{\pi}^2} + \frac{0,7}{R_{\pi}^3} = \frac{0,84}{10} + \frac{0,27}{100} + \frac{0,7}{1000} = 0,0118 \text{ МПа} = 11,8 \text{ кПа}.$$

При таком давлении ВУВ человек практически не получает поражений. Однако он может быть поражен разлетающимися твердыми осколками, обломками.

Так как стойкость остекления зависит от прочности стекол и от качества их закрепления, то стекла могут быть повреждены при воздействии давления ВУВ начиная с 0,001 МПа.

При взрыве 1 кг ТЭн расчет ведется по его тротиловому эквиваленту:

$$M_{\text{эт}} = M \cdot 5880 / 4240 = 1 \cdot 5880 / 4240 = 1,387 \text{ кг}.$$

3.2. Прогнозирование зон поражения при взрывах газопаровоздушных смесей

Аварийность, связанная со взрывами газопаровоздушных смесей (ГПВС) довольно велика. Особую опасность представляют детонационные взрывы ГПВС. Давление на фронте детонационной волны в газовых смесях может достигать 2 МПа, а при взаимодействии с конструкциями в помещениях вследствие многократных отражений доходить до 10 МПа.

Для расчета поражающего действия взрывов ГПВС определяют параметры детонационной волны расширяющихся продуктов детонации (ПД) и ВУВ.

Начальный радиус R_0 (в м) полусферического облака ГПВС в зависимости от объема V_0 (в м³) определяют по формуле

$$R_0 = \sqrt[3]{\frac{3 V_0}{2 \pi}}.$$

Приближенная формула для определения объема облака (в м³):

$$V_0 = \frac{22,4 \cdot K \cdot M}{\mu_{\Gamma} \cdot C_{\text{стх}}},$$

где K – коэффициент, принимаемый в зависимости от способа хранения продуктов ($K = 1$ для газов при атмосферном давлении; $K = 0,5$ для газов, сжиженных под давлением; $K = 0,1$ для газов, сжиженных охлаждением; $K = 0,02–0,07$ для растекающихся легковоспламеняющихся жидкостей); M – масса ГПВС, кг; μ_{Γ} – молекулярная масса горючего вещества; $C_{\text{стх}}$ – объемная концентрация стехиометрической смеси.

Величина избыточного давления детонационной волны ΔP_2 приведена в табл. 3.2; максимум избыточного давления на фронте детонационной волны в два раза больше. Давление нормального отражения при $R < R_0$ может быть определено как $\Delta P_{\text{отр}} = 2,5 \cdot \Delta P_2$.

Таблица 3.2 – Характеристика газопаровоздушных смесей

Горючий компонент	V, м / с	$\rho_{стх}$ кг/м ³	$Q_{м стх}$ МДж/кг	$Q_{в стх}$ МДж/кг ³	$\gamma_{стх}$	μ_r	$C_{стх}$ %	ΔP , МПа
<i>Газовоздушные смеси</i>								
Аммиак	1630	1,180	2,370	2,791	1,248	17	19,72	1,29
Ацетилен	1990	1,278	3,387	4,329	1,259	26	7,75	2,14
Бутан	1840	1,328	2,776	3,684	1,270	58	3,13	1,88
Водород	1770	0,933	3,425	3,195	1,248	2	29,59	1,2
Метан	1750	1,232	2,763	3,404	1,256	16	9,45	1,57
Этан	1800	1,250	2,797	3,496	1,257	30	5,66	1,69
Пропан	1850	1,315	2,801	3,676	1,257	44	4,03	1,89
Этилен	1880	1,285	3,010	3,869	1,259	28	6,54	1,91
Угарный газ	1840	1,280	2,930	3,750	1,256	28	29,59	1,82
<i>Паровоздушные смеси</i>								
Бензин	-	1,350	2,973	3,770	-	94	2,10	-
Ацетон	1910	1,210	3,112	3,766	1,259	42	4,99	1,85
Горючий компонент	V, м / с	$\rho_{стх}$ кг/м ³	$Q_{м стх}$ МДж/кг	$Q_{в стх}$ МДж/кг ³	$\gamma_{стх}$	μ_r	$C_{стх}$ %	ΔP , МПа
Бензол	1860	1,350	2,937	3,966	1,261	78	2,84	1,96
Гексан	1820	1,340	2,797	3,748	1,261	86	2,16	1,86
Пентан	1810	1,340	2,797	3,748	1,258	72	2,56	1,84
Толуол	1830	1,350	2,843	3,838	1,260	92	2,23	1,90
Циклогексан	1870	1,340	2,797	3,748	1,248	84	2,28	1,77
Диэтиловый эфир	1830	1,360	2,840	3,862	1,261	74	3,38	1,91
Ксилол	1820	1,355	2,830	3,834	1,259	106	1,96	1,89
Метанол	1800	1,3	2,843	3,696	1,253	32	12,3	1,77
Этанол	1770	1,34	2,804	3,757	1,256	46	6,54	1,76
Дихлорэтан	1610	1,49	2,164	3,224	1,265	99	6,54	1,60

Расчет максимума избыточного давления взрыва (в кг) на соответствующих расстояниях производят с применением "приведенных" расстояний и давлений по тротиловому эквиваленту наземного взрыва полусферического облака (M_T):

$$M_T = 2 M \cdot Q_{м стх} / Q_T,$$

где $M = \rho_{стх} \cdot V_0$ – масса горючего облака, кг; Q_T – энергия взрыва тротила ($Q_T = 4184$ кДж / кг); $R_{пр} = R / \sqrt[3]{M_T}$ – "приведенное" расстояние, м/кг^{1/3}; $\Delta P_T = P_0 \bar{P}$ – максимальное избыточное давление ударной волны.

$\bar{P}$ определяется из выражения

$$\lg \bar{P} = 0,65 - 2,18 \lg \bar{R} + 0,52 (\lg \bar{R})^2,$$

откуда

$$\bar{P} = 10^{\lg \bar{P}} \text{ и } \Delta P_M = P_0 \cdot \bar{P}.$$

Пример 2.

Произошел взрыв облака ГПВС, образовавшегося при разрушении резервуара, содержащего 100 т сжиженного пропана. Определить параметры ударной волны на расстоянии 500 м.

Исходные данные: $C_{стх} = 4,03$ % или 0,0403; $\mu_r = 44$; $Q_{м стх} = 2,801$ МДж/кг; $\rho_{стх} = 1,315$ кг/м³; $K = 0,5$ – для сжиженных газов.

Решение.

$$V_0 = 22,4 \cdot 0,5 \cdot 100000 / (44 \cdot 0,0403) = 631625,44 \text{ м}^3;$$

$$R_0 = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 631625,44}{2\pi}} = 67,06 \text{ м};$$

$$M_T = 2 \cdot 1,315 \cdot 631625,44 \cdot 2,801 \cdot 10^6 / 4,184 \cdot 10^6 = 1,11 \cdot 10^6 \text{ кг};$$

$$R_n = \frac{500}{\sqrt[3]{1,11 \cdot 10^6}} = 4,83, \text{ м/кг}^{1/3};$$

$$\lg \bar{P} = 0,65 - 2,18 \lg 4,83 + 0,52 \cdot (\lg 4,83)^2 = -0,6;$$

$$\bar{P} = 10^{-0,6} = 0,252;$$

$$\Delta P_m = 101,3 \cdot 0,252 = 25,5 \text{ кПа}.$$

На основании подобных расчетов можно построить график изменения максимального давления ВУВ в зависимости от расстоянием, по которому и определяют зоны возможных разрушений конкретных сооружений и конструкций.

На основе обобщенных данных изменения избыточного давления при взрывах ГВС, произошедших на территории РФ и за рубежом, предлагается табличный метод определения размеров зон разрушений и давлений в зонах (см. журнал "Гражданская защита". – 1995. – № 11).

Исходя из количества вещества и степени перехода его в стехиометрическую смесь с учетом коэффициента К условный (расчетный) радиус зоны детонационной волны R_0 (в м) определяем по формуле

$$R_0 = 18,5 \cdot \sqrt[3]{K \cdot M};$$

где $K = 0,5-0,6$; M – масса, т.

