



**Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет
(МАДИ)**

Кафедра техносферной безопасности

Г.И. ЕВГЕНЬЕВ

ТЕХНОГЕННЫЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

**Методические указания
к курсовому и дипломному проектированию**

МОСКВА 2013

СОДЕРЖАНИЕ:

ВВЕДЕНИЕ	2
Часть I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	3
I.1. <i>Общая часть</i>	3
I.2. <i>Раздел проектной документации «Гражданская оборона и чрезвычайные ситуации»</i>	4
I.2.1. <i>Аварии, реализуемые в результате дорожно-транспортных происшествий</i>	5
I.2.2. <i>Аварии, реализуемые при перевозке опасных веществ (АХОВ, ЛВЖ, СУГ)</i>	5
I.2.3. <i>Аварии, реализуемые в результате террористического акта</i>	6
I.3. <i>Перевозка опасных веществ автомобильным транспортом</i>	7
ЧАСТЬ II. АВАРИИ С ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ	11
II.1. <i>Общие сведения об опасных химических веществах</i>	11
II.2. <i>Опасные факторы при авариях с АХОВ</i>	13
II.3. <i>Порядок проведения расчетов</i>	15
II.4. <i>Пример расчета</i>	22
II.5. <i>Типовые задания</i>	25
Рекомендуемая литература к части II	26
ЧАСТЬ III. ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ АКТОВ	28
III.1. <i>Общие сведения</i>	28
III.2. <i>Общие сведения о взрывчатых веществах</i>	34
III.3. <i>Оценка последствий взрыва</i>	38
III.4. <i>Расчетные соотношения, используемые при решении задач</i>	40
III.5. <i>Примеры расчета</i>	44
III.6. <i>Типовые задания</i>	53
Рекомендуемая литература к части III	54
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	56

ВВЕДЕНИЕ

Дипломное проектирование является заключительным этапом подготовки специалиста, на основании которого определяется уровень профессиональных знаний и умений выпускников, их подготовленность к трудовой деятельности.

Дипломный проект выполняется выпускником самостоятельно под руководством преподавателя выпускающей кафедры и преподавателей кафедр, определяемых в соответствии со спецификой проекта.

Данные методические указания составлены с учетом действующих требований к проектированию транспортных сооружений, в первую очередь – автомобильных дорог и искусственных сооружений для студентов Энерго-экологического факультета (специальность «Инженерная защита окружающей среды»), Дорожно-строительного факультета (все специальности).

В методических указаниях рассматриваются вопросы выполнения раздела дипломного проекта «Производственная и экологическая безопасность» в части определения возможных последствий возникновения чрезвычайных ситуаций на объекте в процессе строительства или эксплуатации. Приводятся требования к проектной документации, перечень наиболее часто возникающих чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера. По каждому разделу приводится образец решения заданий, примерный перечень заданий, список рекомендуемой литературы.

Положения методических рекомендаций могут использоваться при разработке проектной документации в реальных условиях. В приложениях приведены основные справочные данные, необходимые для выполнения заданий.

Часть I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

I.1. Общая часть

В соответствии с «Положением о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 № 87 (в действующей редакции), в состав разделов проектной документации на линейные объекты капитального строительства (автомобильные дороги, мостовые переходы) включается 10 разделов:

Раздел 1 «Пояснительная записка»;

Раздел 2 «Проект полосы отвода»;

Раздел 3 «Технологические и конструктивные решения линейного объекта. Искусственные сооружения»;

Раздел 4 «Здания, строения и сооружения, входящие в инфраструктуру линейного объекта»;

Раздел 5 «Проект организации строительства»;

Раздел 6 «Проект организации работ по сносу (демонтажу) линейного объекта»;

Раздел 8 «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности»;

Раздел 9 «Смета на строительство»;

Раздел 10 «Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами» должен содержать документацию, необходимость разработки которой при осуществлении проектирования и строительства объекта капитального строительства предусмотрена законодательными актами Российской Федерации, в том числе:

а) декларацию промышленной безопасности опасных производственных объектов, разрабатываемую на стадии проектирования;

б) декларацию безопасности гидротехнических сооружений, разрабатываемую на стадии проектирования;

б.1) перечень мероприятий по гражданской обороне, мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера для объектов использования атомной энергии (в том числе ядерных установок, пунктов хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ), опасных производственных объектов, определяемых таковыми в соответствии с законодательством Российской Федерации, особо опасных, технически сложных, уникальных объектов, объектов обороны и безопасности;

в) иную документацию, установленную законодательными актами Российской Федерации.

1.2. Раздел проектной документации «Гражданская оборона и чрезвычайные ситуации»

В сложившейся практике в проектной документации данный раздел называется «ГОиЧС» и входит в состав проектов в виде отдельного тома.

В раздел ГОиЧС входят две основные части:

- мероприятия по гражданской обороне;
- последствия чрезвычайных ситуаций.

Мероприятия по гражданской обороне, то есть действия дорожных служб в условиях военных действий, радиоактивных аварий, ликвидации последствий природных и техногенных катастроф в данных методических рекомендациях не рассматриваются.

Возможными источниками чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть на рассматриваемом участке реконструируемой автомобильной дороги, являются:

1.2.1. Аварии, реализуемые в результате дорожно-транспортных происшествий

Наиболее вероятным источником чрезвычайной ситуации на объекте являются дорожно-транспортные происшествия (ДТП).

В случае ДТП на автодороге степень тяжести и последствия аварии могут носить различный характер. Это будет зависеть от многих факторов. Зачастую, в основе этих аварий лежат: «человеческий» фактор, фактор опасных природных условий, техническое состояние автотранспортного средства и т.д.

Около 75 % аварий происходит из-за нарушения водителями ПДД: превышение скорости, игнорирование дорожных знаков, выезд на полосу встречного движения, управление автомобилем в нетрезвом состоянии.

Среди неисправности транспортных средств, чаще всего приводящим к авариям, можно выделить: неисправность тормозной системы, неисправность рулевого управления, неисправность колес, шин, неисправность осветительных приборов.

Особенность автомобильных аварий состоит в том, что 80 % раненых погибает в первые три часа из-за обильных кровотечений. По данным статистики, риск гибели человека в ДТП составляет в нашей стране $1,74 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$.

1.2.2. Аварии, реализуемые при перевозке опасных веществ (АХОВ, ЛВЖ, СУГ);

АХОВ (**аварийное химически опасное вещество**) - химическое вещество, прямое или опосредованное воздействие которого на человека, может вызвать у него острые хронические заболевания или гибель (аммиак, хлор и т.д.);

ЛВЖ (**легковоспламеняющаяся жидкость**) - жидкость, способная самостоятельно гореть после удаления источника

зажигания и имеющая температуру вспышки не выше 61 °С (бензин, дизельное топливо и т.д.);

СУГ (сжиженный углеводородный газ) - газ, который при температуре окружающей среды ниже +20 °С или давлении выше 100 кПа или при совместном действии обоих этих условий обращается в жидкость (пропан, бутан, пропан-бутан и т.д.).