Радиусы зон с расчетными значениями избыточного давления на внешних границах этих зон определяются из табл. 3.3, где приведены обобщенные данные изменения избыточного давления исходя из расстояния, выраженного в долях от радиуса зоны детонации (R / R_0), и максимального давления в зоне детонации. Например, при взрыве пропано-воздушной смеси, образовавшейся при разрушении емкости с 10 т сжиженного пропана, радиус зоны детонации

$$R_0 = 18,5 \cdot \sqrt[3]{0,6 \cdot 10} \cong 33 \text{ м}.$$

При величине максимального давления в зоне детонации $\Delta P_{\max} = 900$ кПа, давлению $\Delta P = 100$ кПа соответствует отношение $R / R_0 = 1,8$.

Для определения зон сильных и слабых разрушений жилых и промышленных зданий в районах взрыва газопаровоздушных смесей углеводородных газов и жидкостей учитывается импульсный характер воздействия ВУВ этих взрывов. Так, избыточное давление при взрыве ГВС, вызывающее сильные разрушения, будет примерно в 1,5–1,7 раза больше, чем при ядерном взрыве. т. е. если при ядерном взрыве сильные разрушения происходят при $\Delta P_{\phi} = 30$ кПа, то при взрыве ГВС $\Delta P_{\phi} = 30 \cdot 1,7 = 50$ кПа.

В табл. 3.3 приведены величины радиусов сильных и слабых разрушений для взрывов ГВС от 1 т до 10 кт при максимальных избыточных давлениях в зоне детонации от 500 до 2000 кПа.

Таблица 3.3 – Избыточные давления в зависимости от соотношения R/R_0 и максимального давления $\Delta P_{\max}$ в зоне детонации

$\Delta P_{\max}$, кПа	Величины ΔP , кПа в долях от R/R_0				
	500	900	1000	1700	2000
1,05	270	486	540	918	1080
1,1	155	279	310	527	620
1,2	115	207	230	391	460
1,4	90	167	180	306	360

1,8	55	100	110	195	220
2	48	86	96	163	192
3	25	45	50	82	100
4	15	26	29	50	58
6	8	14	16	28	32
8	5	9	10	18	20
10	4	7	8	13	16
12	3	5	6	10	12
15	2,5	4,5	5	8	10
20	1,5	2,7	3	5	6
30	1	1,8	2	3,7	4

Пример 3.

При радиусе детонации, определённом по приведённой выше формуле, $R_0 = 100$ м и при максимальном давлении в зоне детонации $\Delta P_{\max} = 1000$ кПа давление $\Delta P = 100$ кПа будет при отношении $R/R_0 = 1,94$. Тогда давление $\Delta P = 100$ кПа будет на расстоянии $R = 194$ м.

Таблица 3.4 – Ориентировочные сведения о взрывоустойчивости оборудования, аппаратов и конструкционных элементах зданий и сооружений

Номер варианта	Наименование элементов	Предельная величина $\Delta P_{пр}$, кПа
1	Каркасы зданий:	
	железобетонные	53
	стальные	55
<i>Перекрытия зданий:</i>		
2	промышленных	35
	кирпичных	28
3	со стальным и ж / б каркасом	30
	с массивными стенами	42
4	Полы, лестницы	28
<i>Стены зданий:</i>		
5	шлакоблочных	22
	деревянных	28
6	кирпичных в 2 кирпича	45
7	кирпичных в 1,5 кирпича	25
8	кирпичных в 2,5 кирпича	53
<i>Перегородки и кровля зданий:</i>		
9	мягкие	15,4
10	железобетонные	17
11	кирпичные	15,4
12	Воздушные линии электропередач	50
13	Мачты, высоковольтные ЛЭП	35
14	Ёмкости для хранения жидкостей:	
	цилиндрические	31
	сферические	90
15	Трубопроводы:	
	наземные	60
	подземные	200
16	Подъёмно-транспортное оборудование	35
17	Электродвигатели	170
18	Щиты электрические, трансформаторы	70

19	Автоматика и выч. техника	15,4
20	Кабельные каналы в грунте	100

Примечание. Под взрывоустойчивостью понимается предельная величина $\Delta P_{пр}$, до которой рассматриваемый элемент сохраняет ремонтпригодность.

Таблица 3.5 – Газодинамические характеристики взрыва газовоздушных смесей

Концентрация в воздухе, %	ΔP_{max} , кПа	Время нарастания, с	Скорость нарастания давления средняя, МПа/с	Скорость нарастания давления максимальная, МПа/с
Водород :				
15	0,4	0,029	13,8	17,9
20	0,42	0,028	15,0	19,6
25	0,44	0,025	17,6	20,2
30	0,64	0,011	59,1	64,2
35	0,66	0,01	65,2	71,4
40	0,64	0,01	57,1	65,2
Пропан :				
3	0,48	0,098	4,95	8,15
4	0,6	0,057	10,4	15,6
5	0,63	0,056	11,1	16,3
6	0,55	0,129	4,24	8,97
7	0,31	0,136	0,23	0,23
Бутан :				
3	0,47	0,132	3,57	4,69
4	0,63	0,057	11,0	13,7
5	0,63	0,057	11,1	15,0
6	0,46	0,407	11,1	1,67

Давление продуктов сгорания ΔP_{max} , кПа:

Метан	730
Окись углерода	740
Аммиак	510

Скорость распространения пламени, м/с:

Водород	160	267
Метан	90,5	37
Этан	-	40
Пропан	-	38
Окись углерода	70,5	42

Примечание: Скорость распространения пламени в первом столбце – для стехиометрической смеси, а во втором столбце – для смеси с максимальной скоростью распространения пламени.

3.3. Определение безопасных расстояний от хранилищ взрывчатых веществ

Безопасные для населённых пунктов, промышленных предприятий и сооружений государственного значения расстояния до складов взрывчатых веществ зависят от ёмкости таких хранилищ и принимаются в соответствии с табл. 3.6.

Таблица 3.6 – Безопасные расстояния от складов ВВ до внешних объектов

Ёмкость наибольшего хранилища, т	Минимальное расстояние, м
До 10	800

15	1000
30	1500
60	2000
80	2250
240	3500

Емкость отдельного хранилища и его отстояние от других хранилищ должны обеспечивать невозможность передачи детонации при взрыве. Такие расстояния выбираются из специальных таблиц. Так, для тротила и пластичных ВВ, а так же и боеприпасов с их содержанием, эти расстояния будут следующими:

Масса, т	Расстояние, м	
	Тротил	Пластичное ВВ
8	40	60
16	65	100
24	85	130
32	100	145

Возможность передачи взрыва на расстояние должна учитываться при создании соответствующих производств.

3.4. Прогнозирование зон поражения при дефлаграционных взрывах газопаро-воздушных смесей

При дефлаграционных взрывах, наблюдающихся в облаках ГПВС, скорость распространения пламени по веществу меньше звуковой и может изменяться в широких пределах (обычно в пределах от 120 до 250 м/с). Характер изменения избыточного давления при таком взрыве иной, чем при детонации: его нарастание происходит медленнее, максимальное давление меньше, а продолжительность действия больше. Такое воздействие может оказаться опаснее для строительных конструкций, чем более интенсивная, но кратковременная нагрузка при детонационном взрыве.

Максимальное избыточное давление (в кПа) при $0 < a \leq 0,6$ можно определить по формуле

$$\Delta P_{\max} = 2,1 \cdot P_0 \cdot a^2 / (1 + a),$$

где $P_0 = 101,3$ – атмосферное давление, кПа; a – относительная скорость распространения пламени, м/с;

$$a = v / v_0,$$

здесь v – скорость распространения пламени, м/с; $v_0 = 340$ – скорость распространения звука в воздухе, м/с.

Принимая изменения v в пределах от 120 до 250 м/с получим изменение a в пределах от 0,353 до 0,735. Тогда при $0,353 \leq a \leq 0,6$ максимальное избыточное давление (в кПа) будет в диапазоне $19,6 \leq P_{\max} \leq 47,9$.

Зависимость величины максимального давления (в кПа) от расстояния может быть найдена по формуле

$$\Delta P_{\max}(\bar{R}) = \Delta P_{\max} / (1 + b \cdot (\bar{R} - 1)^c,$$

где $\bar{R}$ – относительное расстояние $\bar{R} \cong R / (1,7 \cdot R_0)$; R_0 – радиус начального облака ГПВС (по ранее приведённой зависимости).