В настоящем пособии рассматриваются типовые аварии, связанные с разрушением автоцистерн, перевозящих указанные материалы.

1.2.3. Аварии, реализуемые в результате террористического акта

В соответствии с Федеральным законом от 06.03 2006 № 35-ФЗ «О противодействии терроризму», террористический акт - совершение взрыва, поджога или иных действий, связанных с устрашением населения и создающих опасность гибели человека, причинения значительного имущественного ущерба либо наступления экологической катастрофы или иных особо тяжких последствий, в целях противоправного воздействия на принятие решения органами государственной власти, органами местного самоуправления или международными организациями, а также угроза совершения указанных действий в тех же целях.

В расчетной части настоящих методических рекомендаций рассматриваются 2 случая: подрыв моста сосредоточенным зарядом и подрыв автомашины в районе сосредоточения людей.

1.3. Перевозка опасных веществ автомобильным транспортом

Автомобильным транспортом АХОВ перевозят в емкостях максимальным объемом: аммиак – 10 т (полуприцеп-цистерна ЦТА-10-5410), хлор – 800 л (контейнер для хлора).

Назначение полуприцепа-цистерны: предназначена для транспортирования жидкого аммиака с завода, прирельсового склада или от железнодорожной цистерны к глубинным складам потребителя и непосредственно в поле для заправки агрегатов по внесению жидкого аммиака (удобрение) в почву.



Рисунок 1. Полуприцеп-цистерна для сжиженного аммиака ЦТА-10-5410

Техническая характеристика:

объем цистерны - 17,6 м³;

количество заправляемого аммиака - 10,0 т;

производительность заправочного устройства - 10,0 т/ч;

давление в цистерне рабочее – 1,6 МПа;

температура в цистерне рабочая - -20..+ 43 °С.

Конструкция представляет собой двухосную полуприцеп-цистерну, из низколегированной стали с эллиптическими днищами, внутренними волногасителями, люком в задней части, на крышке которого расположены вся контрольно-измерительная и запорная арматура - предохранительные устройства, указатели уровня, манометры и пр., закрытые кожухом. Заправочное устройство - на базе поршневого компрессора с приводом от бензинового двигателя.

При необходимости полуприцеп-цистерна может быть использована в качестве временного хранилища жидкого аммиака.

Контейнеры для хранения и транспортировки жидкого хлора показаны на рис. 2, их характеристики – в табл. 1.

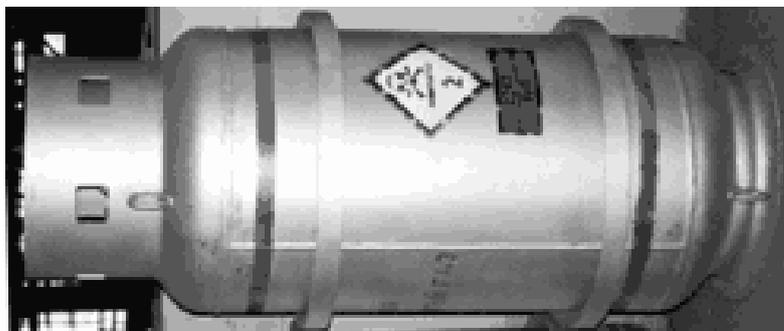


Рисунок 2. Контейнер для хлора

Таблица 1. Технические характеристики контейнеров для перевозки хлора

Техническая характеристика	Выпускаемая конструкция	Усовершенствованная конструкция
Давление, МПа:		
рабочее	1,5	1,5
расчетное	1,5	2,2
Температура среды, °С	+ 50	+ 50
максимальная	- 50	- 50
минимальная		
Температура стенки расчетная, °С	50	65
Объем номинальный, л	800	800
Масса, кг	433	597
Срок службы, лет	10	12
Основной материал	сталь 09Г2С-9	сталь 09Г2С-9
Температура плавления легкоплавкого сплава, °С	-	74

ЛВЖ автомобильным транспортом перевозят в емкостях максимальным объемом 40 м³ (полуприцеп-цистерна ППЦ-40, рис. 3).

Полуприцеп-цистерна ППЦ-40 предназначена для транспортирования, временного хранения и перекачивания светлых нефтепродуктов.

Техническая характеристика:

емкость цистерны номинальная – 40000 л;

количество автономных отсеков - 5

грузоподъемность, не более (при плотности топлива 720 кг/м³) – 28,8 т

снаряженная масса – 13200 кг.



Рисунок 3. Полуприцеп-цистерна ППЦ-40.

СУГ автомобильным транспортом перевозят в емкостях с максимальным объемом 36 м³ (полуприцеп-цистерна БЦМ-75.1А, рис. 4).



Рисунок 4. Полуприцеп-цистерна БЦМ-75.1А

БЦМ-75.1А - полуприцеп-цистерна, предназначенный для перевозки и заправки сжиженными углеводородными газами автомобилей или для слива в стационарные емкости газонаполнительных станций собственным насосом по счетчику.

Технические характеристики:

вместимость цистерны геометрическая - 36 м³;

вместимость полезная при коэффициенте наполнения 0,85 - 30,6 м³;

Весовые параметры:

масса транспортируемого газа 17 568 кг;

давление пробное - 2,34 МПа;

давление рабочее - 1,6 МПа

ЧАСТЬ II. АВАРИИ С ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

II.1. Общие сведения об опасных химических веществах

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

Химическое заражение - распространение опасных химических веществ в окружающей природной среде в концентрациях или количествах, создающих угрозу людям, животным и растениям в течение определенного времени.

Зона химического заражения - территория или акватория, в пределах которых распространены или куда привнесены опасные химические вещества в концентрациях или количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, для животных и растений в течение определенного времени.

Аварийно химически опасное вещество (АХОВ) - химическое вещество, прямое или опосредованное воздействие которого на человека может вызвать острые хронические заболевания людей или их гибель.

Аммиак

Бесцветный газ с резким запахом. Легче воздуха. Хорошо растворим в воде. При выходе в атмосферу дымит. Газ горюч. Горит при наличии постоянного источника огня. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси. Емкости могут взрываться при нагревании. В порожних емкостях образуются взрывоопасные смеси.

Молекулярная масса - 17,03 г/моль; плотность - 0,771 кг/м³; плотность по воздуху - 0,597; теплота сгорания - 316,5 кДж/моль; температура самовоспламенения - 650 °С; концентрационные

пределы распространения пламени в воздухе - 15 - 28 % (об.);
максимальное давление взрыва - 588 кПа; нормальная скорость
распространения пламени - 0,23 м/с при 150 °С.