Таблица 3.7 – Коэффициенты b и c для вычисления давления при дефлаграционном взрыве в зависимости от величины a

a	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
b	0,588	0,567	0,687	0,543	0,467
c	1,146	1,146	1,000	1,048	1,140

Максимальное избыточное давление при дефлаграционных взрывах не зависит от количества взрывающейся ГПВС. Поэтому понятие тротилового эквивалента не имеет смысла. Однако с увеличением объёма взрывающейся ГПВС и расстояния замедляется падение избыточного давления и растёт длительность действия воздушной ударной волны.

Пример 4.

Определить избыточное давление фронта воздушной ударной волны при дефлаграционном взрыве, произошедшем в тех же условиях, что и детонационный.

Исходные данные: 100 т пропана; расстояние 500 м.

Решение.

Ранее нами был определён радиус начального облака $R_0 = 67$ м. Тогда $\bar{R} = R / (1,7 \cdot R_0) = 500 / (1,7 \cdot 67) = 4,4$.

Принимаем $a = 0,5$ и соответственно по табл. 3.7 $b = 0,543$ и $c = 1,048$. Определим $\Delta P_{\max}$ при $a = 0,5$:

$$\Delta P_{\max} = 2,1 \cdot P_0 \cdot a^2 / (1 + a) = 2,1 \cdot 101,3 \cdot 0,5^2 / (1 + 0,5) = 35,45 \text{ кПа.}$$

Тогда максимальное давление воздушной ударной волны на расстоянии $R = 500$ м будет равно

$$\Delta P_{\max}(\bar{R}) = \Delta P_{\max} / (1 + b \cdot (\bar{R} - 1)^c) = 35,45 / (1 + 0,543 \cdot (4,4 - 1)^{1,048}) = 12 \text{ кПа.}$$

Таким образом, при дефлаграционном взрыве давление фронта воздушной ударной волны на расстоянии 500 м будет в два раза меньше, чем при детонационном.

Определение нагрузок на строительные конструкции в результате отражения и обтекания сооружения при воздействии дефлаграционной волны значительно сложнее, чем при детонационном взрыве.

Для оценок в практических расчётах эффективное значение отражённого давления можно принимать примерно равным удвоенному значению максимального давления в дефлаграционной волне (в данном случае $\Delta P = 24$ кПа).

В ряде случаев необходимо учитывать возможность образования и ветрового дрейфа облака ГПВС в сторону объекта, на котором есть условия для его подрыва.

3.5. Прогнозирование зоны теплового поражения огненным шаром

При авариях на газопроводах и хранилищах углеводородов образовавшееся облако ГПВС, переобогащённое топливом, не детонирует, а горит, образуя огненный шар. Поражающее действие огненного шара определяется интенсивностью его теплового излучения.

Размеры огненного шара и время его существования в зависимости от массы горючего газа можно определить приближёнными соотношениями:

$$R_0 = 29 \cdot M^{1/3} \text{ и } T_0 = 4,5 \cdot M^{1/3},$$

где M – половина вместимости ёмкости по массе, т; R_0 – радиус шара, м; T_0 – время существования, с.

Для промышленных аварий характерны следующие величины $M = 50$ т, $R_0 = 100$ м, $T_0 = 14$ с.

Поток излучения от огненного шара (в кВт/м²) можно выразить соотношением

$$Q_{\pi} = K_{\pi} \cdot K_v \cdot B,$$

где $K_{\pi} = R_0^2 \cdot R / (R_0^2 + R^2)^{3/2}$ – коэффициент, учитывающий угол падения теплотока (здесь $R \geq 2 \cdot R_0$ – расстояние, м); $K_v = 1 - 0,058 \cdot \ln R$ – коэффициент, учитывающий теплопроводность воздуха; B – мощность поверхностного теплоизлучения ($B = 200$ кВт/м² – для ёмкостей шарообразной формы; $B = 270$ кВт/м² – для вертикальных и горизонтальных резервуаров).

Импульс теплового излучения (в кДж / м²) $Q_{\text{ти}} = Q_{\pi} \cdot T_0$.

Таблица 3.8 – Импульсы теплового излучения, вызывающие воспламенение материалов

Материал	Импульсы теплового излучения (в МДж/м ²) при времени импульса (в с)			
	1,56	3,16	8,71	24,0
Древесина сухая	0,58	0,67	0,88	1,00
Кровля (толь, рубероид)	0,54	0,59	0,67	0,84
Сукно серое, брезент, кожа коричневая	0,62	0,70	0,84	1,62
Стружка, солома	0,12	0,17	0,21	0,25

В справочнике "Метрологическое обеспечение безопасности труда" (Т. 1, – М.: Изд-во Госстандарт, 1989) указывается, что предельно допустимой поверхностной плотностью теплового потока следует считать (принимать) величину 0,5 кВт/м², а средней предельно безопасной – 2,5 кВт/м². В некоторых справочниках предельно безопасный радиус (радиус эвакуации) для человека принимают равным 3,1–3,6 R_0 .

Пример 5.

Исходя из принятых критериев безопасности определить размеры огненного шара и безопасное для людей расстояние по теплоизлучению огненного шара при аварийном вскрытии заполненного пропаном шарообразного резервуара ёмкостью 1000 т.

Решение.

Определим предполагаемый радиус огненного шара при $M = 500$ т (половина вместимости ёмкости по массе):

$$R_0 = 29 \cdot M^{1/3} = 29 \cdot 500^{1/3} = 230 \text{ м.}$$

Время существования огненного шара

$$T_0 = 4,5 \cdot M^{1/3} = 4,5 \cdot 500^{1/3} = 35,7 \text{ с.}$$

Если исходить из величины безопасного радиуса 3,5 R_0 , то:

$$R_6 = 3,5 \cdot R_0 = 3,5 \cdot 230 = 800 \text{ м.}$$

Определим поток теплоизлучения и импульс на этом расстоянии:

$$K_{\pi} = R_0^2 \cdot R_6 / (R_0^2 + R_6^2)^{3/2} = 230^2 \cdot 800 / (230^2 + 800^2)^{3/2} = 0,073;$$

$$K_v = 1 - 0,058 \cdot \ln R = 1 - 0,058 \cdot \ln 800 = 0,612.$$

Для ёмкостей шарообразной формы $B = 200$ кВт / м², тогда поток теплоизлучения равен:

$$Q_{\pi} = K_{\pi} \cdot K_v \cdot B = 0,612 \cdot 0,073 \cdot 200 = 8,935 \text{ кВт/м}^2.$$

Импульс теплоизлучения равен:

$$Q_{\text{ти}} = Q_{\text{и}} \cdot T_0 = 8,935 \cdot 35,7 = 319 \text{ кДж} / \text{м}^2.$$

Определить безопасное расстояние при $Q_{\text{ти}} = 0,5 \text{ кВт/м}^2$ можно подбором коэффициентов $K_{\text{п}}$ и $K_{\text{в}}$. Так, при $R_6 = 3350 \text{ м}$ $Q_{\text{п}} \cong 0,5 \text{ кВт/м}^2$ (при потоке большой длительности). Для $Q_{\text{п}} = 2,5 \text{ кВт/м}^2$ $R_6 = 1530 \text{ м}$. Следовательно, расстояния 1530–3350 м следует считать опасными.

Таблица 3.9 – Исходные данные для прогнозирования зон поражения при взрывах ВВ и ГПВС.

№ варианта	Взрывчатые вещества	Масса ВВ, кг	Расстояние до объекта по (табл. 3.4), R, м	Горючий компонент (ГПВС)	Емкость, Q, т	Расстояние, R, м
1	Тротил	50	100	Аммиак	170	200
2	Гексоген	100	100	Ацетилен	175	250
3	Тэн	150	200	Бутан	180	300
4	Октоген	200	200	Водород	100	150
5	Алюмотол	250	250	Метан	100	180
6	Акванал	450	300	Этан	110	200
7	Гранулит М	500	300	Пропан	120	250
8	Аммонал-200	750	400	Этилен	100	300
9	Аммонит	100	100	Угарный газ	150	100
10	Тротил	250	90	Аммиак	130	100
11	Гексоген	500	100	Ацетилен	300	100
12	Тэн	450	150	Бутан	140	150
13	Октоген	400	200	Водород	150	200
14	Алюмотол	350	300	Метан	140	300
15	Акванал	300	400	Этан	150	250
16	Гранулит М	250	220	Пропан	160	300
17	Аммонал-200	200	150	Этилен	170	300
18	Аммонит	150	100	Аммиак	180	200
19	Тротил	100	120	Ацетилен	190	400
20	Гексоген	250	200	Бутан	1000	500
21	Тэн	60	100	Водород	200	250
22	Октоген	70	120	Метан	500	300
23	Алюмотол	80	150	Этан	250	100
24	Акванал	90	150	Пропан	300	120
25	Гранулит М	100	160	Этилен	100	100
26	Аммонал-200	120	100	Аммиак	150	120
27	Аммонит	130	90	Ацетилен	100	50
28	Гексоген	300	200	Бутан	120	60
29	Тэн	500	300	Водород	100	70
30	Октоген	1000	400	Угарный газ	110	80
31	Тротил	120	220	Ацетилен	200	400
32	Акванал	450	300	Этан	110	200
33	Гексоген	250	200	Угарный газ	800	500
34	Тэн	150	200	Бутан	180	300
35	Октоген	500	300	Водород	150	200
36	Гранулит М	500	300	Пропан	120	250
37	Аммонал-200	250	150	Этан	170	300
38	Алюмотол	350	300	Метан	140	300
39	Акванал	300	400	Этан	150	250
40	Гранулит М	350	320	Пропан	260	300
41	Тротил	150	140	Аммиак	170	200
42	Тэн	150	200	Бутан	180	300
43	Акванал	300	400	Угарный газ	150	250
44	Аммонит	100	100	Угарный газ	150	100

45	Аммонит	130	100	Бутан	150	100
46	Октоген	200	200	Водород	100	150
47	Алюмотол	250	250	Метан	100	180
48	Акванал	450	300	Этан	110	200
49	Гранулит М	500	300	Пропан	120	250
50	Аммонал-200	750	400	Этилен	100	300
51	Аммонит	100	100	Угарный газ	150	100
52	Тротил	250	90	Аммиак	130	100
53	Тэн	450	150	Бутан	140	150
54	Октоген	400	200	Водород	150	200
55	Алюмотол	350	300	Метан	140	300
56	Акванал	300	400	Этан	150	250
57	Гранулит М	250	220	Пропан	160	300
58	Акванал	350	200	Пропан	110	200
59	Алюмотол	270	250	Метан	100	170
60	Аммонал-200	750	400	Этилен	100	300
61	Аммонит	100	100	Угарный газ	150	100
62	Октоген	70	120	Водород	400	300
63	Аммонит	100	100	Угарный газ	150	100
64	Тротил	250	90	Аммиак	130	100
65	Гексоген	500	100	Ацетилен	300	100
66	Октоген	70	120	Метан	500	300
67	Алюмотол	80	150	Этан	250	100
68	Акванал	90	150	Пропан	300	120
69	Алюмотол	350	300	Метан	140	300
70	Акванал	300	400	Этан	150	250
71	Гранулит М	350	320	Пропан	260	300
72	Гексоген	400	100	Аммиак	200	100
73	Тэн	450	150	Бутан	140	150
74	Гексоген	100	100	Ацетилен	175	250
75	Аммонал-200	750	400	Этилен	100	300
76	Тротил	250	90	Аммиак	130	100
77	Тротил	100	120	Ацетилен	190	400
78	Гексоген	250	200	Бутан	1000	500
79	Тэн	60	100	Водород	200	250
80	Октоген	70	120	Метан	500	300
81	Алюмотол	80	150	Этан	250	100
82	Акванал	90	150	Пропан	300	120
83	Гранулит М	250	220	Пропан	160	300
84	Акванал	350	200	Пропан	110	200
85	Алюмотол	270	250	Метан	100	170
86	Аммонал-200	750	400	Этилен	100	300
87	Аммонит	100	100	Угарный газ	150	100
88	Октоген	70	120	Водород	400	300
89	Аммонит	100	100	Угарный газ	150	100
90	Тротил	250	90	Аммиак	130	100
91	Гексоген	500	100	Ацетилен	300	100
92	Октоген	70	120	Метан	500	300
93	Алюмотол	80	150	Этан	250	100
94	Акванал	90	150	Пропан	300	120
95	Алюмотол	350	300	Метан	140	300
96	Тэн	450	150	Бутан	140	150
97	Гексоген	165	100	Метан	175	250
98	Тротил	200	120	Пропан	200	300
99	Гранулит М	250	220	Пропан	160	300
100	Акванал	350	180	Этан	120	200

3.6. Прогнозирование и оценка обстановки при пожарах

Прогнозирование и оценка пожарной обстановки необходимы для планирования мероприятий по повышению противопожарной устойчивости промышленных объектов, населенных пунктов и создания необходимых условий для противопожарного обеспечения аварийно-спасательных и других неотложных работ при ликвидации аварий, связанных с взрывами и пожарами.

Под *пожарной обстановкой* понимаются масштабы и плотность пожаров, возникающих и развивающихся на промышленных объектах и в прилегающих к ним объектах и лесных массивах, оказывающие влияние на работу объектов, жизнедеятельность их персонала и населения, а также на ликвидацию последствий аварий.

Пожарная обстановка зависит от:

- 1) метеорологических условий (облачность, направление и скорость ветра, сезон года);
- 2) огнестойкости и этажности зданий;
- 3) плотности застройки;
- 4) пожарной опасности производства;
- 5) класса пожарной опасности.

Скорость распространения огня во многом зависит от скорости ветра. Так, при ветре до 25 км/ч она достигает 120–300 м/ч в городах с деревянной застройкой, 60–120 м/ч с постройками повышенной огнестойкости.

При слабом ветре в населенных пунктах площадью более 2,5 км² со сплошной застройкой могут возникнуть пожары особого рода – огненные штормы, которые длятся несколько часов и даже суток (в Хиросиме огненный шторм продолжался 9 часов). Температура воздуха в зоне огненного шторма становится настолько высокой, что воспламеняются почти мгновенно все материалы, способные гореть. Скорость воздушного потока к центру очага достигает 50–60 км/ч.

Под *огнестойкостью* строительных элементов и конструкций зданий и сооружений понимают их способность не достигать при огневом воздействии предельного состояния огнестойкости. Таким образом, основной характеристикой огнестойкости строительных элементов и конструкций является предел огнестойкости.

Пределом огнестойкости называется отрезок времени до возникновения предельных состояний огнестойкости: образования в конструкциях сквозных трещин или сквозных отверстий, через которые проникают продукты горения или пламени или потери несущей способности (обрушение).

Плотность застройки (Π_3) – процентное отношение суммы площадей зданий и сооружений (в плане) $S_{зд}$ к площади территории $S_{тер}$, на которой они расположены в пределах всей территории промышленного объекта:

$$\Pi_3 = \frac{\sum S_{зд} \cdot 100\%}{S_{тер}}.$$

Плотность застройки оказывает значительное влияние на развитие пожаров в застройке, т.к. характеризуется расположением зданий и сооружений и расстояниями между ними (табл. 3.8).

Таблица 3.10 – Среднее расстояние между зданиями и сооружениями в зависимости от плотности застройки

Плотность застройки, %	5	20	30	40	50	60
Расстояние между зданиями	100	50	30	22	12	8

Сложная пожарная обстановка, т.е. сплошные пожары могут возникнуть на участках, застроенных преимущественно:

- 1) зданиями и сооружениями IV и V степени огнестойкости при плотности застройки не менее 15%;
- 2) зданиями и сооружениями III степени огнестойкости при плотности застройки не менее 20%;
- 3) зданиями и сооружениями I и II степени огнестойкости при плотности застройки не менее 30%.

Огневые шторы могут возникать на участках с плотностью застройки не менее 20% зданиями и сооружениями III, IV, V степени огнестойкости. На остальных участках городской застройки могут возникнуть отдельные пожары.

Оценка пожарной обстановки осуществляется с целью определения степени влияния пожара на устойчивость работы отдельных элементов и объекта в целом, рубежей локализации пожара и выработки предложений по выбору наиболее целесообразных действий пожарных подразделений и формирований ГО по локализации и тушению пожара, эвакуации персонала объекта, населения и материальных ценностей из зоны пожара и др.

При выявлении пожарной обстановки определяется удельная пожарная нагрузка

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{m_i Q_i}{S},$$

где m_i – масса горючего вещества или материала, кг;

Q_i – количество тепла, выделяемого при сгорании 1 кг вещества, МДж/кг;

S – площадь пожара (в многоэтажных зданиях умножить на число этажей, охваченных пожаром), м²;

n – количество видов горючих материалов.

Если горючие материалы учитываются в кубических метрах (древесина, графит), то используется зависимость $m_i = \rho_i V_i$

где ρ_i – плотность, кг/м³;

V_i – объем этого материала, м³.