Общие токсические эффекты обусловлены действием аммиака на нервную систему: снижается способность мозговой ткани усваивать кислород, нарушается свертываемость крови, теряется память, наблюдается потеря зрения, обостряются различные хронические заболевания (бронхит и др.). Согласно ГН 2.2.5.1313-03 аммиак относится к веществам 4-ого класса опасности.

Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны (ПДК_з) согласно ГН 2.2.5.1313-03 - 20 мг/м³.

Летальная токсодоза LC₅₀ составляет 150 мг·мин/л, **пороговая токсодоза** PC_{t50}- 15 мг·мин/л.

Признаками поражения являются: обильное слезотечение, боль в глазах, ожог конъюнктивы и роговицы, потеря зрения, приступообразный кашель.

При поражении кожи - химический ожог I, II степени.

Первая помощь:

в зараженной зоне - обильное промывание глаз водой, надевание противогаза, обильное промывание пораженных участков кожи водой, срочный вынос из зоны заражения;

после эвакуации - покой, тепло, при физических болях - в глаза закапывать по 2 капли 1 % раствора новокаина, на пораженные участки кожи накладывать примочки из 3-5 % раствора борной, уксусной или лимонной кислот, внутрь давать теплое молоко с питьевой содой, обезболивающие средства - 1 мл 1 % раствора морфина (гидрохлорида или промедола), подкожно вводить 1 мг 0,1 % раствора атропина сульфата, при остановке дыхания – непрямая вентиляция легких (НВЛ).

Хлор

Зеленовато-желтый газ с резким удушливым запахом, тяжелее воздуха, мало растворим в воде. Не горюч, не пожароопасен, но, как сильнейший окислитель, поддерживает горение многих органических веществ.

Молекулярная масса - 70,9 г/моль; плотность жидкой фазы – 1440 кг/м³.

Раздражает дыхательные пути, может вызвать отек легких. В крови нарушается содержание свободных аминокислот. Жидкий хлор при попадании на незащищенные места тела вызывает обморожение кожи. Отравление хлором высокой концентрации приводит к смерти через несколько минут после вдыхания газа. Согласно ГН 2.2.5.1313-03 хлор относится к веществам 2-ого класса опасности.

Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны (ПДК_{р.з.}) согласно ГН 2.2.5.1313-03 - 1 мг/м³.

Летальная токсодоза LC_{t50} составляет 6 мг·мин/л, **пороговая токсодоза** - PC_{t50}- 0,6 мг·мин/л.

Признаками поражения хлором являются: сильное жжение, резь в глазах, слезотечение, учащенное дыхание, мучительный кашель, общее возбуждение, страх, в тяжелых случаях - рефлекторная остановка дыхания.

Первая помощь: в зараженной зоне - обильное промывание глаз водой, надевание противогаза, эвакуация на носилках;

после эвакуации - промывание глаз водой, обработка участков кожи водой, мыльным раствором, покой, немедленная эвакуация в лечебное учреждение, ингаляции кислородом не проводить.

II.2. Опасные факторы при авариях с АХОВ

Основным поражающим фактором аварий с выбросом АХОВ является химическое заражение.

Зона заражения АХОВ – территория, зараженная АХОВ в опасных для жизни людей пределах. Размер зоны химического заражения характеризуется глубиной и площадью.

В качестве критерия поражения человека токсичными продуктами используется величина токсодозы LD, которая является произведением концентрации на время экспозиции.

Средняя смертельная токсодоза (LCT_x) – ингаляционная токсодоза, вызывающая смертельный исход у X% пораженных.

При расчете уровня опасности аварии с АХОВ необходимо определить:

1. Вертикальную устойчивость приземного слоя воздуха.
2. Эквивалентное количество выброшенного или разлившегося АХОВ по первичному ($Q_{э1}$) и вторичному ($Q_{э2}$) облаку (τ).
3. Площадь разлива АХОВ.
4. Глубину зоны заражения Γ (км).
5. Площадь зоны возможного ($S_{в}$) и фактического ($S_{ф}$) заражений (км^2).
6. Продолжительность поражающего действия АХОВ (времени испарения АХОВ с площади разлива) T (час).
7. Время подхода облака зараженного воздуха к организациям и населенным пунктам t (час).
8. Возможные общие потери населения в очагах поражения АХОВ.

При расчете масштабов заражения непосредственно после аварии используются конкретные данные о количестве выброшенного (разлившегося) АХОВ, и реальные метеоусловия (см. таблицы Приложения 1), данные из других разделов проекта о населенных пунктах, численности жителей в загородной и городской зонах возможного заражения.

II.3. Порядок проведения расчетов

Справочные данные для прогнозирования масштабов заражения АХОВ приведены в табл. П1 - П7 Приложения 1, позволяющие определить:

1. **Вертикальную устойчивость приземного слоя воздуха** по прогнозу погоды согласно табл. П 2, Приложение 1.

2. **Эквивалентное количество выброшенного (разлившегося) АХОВ.**

Количественные характеристики выброса (разлива) АХОВ для расчета масштабов заражения определяются по их **эквивалентным значениям Q_0 (т)**.

Под эквивалентным количеством АХОВ принимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения (при данной степени вертикальной устойчивости воздуха) количеством данного АХОВ, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

Под **первичным облаком** понимают облако АХОВ, образующееся в результате мгновенного (1-3 мин.) перехода в атмосферу содержимого емкости с АХОВ при её разрушении.

Вторичное облако – это облако АХОВ, образующееся в результате испарения разлившегося АХОВ с подстилающей поверхности.

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

$$Q_{э1} = K_1 * K_3 * K_5 * K_7^{-1} * Q_0, \quad (1)$$

где: K_1 - коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ (табл. П1 Приложения 1); для сжатых газов $K_1=1$;

K_3 - коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе данного АХОВ (табл. П1 Приложения);

K_5 - коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха (табл. П2 Приложения 1):

$$K_5 = \begin{cases} 1 & \text{– при инверсии,} \\ 0,23 & \text{– при изотермии,} \\ 0,08 & \text{– при конвекции,} \end{cases}$$

K_7^1 - коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха на скорость образования первичного облака (табл. П1 Приложения 1); для сжатых газов $K_7^1 = 1$;

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

При авариях на хранилищах сжатого газа (например, газозаправочные станции), Q_0 рассчитывается по формуле:

$$Q_0 = d * V_x, \quad (2)$$

где: d - плотность газообразования АХОВ, т/м³ (табл. П1 Приложения 1);

V_x – объем хранилища, м³.

При авариях на газопроводе Q_0 рассчитывается по формуле:

$$Q_0 = 0,01(n * d * V_r) \quad (3)$$

где: n – процентное содержание АХОВ в газе;

d - плотность АХОВ, т/м³

V_r - объем секции газопровода между автоматическими отсекающими, м³.