Форма площади развивающегося пожара является основой для определения расчетной схемы, направлений сосредоточения сил и средств тушения, а также требуемого их количества. Для определения расчетной схемы реальную форму площади пожара приводят к фигурам правильной геометрической формы: кругу с радиусом R (при круговой форме), прямоугольнику с шириной стороны a и длиной b (при прямоугольной форме), сектору круга с радиусом R и углом α (при угловой).

Геометрические и физические параметры, характеризующие обстановку в зависимости от форм площади пожара, определяют по формулам, приведенным в таблице 3.9.

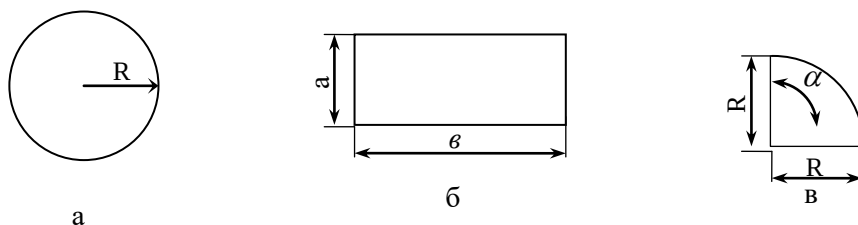


Рис. 3.1 – Расчетные схемы по формам площади пожара а – круг; б – прямоугольник; в – сектор

Таблица 3.11 – Формулы для определения основных геометрических и физических параметров в зависимости от формы площади пожара

Определяемая величина	Форма площади пожара		
	круговая	угловая	прямоугольная
Площадь пожара	$S_n = \pi \cdot R^2$	$S_n = 0,5 \cdot \alpha \cdot R^2$	$S_n = a \cdot b$. При развитии в двух направлениях $S_n = a \cdot (b_1 + b_2)$
Периметр пожара	$P_n = 2\pi R$	$P_n = R \cdot (2 + \alpha)$	$P_n = 2 \cdot (a + b)$ $P_n = 2 \cdot [a + (b_1 + b_2)]$
Фронт пожара	$\Phi_n = 2\pi R$	$\Phi_n = \alpha \cdot R$	$\Phi_n = n \cdot a$
Линейная скорость распространения горения	$v_n = R / \tau$		$v_n = b / \tau$
Скорость роста площади пожара	$v_s = S_n / \tau$		
Скорость роста периметра пожара	$v_p = P_n / \tau$		$v_p = 2 \cdot v_n$
Скорость роста фронта пожара	$v_\phi = \Phi_n / \tau$		Не изменяется
Площадь горения	$S_g = \mu \cdot S_n$		

Примечания:

R и b – приведенные радиус и длина площади пожара, определяют измерением или по формулам: $R = v_n \cdot \tau$; $b = v_n \cdot \tau$.

v_n – линейная скорость распространения горения, м/мин, вычисляют по данным оценки обстановки пожара или принимают по справочным данным;

τ – время распространения горения до момента локализации пожара, мин;

α – угол, внутри которого происходит развитие пожара, рад (1 рад $\approx 57^\circ$);

n – число направлений развития пожара в горизонтальной проекции;

μ – коэффициент горючей загрузки или застройки, равный <1 (принимается по данным характеристики объекта).

Определение основных параметров пожара производят в следующем порядке: вычерчивают план (схему) объекта в масштабе; находят возможную длину пути распространения горения R или b ; полученный размер пути наносят в масштабе на план объекта и обозначают форму площади пожара; условными знаками обозначают на плане возможную обстановку на пожаре; по форме площади пожара устанавливают расчетную схему; определяют необходимые параметры пожара.

Круговая форма площади встречается, когда пожар возникает в глубине большого участка с пожарной нагрузкой и при относительно безветренной погоде распространяется во все стороны примерно с одинаковой скоростью (склады лесоматериалов, хлебные массивы).

Угловая форма характерна для пожара, который возникает на границе большого участка с пожарной нагрузкой и распространяется внутри угла при любых метеорологических условиях. Чаще всего эта форма встречается на участках с углом 90° и 180° на тех же объектах, что и круговая.

Прямоугольная форма площади встречается, когда пожар возникает на границе или в глубине длинного участка с горючей загрузкой и распространяется в одном или нескольких направлениях: по ветру – с большей, против ветра – с меньшей, а при относительно безветренной погоде примерно с одинаковой скоростью (длинные здания небольшой ширины любого назначения и конфигурации, ряды жилых домов с надворными постройками в сельских населенных пунктах и т.д.).

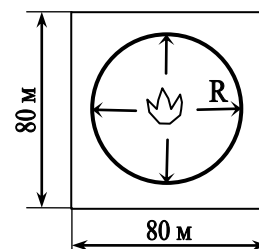
Пример 1. Определить возможную обстановку на пожаре, а также основные параметры его развития, если горение возникнет в центре склада деревообрабатывающего цеха размером 80×80 м и будет распространяться в течение 30 мин со средней линейной скоростью $0,9$ м/мин, горючая загрузка склада 70% . Всего на складе 240 м^3 древесины.

Решение

1. Находим возможную длину пути распространения горения

$$R = v_n \cdot \tau = 0,9 \cdot 30 = 27 \text{ м.}$$

2. Полученный размер пути наносим в масштабе на схему объекта, обозначаем форму площади и возможную обстановку пожара



3. Определяем основные параметры пожара, используя формулы из табл. 1.

Площадь пожара $S_n = \pi R^2 = 3,14 \cdot 27^2 \approx 2290 \text{ м}^2$;

Периметр пожара $P_n = 2\pi R = 170 \text{ м}$;

Фронт пожара $\phi_n = P_n = 170 \text{ м}$;

Скорость роста площади пожара $v_s = \frac{S_n}{\tau} = \frac{2290}{30} = 76,3 \text{ м}^2/\text{мин}$;

Скорость роста периметра пожара $v_p = \frac{P_n}{\tau} = \frac{170}{30} = 5,6 \text{ м}/\text{мин}$;

Скорость роста фронта пожара $v_\phi = v_p = 5,6 \text{ м}/\text{мин}$;

Площадь горения $S_z = \mu \cdot S_n = 0,7 \cdot 2290 = 1603 \text{ м}^2$.

4. Удельная пожарная нагрузка $P = \sum_{i=1}^n \frac{m_i \cdot Q_i}{S} = \frac{\rho \cdot V \cdot Q}{S}$,

где $\rho = 600 \text{ кг}/\text{м}^3$ (табл. 2); $Q = 16,5 \text{ МДж}/\text{кг}$.

$$P = \frac{600 \cdot 240 \cdot 16,5}{2290} = 1038 \text{ МДж}/\text{м}^2.$$

5. По таблице 3 производится оценка пожарной обстановки.

Пожарная опасность данного склада относится к первому виду пожарной нагрузки, т.е. загоранию твердых материалов. Это характеризуется показателем пожарной опасности K_1 :

$$K_1 = 0,049 + X_1 + X_2 + X_3,$$

где X_1 – зависит от площади пожара (табл. 4);

X_2 – характеризует архитектурно-планировочные особенности застройки и огнестойкость мест хранения (табл. 5);

X_3 – показатель, зависящий от удельной пожарной нагрузки (табл. 6):

$$K_1 = 0,049 + 0,138 + 0,27 + 0,217 = 0,674$$

Следовательно:

- категория пожара «3»;
- вид используемого огнетушащего вещества – вода;
- необходимое количество единиц пожарной техники – 5-7;
- требуемый удельный расход воды – 150-270 л/м²;
- время тушения – 3-7 ч.

Пример.2 На складе ГСМ (открытая площадка с обваловкой размером 40×80 м, цистерна с бензином – 60 т) возник пожар с разрушением емкости и разливом бензина. Горение распространяется под действием ветра в двух направлениях в течение 2 мин. Горючая загрузка склада 90 %. Возможная длина пути распространения горения $v_1 = 20$ м, $v_2 = 40$ м. Оценить пожарную обстановку.

Решение

1. Размер пути наносим в масштабе на схему объекта, обозначаем форму площади и возможную обстановку пожара.

2. Определяем основные параметры пожара, используя формулы из табл. 3.9:

Площадь пожара $S_n = a \cdot (v_1 + v_2) = 40 \cdot (20 + 40) = 2400$ м²;

Периметр пожара $P_n = 2 \cdot [a + (v_1 + v_2)] = 2 \cdot [40 + (20 + 40)] = 200$ м;

Фронт пожара $\Phi_n = n \cdot a = 2 \cdot 40 = 80$ м;

Линейная скорость распространения горения

$$v_n = \frac{v}{\tau} = 60/2 = 30 \text{ м/мин};$$

Скорость роста площади пожара

$$v_s = \frac{S_n}{\tau} = 2400/2 = 1200 \text{ м}^2/\text{мин};$$

Скорость роста периметра пожара

$$v_n = \frac{P_n}{\tau} = 200/2 = 100 \text{ м/мин};$$

Площадь горения

$$S_g = \mu \cdot S_n = 0,9 \cdot 2400 = 2160 \text{ м}^2$$

3. Удельная пожарная нагрузка

$$P = \frac{m \cdot Q}{S} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 43,6}{2400} = 1090 \text{ МДж /м}^2.$$

4. По табл. 3.10 определяется показатель пожарной обстановки для жидких материалов

$$K_2 = 0,099 + X_1 + X_2 + X_3,$$

где $X_1 = 0,138$ (табл. 3.12, т.к. площадь пожара 2400 м²);

$X_2 = 0,27$ (табл. 3.13, открытая площадка);

$X_3 = 0,217$ (табл. 3.14, т.к. $P = 1090$ МДж/м²).

$$K_2 = 0,099 + 0,138 + 0,27 + 0,217 = 0,724.$$

Получаем, что

- категория пожара – «3»;
- вид необходимого огнетушащего вещества – пена;

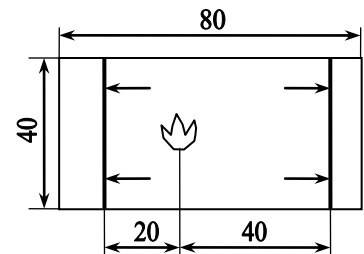


Рис. 3.4. Расчетная схема

- требуемое количество единиц пожарной техники – не менее 20;
- необходимый удельный расход пены – не менее 145 л/м²;
- время тушения пожара – не менее 12 ч.

Таблица 3.12 – Количество тепла и плотность горючего материала

Горючий материал	Q, МДж/кг	ρ, кг/м ³
Ацетон	31	792
Бензин	43,6	750
Бензол	40,8	879
Битум	42	–
Бумага	13,4	980
Древесина	16,5	600
Керосин	43,2	810
Лак ХВЛ-21	35	830
Нитроэмаль НЦ-25	32,1	840
Нефть	39	850
Полиэтилен	47,1	–
Резина	33,5	–

Таблица 3.13 – Оценка пожарной обстановки

Параметр	Показатель пожарной опасности К		
	до 0,35	0,36–0,50	0,51–1,00
Категория пожара	1	2	3
Пожарная нагрузка для твердых горючих материалов ($K_1 = 0,049 + X_1 + X_2 + X_3$):			
количество единиц основной пожарной техники	2–3	3–5	5–7
вид и удельный расход огнетушащего средства, л/м ²	Вода, 64–150	Вода, 116–270	Вода, 150–270
время тушения, ч	до 1	2,0–4,5	3–7
Пожарная нагрузка для ЛВГЖ (жидкие материалы) ($K_2 = 0,099 + X_1 + X_2 + X_3$):			
количество единиц основной пожарной техники	3–5	4–7	20–28
вид и удельный расход огнетушащего средства, л/м ²	Пена, 80–130	Пена, 145–230	Пена, 145–230
время тушения, ч	1–2,5	1,5–2,5	12–18

Таблица 3.14 – Показатель X_1 , характеризующую возможную площадь пожара

Площадь S, м ²	X_1
До 100	0,028
101–250	0,055
250–500	0,082
500–1000	0,110
1000–3000	0,138
3000–10000	0,165
10000–30000	0,192
Свыше 30000	0,220

Таблица 3.15 – Показатель X_2 , характеризующий огнестойкость и архитектурно-планировочные особенности застройки

Характеристика	X_2
Строения I и II степени огнестойкости, т.е. их основные конструкции выполнены из негорючих материалов	0,09
Строения III степени огнестойкости, т.е. с каменными стенами и деревянными оштукатуренными перекрытиями. Строения, имеющие негорючие ограждения, с пределом ог-	0,18

нестойкости более 30 мин	
Строения IV и V степени огнестойкости, т.е. деревянные или деревянные оштукатуренные. Строения, имеющие несгораемые ограждения. Открытые площадки, открытые склады, подземные резервуары с ЛВГЖ	0,27

Таблица 3.16 – Показатель X_3 , характеризующий удельную пожарную нагрузку

Удельная пожарная нагрузка, МДж/м ²	X_3
До 330	0,072
330...825	0,145
825...2500	0,217
2500...5800	0,290
свыше 5800	0,362

Таблица 3.17 – Исходные данные для прогнозирования и оценки обстановки при пожарах

№ варианта	Место возникновения пожара	Размеры объекта, м	Время распространения, мин	Ср. линейная скорость распространения горения, м/мин	Горючая загрузка, %	Количество материала, м ³ , кг
1	центр склада деревообрабатывающего цеха	60×60	20	0,9	60	Древесина-90 м ³ , резина – 200 кг, полиэтилен – 320 кг
2	центр стены Г-образного здания цеха мебельной фабрики I степени огнестойкости	20×50	30	1,1	80	Древесина – 180 м ³
3	центр складской площадки тарной базы IV степени огнестойкости	110×110	25	0,9	80	170 м ³ древесины, бумаги – 1800 кг, полиэтилена – 1300 кг
4	склад канцелярских товаров I степени огнестойкости	20×30	25	1,3	80	1800 кг тетрадей, полиэтилена 900 кг, резины 700 кг
5	склад ЛВГЖ I степени огнестойкости	30×30	0,6	20	70	20 т ацетона и 15 т бензола
6	Здание цеха оконных блоков II степени огнестойкости	50×80	25	1,9	80	древесина для оконных блоков – 130 м ³
7	граница склада канцелярских товаров III степени огнестойкости	10×30	25	1,2	60	1800 кг тетрадей, полиэтилена 500 кг, резины 400 кг
8	центр складской площадки тарной базы IV степени огнестойкости	60×60	15	0,9	80	80 м ³ древесины, бумаги – 800 кг, полиэтилена – 1300 кг
9	Здание цеха оконных блоков II степени огнестойкости размером	40×70	25	0,7	60	древесина для оконных блоков – 70 м ³
10	граница склада канцелярских товаров III степени огнестойкости	20×40	15	1,2	80	1200 кг тетрадей, полиэтилена 500 кг, резины 400 кг.
11	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	30×60	30	1,2	60	50 м ³ древесины
12	центр у стены Г-образного здания цеха мебельной фабрики I степени огнестойкости	20×50	30	1,1	60	140 м ³ древесины, резины – 500 кг, полиэтилена – 620 кг
13	цех оконных блоков II степени огнестойкости	50×80	35	0,9	70	110 м ³ древесины
14	центр склада деревообрабатывающего цеха	120×120	30	1,3	70	280 м ³ древесины.
15	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	60×90	20	1,5	60	140 м ³ древесины
16	склад ГСМ	20×50	1	$b_1 = 15$ м, $b_2 = 35$ м	90	бензин – 30 т
17	центр у стены Г-образного здания цеха мебельной фабрики I степени огнестойкости	30×70	20	1,3	70	80 м ³ древесины, резины – 80 кг, полиэтилена – 120