Эквивалентное количество АХОВ по вторичному облаку (τ) определяется по формуле:

$$Q_{32} = (1 - K_1) * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_6 * K_7^2 * Q_0 / (h * d) \quad (4)$$

где: K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ (табл. П1 Приложения 1);

K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра (табл. ПЗ Приложения);

K_6 – коэффициент, зависящий от времени N (час), прошедшего после начала аварии (табл. П10 Приложения1);

K_7^2 – коэффициент, учитывающий влияние температуры окружающего воздуха на скорость образования вторичного облака (табл. П1 Приложения 1).

3. Определение площади разлива АХОВ по формуле:

$$Sp = V/h \quad (5)$$

где: V - объем жидкого АХОВ (в том числе сжиженных газов (m^3));

h – высота слоя, (м), для свободного разлива принимается 0,05 м.

4. Определение глубины зоны заражения Γ (км).

Основной задачей прогнозирования масштабов заражения АХОВ является определение глубины распространения первичного и вторичного облака зараженного воздуха.

Максимальные значения глубины зон заражения по первичному Γ_1 (км) и вторичному Γ_2 (км) облакам АХОВ определяются по табл. П5 Приложения 1 в зависимости соответственно от Q_{31} и (или) Q_{32} и скорости ветра.

Полная глубина зоны заражения Γ_Σ (км) определяется по формуле:

$$\Gamma_\Sigma = \Gamma^I + 0,5 \Gamma^{II}, \quad (6)$$

где: Γ^I - большее из двух значений Γ_1 и Γ_2 ;

Γ^{II} - меньшее из двух значений Γ_1 и Γ_2 .

Полученное значение Γ_Σ сравнивается с возможным предельным значением глубины переноса воздушных масс Γ_n (км), которое определяется по формуле:

$$\Gamma_n = N \cdot V, \quad (7)$$

где: N - время от начала аварии, час;

V - скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха при данной скорости ветра U (м/с) и степени вертикальной устойчивости воздуха (табл. П5 Приложения 1), км/ч.

За окончательную расчетную глубину зоны возможного заражения Γ (км) принимается **меньшее** из двух сравниваемых между собой значений Γ_{Σ} и Γ_{Π} .

5. Определение площади зоны возможного (S_{ϕ}) и фактического (S_{ϕ}) заражения (км²).

Под площадью зоны возможного загрязнения АХОВ S_{ϕ} принимается площадь территории, в пределах которой под воздействием изменения направления ветра может перемещаться облако АХОВ.

Площадь зоны возможного загрязнения первичным (вторичным) облаком АХОВ определяется по формуле:

$$S_{\phi} = \Phi * \pi \Gamma^2 / 360^{\circ} \quad (8)$$

где: S_{ϕ} - площадь зоны возможного загрязнения, км²;

Γ - глубина зоны заражения, км;

ϕ - угловой размер зоны заражения, град. (табл. П6 Приложения 1).

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

Площадь зоны фактического заражения АХОВ определяется по формуле:

$$S_{\phi} = K_8 * \Gamma^2 * N^{0,2}, \quad (9)$$

где: K_8 – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха:

0,081 – при инверсии,

$K_8 =$ 0,133 – при изотермии,

0,235 – при конвекции;

N - время, прошедшее после начала аварии, час.

6. Определение продолжительности поражающего действия АХОВ (времени испарения АХОВ с площади разлива).

Продолжительность поражающего действия АХОВ (время испарения АХОВ с площади разлива) определяется по формуле:

$$T = (h * d) / (K_2 * K_4 * K_7^2), \quad (10)$$

где: h - толщина слоя АХОВ, м;

d - плотность АХОВ, т/м³ (табл. 1 Приложения 1);

K_2, K_7^2 – коэффициенты, определяемые по табл. 1 Приложения 1.

K_4 - коэффициент, определяемый по табл. 3 Приложения 1.

7. Определение времени подхода облака зараженного воздуха к организациям и населенным пунктам t (час).

Время подхода зараженного облака к объекту, расположенному на пути его движения, определяется по формуле:

$$t = X / V \quad (11)$$

где: X – расстояние от источника заражения до объекта, км;

V - скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха, км/ч (табл. 5 Приложения 1);

t – время подхода зараженного воздуха к объекту, час.

8. Определение возможных общих потерь населения в очагах поражения АХОВ. Определение возможных потерь проводится по табл. 7 Приложения 1.

Для расчета необходимо определить:

I. Площадь загородной зоны облака АХОВ (км²) $S_{ф.з.з.}$

II. Площадь городской зоны облака АХОВ (км²) $S_{ф.г.з.}$

Площади определяем по формуле (9).

По графической части работы определяем зоны фактического заражения загородной зоны $S_{ф.з.з.}$ и $S_{ф.г.з.}$

III. Определяем количество жителей в загородной зоне:

$$\Sigma_{з.з.} = \Delta' \cdot S_{ф.з.з.} \text{ (чел.)} \quad (12)$$

где: Δ' – плотность населения в загородной зоне (чел.)

$\Sigma_{з.з.}$ - общее количество жителей в загородной зоне

$S_{ф.з.з.}$ - площадь фактического заражения загородной зоны
(км²)

IV. Определяем количество жителей в городской зоне:

$$\Sigma_{г.з.} = \Delta \cdot S_{ф.г.з.} \text{ (чел.)} \quad (13)$$

где: Δ – плотность населения в городской зоне (чел.)

$\Sigma_{г.з.}$ - общее количество жителей в городской зоне

$S_{ф.г.з.}$ - площадь фактического заражения городской зоны (км²)

V. Определяем количество жителей городской и загородной зоны, обеспеченных противогазами (например, 10 %):

$$\Sigma_{с.и.з.} = 0,1 \cdot \Sigma_{з.з.} + 0,1 \cdot \Sigma_{г.з.} \text{ (чел.)} \quad (14)$$

VI. Определяем количество потерь $\Sigma_{пот. сиз}$ среди населения, обеспеченного противогазами по табл. 7 Приложения 1.

Структура потерь людей в очаге поражения, обеспеченных противогазами (табл. 7 Приложения 1):

- легкой степени – 25%;
- средней степени – 40%;
- со смертельным исходом – 35%.

VII. Определяем количество потерь среди населения, не обеспеченных противогазами.

20% населения в городской и загородной зонах – обеспечено противогазами, 80% населения – не обеспечено. 100% населения составляет 6080 человек.

50 % населения не имеет мест в убежищах и не может укрыться от заражения.

VIII. Общее количество потерь среди всего населения в зараженной зоне:

Структура потерь (табл. 7 Приложения 1):

- легкой степени – 25%.
- средней степени – 40%
- со смертельным исходом – 35%.