	стойкости					
18	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	40×60	20	1,5	60	20 м ³ древесины
19	центр складской площадки тарной базы IV степени огнестойкости	90×90	15	0,9	80	40 м ³ древесины, бумаги – 500 кг, полиэтилена – 300 кг.
20	центре у стены Г-образного здания цеха мебельной фабрики I степени огнестойкости	30×70	20	1,3	70	80 м ³ древесины, резины – 80 кг, полиэтилена – 120 кг
21	цех оконных блоков II степени огнестойкости	40×70	25	0,7	60	древесина для оконных блоков – 70 м ³
22	центр склада деревообрабатывающего цеха	70×70	25	1,3	60	200 м ³ древесины
23	центре складской площадки тарной базы IV степени огнестойкости	90×90	15	0,9	80	40 м ³ древесины, бумаги – 500 кг, полиэтилена – 300 кг
24	цех оконных блоков II степени огнестойкости	30×60	30	1,2	60	50 м ³ древесины
25	центр склада деревообрабатывающего цеха	60×60	20	1,2	80	180 м ³ древесины
26	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	40×60	20	1,5	60	20 м ³ древесины
27	цех оконных блоков II степени огнестойкости	50×80	35	0,8	50	древесина для оконных блоков – 90 м ³
28	центр складской площадки тарной базы IV степени	80×80	15	0,9	80	70 м ³ древесины, бумаги – 800 кг, полиэтилена – 1300 кг
29	склад ГСМ	20×40	1	b ₁ =10 м, b ₂ =30 м	90	бензин – 40 т
30	склад канцелярских товаров I степени огнестойкости	10×20	15	1,6	80	2800 кг бумаги полиэтилена 1000 кг, резины 500 кг
31	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	30×60	30	1,2	85	150 м ³ древесины
32	центр склада деревообрабатывающего цеха	50×50	20	1,6	60	Древесина-90 м ³ , резина – 200 кг, полиэтилен – 320 кг
33	склад ЛВГЖ I степени огнестойкости	30×30	0,6	20	70	30 т ацетона и 25 т бензола
34	склад нефтепродуктов	20×50	2	b ₁ =15 м, b ₂ =35 м	90	нефть – 80 т
35	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	40×60	20	1,5	60	20 м ³ древесины
36	центр стены Г-образного здания цеха мебельной фабрики I степени огнестойкости	20×50	30	1,1	80	Древесина – 180 м ³
37	центр складской площадки тарной базы IV степени огнестойкости	90×90	25	0,9	80	150 м ³ древесины, бумаги – 1800 кг, полиэтилена – 1300 кг
38	склад канцелярских товаров I степени огнестойкости	20×30	25	1,3	80	1800 кг тетрадей, полиэтилена 900 кг, резины 700 кг
39	граница склада канцелярских товаров III степени огнестойкости	10×30	25	1,2	60	2800 кг бумаги, полиэтилена 500 кг, резины 400 кг
40	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	30×60	30	1,2	60	50 м ³ древесины
41	цех оконных блоков II степени огнестойкости	50×80	35	0,9	70	110 м ³ древесины
42	центр склада деревообрабатывающего цеха	120×120	30	1,3	70	280 м ³ древесины.
43	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	60×90	20	1,5	60	140 м ³ древесины
44	склад ГСМ	20×50	1	b ₁ =15 м, b ₂ =35 м	90	бензин – 30 т
45	центр у стены Г-образного здания цеха мебельной фабрики I степени огнестойкости	30×70	20	1,3	70	80 м ³ древесины, резины – 80 кг, полиэтилена – 120
46	центр склада деревообрабатывающего цеха	70×70	25	1,3	60	200 м ³ древесины
47	центре складской площадки	90×90	15	0,9	80	40 м ³ древесины, бума-

	тарной базы IV степени огнестойкости					ги – 500 кг, полиэтилена – 300 кг
48	цех оконных блоков II степени огнестойкости	30×60	30	1,2	60	50 м ³ древесины
49	центр склада деревообрабатывающего цеха	60×60	20	1,2	80	180 м ³ древесины
50	цех оконных блоков II степени огнестойкости	50×80	35	0,8	50	древесина для оконных блоков – 90 м ³
51	центр складской площадки тарной базы IV степени	80×80	15	0,9	80	70 м ³ древесины, бумаги – 800 кг, полиэтилена – 1300 кг
52	склад ГСМ	20×40	1	b ₁ = 10 м, b ₂ = 30 м	90	бензин – 40 т
53	склад канцелярских товаров I степени огнестойкости	10×20	15	1,6	80	2800 кг бумаги полиэтилена 1000 кг, резины 500 кг
54	склад канцелярских товаров I степени огнестойкости	10×20	15	1,6	80	2800 кг бумаги полиэтилена 1000 кг, резины 500 кг
55	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	30×60	30	1,2	85	150 м ³ древесины
56	центр склада деревообрабатывающего цеха	50×50	20	1,6	60	Древесина-90 м ³ , резина – 200 кг, полиэтилен – 320 кг
57	склад ЛВГЖ I степени огнестойкости	30×30	0,6	20	70	30 т ацетона и 25 т бензола
58	склад нефтепродуктов	20×50	2	b ₁ = 15 м, b ₂ = 35 м	90	нефть – 80 т
59	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	40×60	20	1,5	60	20 м ³ древесины
60	склад канцелярских товаров I степени огнестойкости	20×30	25	1,3	80	1800 кг тетрадей, полиэтилена 900 кг, резины 700 кг
61	склад ЛВГЖ I степени огнестойкости	30×30	0,6	20	70	20 т ацетона и 15 т бензола
62	здание цеха оконных блоков II степени огнестойкости	50×80	25	1,9	80	древесина для оконных блоков – 130 м ³
63	граница склада канцелярских товаров III степени огнестойкости	10×30	25	1,2	60	1800 кг тетрадей, полиэтилена 500 кг, резины 400 кг
64	центр складской площадки тарной базы IV степени огнестойкости	60×60	15	0,9	80	80 м ³ древесины, бумаги – 800 кг, полиэтилена – 1300 кг
65	Здание цеха оконных блоков II степени огнестойкости размером	40×70	25	0,7	60	древесина для оконных блоков – 70 м ³
66	склад канцелярских товаров I степени огнестойкости	20×30	25	1,3	80	1800 кг тетрадей, полиэтилена 900 кг, резины 700 кг
67	склад ЛВГЖ I степени огнестойкости	30×30	0,6	20	70	20 т ацетона и 15 т бензола
68	Здание цеха оконных блоков II степени огнестойкости	50×80	25	1,9	80	древесина для оконных блоков – 130 м ³
69	граница склада канцелярских товаров III степени огнестойкости	10×30	25	1,2	60	1800 кг тетрадей, полиэтилена 500 кг, резины 400 кг
70	центр у стены Г-образного здания цеха мебельной фабрики I степени огнестойкости	30×70	20	1,3	70	80 м ³ древесины, резины – 80 кг, полиэтилена – 120
71	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	40×60	20	1,5	60	20 м ³ древесины
72	центр складской площадки тарной базы IV степени огнестойкости	90×90	15	0,9	80	40 м ³ древесины, бумаги – 500 кг, полиэтилена – 300 кг.
73	центре у стены Г-образного здания цеха мебельной фабрики I степени огнестойкости	30×70	20	1,3	70	80 м ³ древесины, резины – 80 кг, полиэтилена – 120 кг
74	цех оконных блоков II степени огнестойкости	40×70	25	0,7	60	древесина для оконных блоков – 70 м ³

75	центр склада деревообрабатывающего цеха	70×70	25	1,3	60	200 м ³ древесины
76	центре складской площадки тарной базы IV степени огнестойкости	90×90	15	0,9	80	40 м ³ древесины, бумаги – 500 кг, полиэтилена – 300 кг
77	цех оконных блоков II степени огнестойкости	40×70	25	0,7	60	древесина для оконных блоков – 70 м ³
78	центр склада деревообрабатывающего цеха	70×70	25	1,3	60	200 м ³ древесины
79	центре складской площадки тарной базы IV степени огнестойкости	90×90	15	0,9	80	40 м ³ древесины, бумаги – 500 кг, полиэтилена – 300 кг
80	цех оконных блоков II степени огнестойкости	30×60	30	1,2	60	50 м ³ древесины
81	центр склада деревообрабатывающего цеха	60×60	20	1,2	80	180 м ³ древесины
82	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	40×60	20	1,5	60	20 м ³ древесины
83	цех оконных блоков II степени огнестойкости	50×80	35	0,8	50	древесина для оконных блоков – 90 м ³
84	центр складской площадки тарной базы IV степени	80×80	15	0,9	80	70 м ³ древесины, бумаги – 800 кг, полиэтилена – 1300 кг
85	граница склада канцелярских товаров III степени огнестойкости	20×40	15	1,2	80	1200 кг тетрадей, полиэтилена 500 кг, резины 400 кг.
86	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	30×60	30	1,2	60	50 м ³ древесины
87	центр у стены Г-образного здания цеха мебельной фабрики I степени огнестойкости	20×50	30	1,1	60	140 м ³ древесины, резины – 500 кг, полиэтилена – 620 кг
88	цех оконных блоков II степени огнестойкости	50×80	35	0,9	70	110 м ³ древесины
89	центр склада деревообрабатывающего цеха	120×120	30	1,3	70	280 м ³ древесины.
90	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	60×90	20	1,5	60	140 м ³ древесины
91	склад ГСМ	20×50	1	$b_1 = 15 \text{ м}, b_2 = 35 \text{ м}$	90	бензин – 30 т
92	центр у стены Г-образного здания цеха мебельной фабрики I степени огнестойкости	30×70	20	1,3	70	80 м ³ древесины, резины – 80 кг, полиэтилена – 120
93	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	40×60	20	1,5	60	20 м ³ древесины
94	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	30×60	30	1,2	60	50 м ³ древесины
95	цех оконных блоков II степени огнестойкости	50×80	25	0,9	70	110 м ³ древесины
96	центр склада деревообрабатывающего цеха	120×120	30	1,3	70	280 м ³ древесины.
97	угол мебельного цеха II степени огнестойкости	60×90	20	1,5	60	140 м ³ древесины
98	склад ГСМ	30×50	1	$b_1 = 15 \text{ м}, b_2 = 35 \text{ м}$	90	бензин – 30 т
99	центр у стены Г-образного здания цеха мебельной фабрики I степени огнестойкости	30×40	20	1,3	70	100 м ³ древесины, резины – 90 кг, полиэтилена – 120
100	центр склада деревообрабатывающего цеха	55×55	35	1,7	65	200 м ³ древесины