ОТВЕТ: общие потери среди населения городской и загородной зон составят _____ чел.

Структура потерь:

- легкой степени – _____ чел.
- средней степени – _____ чел.
- со смертельным исходом – _____ чел.

Рекомендуемые мероприятия для уменьшения потерь:

1. Как можно большее количество людей в противогазах и тех, для кого нет места в убежищах, расположить в начале городской зоны с подветренной стороны на этажах с 6-ого по 9-ый, где такие имеются, т.к. хлор тяжелее воздуха, он стелется по земле и затекает во все впадины и подвалы.

2. По возможности организовать эвакуацию населения из городской зоны с учетом времени подхода облака АХОВ к городской зоне.

Таким образом, на основании полученных расчетов определяются возможные последствия в очаге химического поражения, анализируются условия работы организаций, а также влияние АХОВ на населенные пункты, определяются способы обеззараживания (дегазации) территорий, зданий и сооружений, способы проведения санитарной обработки людей.

9. Выводы по защите персонала и населения.

Выводы по анализу служат исходными данными для разработки мероприятий по защите персонала и населения и предложений по повышению устойчивости работы организаций от поражающих факторов.

II.4. Пример расчета

Исходные данные:

Определить последствия аварии автоцистерны с аммиаком при полном разливе аммиака. Скорость ветра 1 м/с в направлении населенного пункта, температура воздуха 20 °С, расстояние от места аварии до объекта (детский сад в населенном пункте) 500 м.

Результаты нанести на план участка автомобильной дороги (графическая часть) раздела.

Решение

Для удобства расчетов исходные данные с учетом сведений, приведенных в Приложении 1, рекомендуется свести в типовую таблицу.

В табл. 2 приводятся исходные данные для расчета зон заражения при аварии одной цистерны с аммиаком

Таблица 2. Исходные данные

Наименование	Обозначение	Дано
Объект разрушения		Цистерна
Объём цистерны, м ³	$V_{цист}$	17
Степень заполнения цистерны, %	$V_{зап}$	85
Наименование вещества		Аммиак
Агрегатное состояние вещества на момент аварии		Жидкость
Плотность вещества, т/м ³	P_1	0,681
Вид разлива вещества после аварии		Свободный разлив
Толщина слоя жидкости при разливе, м	H	0,05

Скорость ветра на высоте 10 м, м/сек	$V_{вет}$	1
Температура кипения вещества, °С	$T_{кип}$	-33,42
Температура воздуха, °С	$T_{воз}$	20
Вертикальная устойчивость воздуха	$K_{верт}$	Инверсия
Время с начала аварии, мин	$T_{ав}$	60
Расстояние от места аварии до объекта, км	$R_{об}$	0,5
Атмосферное давление, кПа	$P_{атм}$	101
Давление внутри объекта разрушения, кПа	$P_{цис}$	2000
Коэффициент, зависящий от условий хранения исходного вещества	K_1	0,18
Коэффициент, зависящий от физико-химических свойств вещества	K_2	0,025
Коэффициент, учитывающий пороговую токсодозу аммиака	K_3	0,04
Коэффициент, учитывающий скорость ветра	K_4	1
Коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха	K_5	1
Коэффициент, учитывающий температуру воздуха (для первичного облака)	K_{71}	1
Коэффициент, учитывающий температуру воздуха (для вторичного облака)	K_{72}	1

Расчёт зон химического заражения

Поскольку агрегатное состояние исходного вещества - жидкость и $T_{кип} < T_{воз}$, зона заражения формируется первичным и вторичным облаком.

Под **первичным облаком** понимают облако АХОВ, образующееся в результате мгновенного (1-3 мин.) перехода в атмосферу содержимого емкости с АХОВ при её разрушении.

Вторичное облако – это облако АХОВ, образующееся в результате испарения разлившегося АХОВ с подстилающей поверхности.

Расчёт исходной массы вещества, т:

$$Q_0 = (V_{\text{цист}} \times V_{\text{ЗАП}} / 100) \times P_1 = (17 \times 85 / 100) \times 0,681 = 9,84 \text{ (т)}$$

Эквивалентное количество вещества по первичному облаку, т:

$$Q_{\text{Э1}} = K_1 \times K_3 \times K_5 \times K_{71} \times Q_0 = 0,18 \times 0,04 \times 1 \times 1,4 \times 31,257 = 0,225 \text{ (т)}$$

Продолжительность испарения вещества с площади разлива, часов:

$$T_{\text{исп}} = (H \times P_1) / K_2 \times K_4 \times K_7^2 = (0,05 \times 0,681) / 0,025 \times 1 \times 1 = 1,362 \text{ (час)}$$

$$K_6 = 1 \text{ (так как } T_{\text{исп}} > 1)$$

Эквивалентное количество вещества по вторичному облаку, т:

$$Q_{\text{Э2}} = (1 - K_1) \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7^2 \times Q_0 / (H \times P_1) = \\ = (1 - 0,18) \times 0,025 \times 0,04 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 9,84 / (0,05 \times 0,681) = 0,236 \text{ (т)}$$

Глубина зоны заражения первичным облаком, км (выбирается из таблиц баз данных, Приложение 1):

$$\Gamma_{31} = 0,45 \text{ (км)}$$

Глубина зоны заражения вторичным облаком, км:

$$\Gamma_{32} = 1,1 \text{ (км)}$$

Полная глубина зон возможного заражения, км:

$$\Gamma_3 = \max(\Gamma_{31}, \Gamma_{32}) + 0,5 \times \min(\Gamma_{31}, \Gamma_{32}) = \\ = \max(0,45, 1,1) + 0,5 \times \min(0,45, 1,1) = 1,325 \text{ (км)}$$

Скорость переноса переднего фронта заражённого облака, км/час:

$$V_{\text{пер}} = 5 \text{ (км/ч)}$$

(табл. 2 для скорости ветра 1 м/с, инверсия)

Предельно возможная глубина зоны заражения, км:

$$\Gamma_{пр} = K_4 * V_{пер} = 1 \times 5 = 5$$

Окончательная глубина зоны заражения, км:

$$\Gamma = \min(\Gamma_3, \Gamma_{пр}) = \min(1,325, 5) = 1,325 \text{ (км)}$$

Угловые размеры зоны возможного заражения, (угловой) градус

$$U_{gl} = 180^\circ$$

Площадь зоны возможного заражения при аварии, км²:

$$SB = 8,72 \times 10^{-3} \times \Gamma \times U_{gl} = 8,72 \times 10^{-3} \times 1,325 \times 180 = 2,08 \text{ (км}^2\text{)}$$

Коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха:

$$K_{верт} = 0,081 \text{ (инверсия)}$$

Площадь зоны фактического заражения при аварии, км²:

$$S_{\phi} = K_{верт} \times \Gamma_2 \times T_{ae} 0,2 = 0,081 \times 1,1 \times 10,2 = 0,91$$

Вывод: в случае аварийной ситуации по рассмотренному выше сценарию все объекты, расположенные на расстоянии 530-550 м от дороги и по дороге от места аварии попадут в зону заражения.

II.5. Типовые задания

Вид АХОВ	Масса, т	Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с	Направление ветра	Погодные условия	Время с момента аварии, мин.
Аммиак: хранение под давлением	2,5	-10	1	СЗ	Инв.	120
	5	-5	2	ЮЗ	Изот.	150
	7,5	0	1	СВ	Конв.	180
	10	+20	2	В	Инв.	150
	20	+30	3	З	Конв.	120
Водород хлористый	1	+10	2	ЮВ	Инв.	120
	2	+5	1	В	Изот.	300
	3	0	3	СВ	Конв.	180
	4	+20	2	С	Инв.	150
	5	+30	1	СЗ	Конв.	270
Окислы	5	-20	2	В	Инв.	150

Вид АХОВ	Масса, т	Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с	Направление ветра	Погодные условия	Время с момента аварии, мин.
азота	7	-10	1	З	Изот.	120
	6	0	2	ЮВ	Конв.	120
	9	+10	5	ЮЗ	Инв.	300
	11	+20	2	СВ	Конв.	180
Сернистый ангидрид	8	+20	3	СВ	Инв.	300
	7	+30	2	В	Изот.	180
	9	+10	1	З	Конв.	150
	12	+5	2	ЮВ	Инв.	270
	4	0	1	ЮЗ	Конв.	150
Сероводород	9	+20	1	З	Инв.	300
	8	+30	2	ЮВ	Изот.	180
	6	+10	5	ЮЗ	Конв.	300
	10	+5	2	СВ	Инв.	180
	5	0	3	С	Конв.	150
Фтор	1	+20	2	В	Инв.	180
	1,5	+30	3	ЮЗ	Изот.	150
	2	-20	2	З	Конв.	270
	1,3	-10	1	ЮВ	Инв.	150
	2,5	0	3	СЗ	Конв.	300
Хлор	1	+30	5	В	Инв.	150
	2	+10	2	С	Изот.	180
	3	+5	3	ЮВ	Конв.	150
	4	0	2	ЮЗ	Инв.	270
	5	+20	3	З	Конв.	150

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ II

СП 11-112-2001 «Порядок разработки и состав раздела «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций» градостроительной документации для территорий городских и сельских поселений, других муниципальных образований».

СП 11-107-98 «Порядок разработки и состав раздела «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций» проектов строительства».

СП 01-113-2002 «Порядок учета инженерно-технических мероприятий гражданской обороны и мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций при составлении

ходатайства о намерениях инвестирования в строительство и обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений»

РБ Г-05-039-96. Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению параметров их механического действия. Нормативный документ. - М.: НТЦ ЯРБ Госатомнадзора России, 2000.

РД 52.04.253-90. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. М.: Штаб ГО СССР, 1990.

СНиП 2.01.51-90 «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны».

СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».

СНиП 11-01-95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство зданий и сооружений».

СНиП 2.05.02-85* «Автомобильные дороги».

Методические рекомендации по проведению государственной экспертизы раздела «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций», введены в действие приказом МЧС России от 10.06.1996 № 383.

МДС 11-16.2002 Методические рекомендации по составлению раздела «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций» проектов строительства предприятий, зданий и сооружений, утверждены Первым заместителем министра МЧС России 12.10.2001 г.

ЧАСТЬ III. ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ АКТОВ

III.1. Общие сведения

Современная цивилизация, ее характер, уровень жизни, связность стран во многом определяются состоянием транспортной инфраструктуры. Любое повреждение этой инфраструктуры (автомобильные и железные дороги, трубопроводы, линии электропередач, городской транспорт, морской и речной транспорт, авиация) может вызвать, в зависимости от выведенного из строя объекта, временные неудобства, необходимость изменения схемы движения по иным маршрутам, транспортный коллапс, потерю связи с отдельными территориями.

При этом густота транспортной сети практически не играет роли: несложно представить, что произойдет в Москве при разрушении 1-2 путепроводов на МКАД и Третьем транспортном кольце, в Нижнем Новгороде или других городах Поволжья – при разрушении одного из мостов через Волгу, в горных регионах Северо-Кавказского федерального округа – при разрушении Аргунского моста на автодороге «Кавказ». Если вывести из строя несколько десятков метров на автомобильной дороге «Амур» - значительная часть Дальнего Востока и Якутии будут практически отрезаны от государства.

При этом протяженность автомобильных дорог в нашей стране с учетом региональных и местных дорог исчисляется сотнями тысяч километров. На каждом километре дороги имеются искусственные сооружения – водопропускные трубы, мосты, путепроводы, тоннели. Отсюда понятна физическая невозможность обеспечения охраны всех объектов дорожного хозяйства. Системы видеонаблюдения и видеофиксации еще не предотвратили, и не способны предотвратить

ни одного террористического акта, особенно с использованием террористов – смертников (рис. 5-7).



Рисунок 5. Последствия теракта в г. Кизляр

Необходимость противодействия терроризму во всех его многообразных проявлениях превратилась к началу XXI в. в одну из главных проблем современного этапа развития человеческой цивилизации на Земле. Наряду с природными и антропогенными, включая техногенные, рисками возникновения катастроф и чрезвычайных ситуаций с тяжелыми последствиями, нарастающие угрозы террористических воздействий на общество подтверждают представления о том, что человеческая цивилизация - это цивилизация риска.

Риск стать жертвой террористического акта интегрален и имеет социальную основу и социальное содержание во всех аспектах: в источниках и наборе опасностей, в динамике перерастания опасности в угрозу; в оценке и управлении уязвимостью объекта угрозы; в оценке

и реализации риска и, наконец, в обеспечении противодействия террористическому воздействию.