Заключение

В заключении отражается сущность выполненной работы и содержатся ответы на поставленные во введении задачи, оценку полученных результатов и рекомендации производству. Выводы должны быть четко сформулированы, иметь цифровое выражение и быть понятными без чтения основного текста курсовой работы.

Список использованной литературы

1. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Книга 1/ Под ред.: К.Е. Кочетова, В.А. Котляровского, А.В.Забегаева. – М.: АСВ, 1995. – 320 с.
2. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Книга 2/ Под ред.: К.Е. Кочетова, В.А. Котляровского, А.В.Забегаева. – М.: АСВ, 1996. – 384 с.
3. Баринов А.В. Чрезвычайные ситуации природного характера и защита от них. Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Владос-Пресс, 2003. – 496 с.
4. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда в 2 томах. 3-е изд. пер и доп. Учебник для академического бакалавриата / Беляков Г.И. (научная школа: Тверская ГСХА). Изд. «Юрайт», 2016 – т.1 – 404 с, т.2 – 352 с.
5. Безопасность жизнедеятельности в отраслях агропромышленного комплекса: Учебник / В. Г. Плющиков. – М.: КолосС, 2010.
6. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в ЧС природного и техногенного характера: Учеб. пособие/В.А. Акимов, Ю.Л. Воробьев и др. – М.: Высш. шк., 2006 – 592 с.: ил.
7. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова. 5-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2005. – 606 с.: ил.
8. Беляков Г.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве (охрана труда): Учебник для вузов. – СПб.: Издательство «Лань», 2006. – 512 с.
9. Владимиров В.А., Исаев В.С. Аварийно химически опасные вещества (АХОВ). Методика прогнозирования и оценки химической обстановки. Учебное пособие// Библиотечка журнала «Военные знания». – 2000.
10. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ Л.А. Михайлов, В.П. Соломин, А.Л. Михайлов, А.В. Старостенко и др. – СПб.: Питер, 2005. 302 с.: ил.
11. Гражданская оборона на объектах с.-х. производства: Учебное пособие для высш. с.-х. учеб. заведений/ Н.И. Акимов, В.Г. Ильин.– М.: Колос, 1984. – 335 с.: ил.
12. Гражданская оборона: Учебник для вузов/ В.Г. Атаманюк, Л.Г. Ширшев, Н.И. Акимов. Под ред. Д.И. Михайлика. – М.: Высш. шк., 1986. – 207 с.
13. ГОСТ10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные
14. Гринин А.С., Новиков В.Н. Экологическая безопасность. Защита территории и населения при ЧС: Учебное пособие. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002.– 336 с.: ил.
15. Емельянов В.М., Коханов В.Н., Некрасов П.А. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях: Учебное пособие для высшей школы/ Под ред. В.В. Тарасова. – 2-е изд. – М.: Академический Проект: Трикта, 2004. – 480 с.
16. Защита сельского населения в чрезвычайных ситуациях: Учебное пособие по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях»/ В.Н. Дедов, П.С. Дмитриев, Г.Ф. Турищев. – М.: МГАУ им В.П.Горячкина, 1998. – 140 с.
17. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. РД 34.21.122-87 Москва, 1987, Минэнерго СССР.

18. Курдюмов В.И., Зотов Б.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности. – М.: КолосС, 2005. – 216 с., [4] л. ил.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
19. Маньков В.Д. Безопасность общества и человека в современном мире: Учебное пособие. – СПб.: Политехника, 2005. – 551 с.: ил.
20. Методика оценки радиационной обстановки при разрушении энергетического реактора на атомной электростанции. МЧС РФ, ВНИИ ГОЧС. – М., 1995.
21. Методика прогнозирования масштабов заражения СДЯВ при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах. Штаб ГО СССР. – М., 1991.
22. Методические указания по выполнению курсовой работы (дисциплина Безопасность жизнедеятельности) для направления подготовки 35.03.06 – Агроинженерия / Ларкин С.В. – ЧГСХА, 2016.
23. Мугин О.Г. Безопасность жизнедеятельности. Чрезвычайные ситуации. Практические работы. – М.: Мир, 2003. – 80 с., ил.
26. Организация ГО и защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера: учебное пособие / Под общ. Ред. Г.Н. Кириллова. – М.: Институт риска и безопасности, 2009. – 536 с.
28. Пожарная безопасность электроустановок: Учебное пособие / С.С. Тимофеева, В.В. Малов – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2015. – 87 с.
30. Сергеев В.С. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях: Учебное пособие для вузов/ В.С. Сергеев. – 5-е изд. перераб. доп. – М.: Академический Проект, 2007. – 464 с.
31. Харечко В.Н. Рекомендации по молниезащите индивидуальных жилых домов, коттеджей, дачных (садовых) домов и других частных сооружений. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2002. – 176 с.
32. Черкасов В.Н., Костарев Н.П. Пожарная безопасность электроустановок: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2002. – 377 с.
33. Чрезвычайные ситуации: защита населения и территорий: Учебное пособие / В.И. Юртушкин. – М.: КНОРУС, 2008. – 368 с.
34. Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений. СН 305-77.
35. Сакулин В.П. Безопасность труда при эксплуатации сельских электроустановок. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 255 с.
36. Якобс А.И, Луковников А.В. Электробезопасность в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1981. – 239 с.

Образец титульного листа

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Чувашский государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ)

Кафедра механизации, электрификации и автоматизации СХП

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»

Тема: «Прогнозирование и оценка обстановки в условиях чрезвычайных ситуаций и расчет средств обеспечения безопасности»

Студент _____

(фамилия, имя, отчество)

Группа _____ Факультет _____

Направление подготовки (специальность) _____

Шифр _____

Руководитель _____

Чебоксары 2023

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Чувашский государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ)

Кафедра механизации, электрификации и автоматизации СХП

Студенту _____

Группа _____ Факультет _____

Направление подготовки (специальность) _____

профиль _____

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой механизации, электрификации
и автоматизации СХП

_____ С.Н. Мардарьев
_____ 20__

ЗАДАНИЕ

на выполнение курсовой работы по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»

ТЕМА: «Прогнозирование и оценка обстановки в условиях чрезвычайных ситуаций и расчет средств обеспечения безопасности»

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Вариант № _____

План курсовой работы:

1. Исходные данные.
2. Оценка химической обстановки при аварии на химически опасном объекте.
3. Прогнозирование и оценка обстановки при авариях, связанных с взрывами и пожарах.

ВЫПОЛНИТЬ:

1. Дать производственно-техническую характеристику предприятия. Выявить основные существующие опасности производственного процесса и их потенциальное воздействие на организм человека и окружающую среду.

2. На основе методических указаний к курсовой работе, материалов занятий и исходных данных оценить возможную обстановку по заданной ситуации.

К ЗАЩИТЕ ПРЕДСТАВИТЬ:

Курсовую работу, включающую:

Оглавление

Введение

1 раздел. Исходные данные.

2 раздел. Оценка химической обстановки при аварии на химически опасном объекте.

3 раздел. Прогнозирование и оценка обстановки при авариях, связанных с взрывами и пожарах.

Заключение

Список использованной литературы.

Руководитель _____ / _____ /
« ____ » _____ 20__ г.