Рисунок 6. Взрыв в г. Владикавказ



Рисунок 7. Москва, взрыв на станции метро «Лубянская площадь»

В практике дорожного хозяйства в части определения понятий, связанных с возможностью террористического акта, существуют следующие:

- **автомобильная дорога (АД):** объект транспортной инфраструктуры, предназначенный для движения транспортных средств и включающий в себя земельные участки в границах полосы отвода автомобильной дороги и расположенные на них или под ними конструктивные элементы (дорожное полотно, дорожное покрытие и подобные элементы) и дорожные сооружения, являющиеся ее технологической частью, - защитные дорожные сооружения, искусственные дорожные сооружения, производственные объекты, элементы обустройства автомобильных дорог;

- **акт незаконного вмешательства (АНВ):** противоправное действие (бездействие), в том числе террористический акт, угрожающее безопасной деятельности транспортного комплекса, повлекшее за собой причинение вреда жизни и здоровью людей, материальный ущерб либо создавшее угрозу наступления таких последствий;

- **внутриобъектовый режим:** порядок передвижения физических лиц и транспортных средств в зоне транспортной безопасности в целях обеспечения транспортной безопасности;

- **дорожное хозяйство (ДХ):** комплекс, включающий в себя автомобильные дороги общего пользования Российской Федерации, а также юридические и физические лица, осуществляющие обследование, изыскания, проектирование, строительство, реконструкцию, ремонт и содержание автомобильных дорог общего пользования, проведение научных исследований, подготовку кадров, изготовление и ремонт дорожной техники, добычу и переработку материалов и иную деятельность, связанную со строительством, реконструкцией, ремонтом и содержанием автомобильных дорог;

- **досмотр** - мероприятия по обнаружению лиц, которым запрещено пребывание в зоне транспортной безопасности, обследование людей, транспортных средств, груза, багажа, ручной клади и личных вещей в целях обнаружения оружия, взрывчатых веществ или других устройств, предметов и веществ, которые запрещены для перемещения в зону транспортной безопасности в связи с возможностью их использования в целях совершения акта незаконного вмешательства;

- **защищенность объектов:** состояние, при котором в отношении объектов транспортной инфраструктуры обеспечиваются условия для предотвращения актов незаконного вмешательства и снижения до минимального уровня негативных последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

- **зона свободного доступа:** территория объекта транспортной инфраструктуры (далее- ОТИ), доступ в которую физических лиц, пронос (провоз) материальных объектов не ограничивается;

- **инженерно-технические системы обеспечения транспортной безопасности** (далее - ИТСО): инженерные сооружения обеспечения транспортной безопасности и технические средства обеспечения транспортной безопасности, используемые на ОТИ в целях защиты от актов незаконного вмешательства;

- **инженерные сооружения обеспечения транспортной безопасности** (далее – ИСО): конструкции ОТИ (заграждения, противотаранные устройства, решетки, усиленные двери, заборы, шлюзы и т.д.), предназначенные для воспрепятствования несанкционированному проникновению лица (группы лиц), пытающегося совершить АНВ в зону транспортной безопасности, в том числе с использованием транспортного средства;

- **искусственные дорожные сооружения:** сооружения, предназначенные для движения транспортных средств, пешеходов и

прогона животных в местах пересечения автомобильных дорог иными автомобильными дорогами, водотоками, оврагами, в местах, которые являются препятствиями для такого движения, прогона (зимники, мосты, переправы по льду, путепроводы, трубопроводы, тоннели, эстакады, подобные сооружения);

- **компетентные органы в области обеспечения транспортной безопасности (компетентные органы):** федеральные органы исполнительной власти (ФОИВ), уполномоченные Правительством Российской Федерации осуществлять функции по оказанию государственных услуг в области обеспечения транспортной безопасности;

- **критический элемент объекта транспортной инфраструктуры** (далее - КЭ ОТИ): строения, помещения, конструктивные, технологические и технические элементы ОТИ, акт незаконного вмешательства в отношении которых приведет к полному или частичному прекращению его функционирования и/или возникновению чрезвычайных ситуаций (пример – опора моста, портал тоннеля);

- **КИТСО:** комплекс инженерно-технических систем охраны;

- **модель нарушителя:** способы реализации потенциальных угроз совершения АНВ в деятельность ОТИ с использованием совокупности сведений о численности, оснащенности, подготовленности, осведомленности, а также действий потенциальных нарушителей, преследуемых целей при совершении АНВ в деятельность ОТИ;

- **нарушитель:** лицо (группа лиц), пытающееся совершить АНВ;

- **несанкционированное действие (НСД):** непосредственные действия, реализуемые нарушителями при совершении или попытке совершения АНВ;

- **объекты транспортной инфраструктуры в сфере автомобильного транспорта и дорожного хозяйства:** технологический комплекс, включающий в себя автомобильные дороги, тоннели, эстакады, мосты, автовокзалы и автобусные станции, объекты систем связи, навигации и управления движением транспортных средств, а также иные обеспечивающие функционирование транспортного комплекса здания, сооружения, устройства и оборудование;

- **критически важные объекты** – объекты, нарушение (или прекращение) функционирования которых приводит к потере управления экономикой страны, субъекта или административно-территориальной единицы, ее необратимому негативному изменению (или разрушению) или существенному снижению безопасности жизнедеятельности населения, проживающего на этих территориях, на длительный период времени.

- **система физической защиты** - совокупность организационно-правовых, экономических, технических, охранных, режимных, специальных и иных средств и инструментов, используемых органами исполнительной власти, собственником и эксплуатирующей организацией объекта для организации и обеспечения его физической защиты.

III.2. Общие сведения о взрывчатых веществах

Взрывчатое вещество (ВВ) - конденсированное химическое вещество или смесь веществ, способных под влиянием внешних воздействий к быстрому самораспространяющемуся химическому превращению (взрыву) с выделением большого количества тепла и газообразных продуктов.

Любое взрывчатое вещество обладает следующими характеристиками:

- способность к экзотермическим химическим превращениям;
- способность к самораспространяющемуся химическому превращению.

При детонации разложение ВВ происходит настолько быстро (за время от 10^{-6} до 10^{-2} сек), что газообразные продукты разложения с температурой в несколько тысяч градусов оказываются сжатыми в объеме, близком к начальному объему заряда. Резко расширяясь, они являются основным первичным фактором разрушительного действия взрыва.

Различают 2 основных вида действия ВВ: **бризантное** (местного действия) и **фугасное** (общего действия).

Сама по себе энергия взрывчатого вещества невелика. При взрыве 1 кг тротила выделяется в 6-8 раз меньше энергии, чем при сгорании 1 кг угля, но эта энергия при взрыве выделяется в десятки миллионов раз быстрее, чем при обычных процессах горения.

При горении передача энергии одного вещества другому происходит путем теплопроводности. Например - порох, при горении которого процесс образования газов происходит достаточно медленно, благодаря чему из гильзы патрона или артиллерийского боеприпаса происходит выбрасывание соответственно пули или снаряда, но не происходит разрушения самой гильзы и оружия в целом.

При детонации процесс передачи энергии происходит мгновенно и сопровождается ударной волной со скоростью 6-7 тыс. м/сек, поэтому быстрый рост давления, которое по физическим законам действует во все стороны с одинаковой силой, приводит к разрушению всего, что находится на его пути.

Для начала процесса взрыва необходимо внешнее воздействие определенным количеством энергии, далее он поддерживает сам себя.

Классифицируют следующие внешние воздействия:

- механическое (удар, укол, трение);
- тепловое (искра, пламя, нагрев);
- химическое (реакция взаимодействия какого-либо вещества с взрывчатым веществом);
- детонационное (взрыв рядом с основным взрывчатым веществом другого взрывчатого вещества).

В зависимости от чувствительности к внешним воздействиям и типа взрыва все взрывчатые вещества делят на три основные группы:

- иницирующие взрывчатые вещества;
- бризантные взрывчатые вещества;
- метательные взрывчатые вещества.

Иницирующие взрывчатые вещества обладают высокой чувствительностью к внешним воздействиям, хотя разрушающая энергия у них не высокая, но все же они обладают ценным свойством - их взрыв (детонация) оказывает внешнее взрывное (детонационное) воздействие на бризантные и метательные ВВ, которые к остальным типам внешнего воздействия не чувствительны вовсе или малочувствительны.

Иницирующие взрывчатые вещества и применяют лишь только для возбуждения взрыва бризантных или метательных ВВ. Их обычно упаковывают в капсулы, капсулы-детонаторы, электродетонаторы, взрыватели.

К иницирующим взрывчатым веществам ВВ относятся: ***гремучая ртуть, азид свинца, ТНРС.***

Бризантные взрывчатые вещества - основные разрушающие взрывчатые вещества, которыми снаряжают все разрывное оружие.

Бризантные ВВ по их взрывным характеристикам делятся на три группы:

- повышенной мощности - гексоген, тэн, тетрил;

- нормальной мощности - тротил, мелинит, пластит;
- пониженной мощности - аммиачная селитра и ее смеси.

Очень часто ВВ повышенной мощности, по причине их высокой чувствительности к внешним воздействиям, смешивают с **флегматизаторами** - веществами, понижающими чувствительность взрывчатых веществ, или с взрывчатыми веществами нормальной мощности для повышения мощности последних.

К метательным взрывчатым веществам ВВ относятся **черный дымный порох, бездымные пироксилиновые и нитроглицериновые пороха**, а также различные **пиротехнические смеси** для фейерверков, сигнальных и осветительных ракет, осветительных снарядов, мин, авиабомб и т.д.

Взрывчатые вещества ВВ характеризуются следующими показателями:

Бризантность - измеряется условно в миллиметрах (мм) и характеризует способность ВВ к разрушающему действию. Чем выше бризантность ВВ, тем выше его разрушающее действие.

Фугасность - работоспособность ВВ, измеряется условно в кубических сантиметрах (куб. см) и характеризует способность ВВ выбросить разрушенные им материалы (грунт, камни, бетон, и т.д.) из области взрыва.

Фактически двумя величинами - бризантностью и фугасностью - можно охарактеризовать любые ВВ. Исходя из этих двух показателей становится достаточно ясно, что для различных целей подходят различные ВВ.

К примеру для взрывных работ в грунте или земной породе больше подходят ВВ, обладающее высокой фугасностью при любой бризантности, для снарядов же - необходимы ВВ с высокой бризантностью и не столь важна фугасность.

Характеристики нескольких типов ВВ:

Гексоген: фугасность - 490 см³, бризантность - 24 мм;

Тротил: фугасность - 285 см³, бризантность - 19 мм;

Пластит: фугасность - 280 см³, бризантность - 21 мм;

Аммонит 6ЖВ: фугасность - 360 см³, бризантность - 14 мм;

На практике принято сравнивать мощности различных ВВ в «**тротиловом эквиваленте**», где мощность тротила (тринитротолуола) условно принята за единицу, а все остальные ВВ (в том числе и ядерные) сравниваются с тротилом, иначе говоря, сколько надо было бы взять тротила, чтобы произвести такую же взрывную работу, что и применяемое количество ВВ.

К примеру, 100 г гексогена дают тот же результат, что и 125 г тротила, а 100 г аммонита соответствует 75 г тротила.

III.3. Оценка последствий взрыва

Для принятия решений по защите от воздействия воздушной ударной волны (ВУВ) взрыва на здания, сооружения, технику или на людей, а также для выработки мер взрывобезопасности необходимы данные, характеризующие взрывы, которые могут происходить во время военных действий, в производственной сфере и в быту.

Наиболее достоверные сведения о взрыве можно получить путем проведения эксперимента. Однако такой подход не всегда применим. Поэтому наиболее распространены расчетные методы, позволяющие определять значения параметров, характеризующих взрывы. В ходе расчетов используются следующие показатели:

- вид и количество взрывчатого вещества (ВВ);
- условия взрыва;
- расстояние от места взрыва до места оценки его последствий;
- параметры ударной волны;
- степень повреждения (разрушения) зданий, сооружений, техники или степень поражения людей.

Для проведения расчетов разработано и представлено в технической литературе значительное количество функциональных зависимостей, которые связывают между собой эти показатели.

Конкретный вид расчетных соотношений, выражающих эти функциональные зависимости, определяется условиями взрыва, к которым относятся: тип ВВ (конденсированное ВВ, газозвушнне смеси, пылевоздушные смеси и др.), место взрыва (воздушный, наземный или заглубленный взрыв), наличие преград, отражающих ударную волну и другие условия.

Разные авторы предлагают разные виды функциональных зависимостей для определения одних и тех же показателей, позволяющие получить либо большую точность, либо простоту, либо какие-нибудь другие преимущества при проведении расчетов.

Поэтому при выборе того или иного соотношения для проведения расчетов следует особое внимание обращать на систему ограничений, определяющих возможность его использования.

Вся совокупность задач по проведению расчетов может быть разделена на две группы: **задачи прогнозирования** последствий взрыва по заданному количеству ВВ и **задачи определения количества ВВ** по заданным последствиям взрыва.

Задачи прогнозирования соответствуют ситуации, когда взрыва еще не было, т.е. требуется рассчитать показатели, характеризующие будущий взрыв.

В таких задачах в качестве исходных данных обычно используются сведения о количестве ВВ и об условиях взрыва. При этом в результате расчетов должны быть получены значения параметров ударной волны (или других поражающих факторов) на заданном расстоянии от места взрыва (прямая задача), или определено расстояние от места взрыва, на котором параметры ударной волны будут иметь заданное значение (обратная задача).

Задачи определения исходных характеристик ВВ по результатам взрыва обычно приходится решать при расследовании и анализе причин аварийных взрывов.

В этих задачах известны условия взрыва, место взрыва и степень разрушений по мере удаления от его эпицентра. В результате решения должно быть определено количество взорвавшегося вещества. Для расчетов в этих задачах используются те же функциональные зависимости между степенью повреждения, количеством ВВ и расстоянием от места взрыва, что и при решении задач прогнозирования.

Далее будут рассматриваться только приближенные методы проведения расчетов, связанные с наиболее распространенными типами взрывов конденсированных ВВ и ГВС в открытом, не замкнутом пространстве.

Из числа поражающих факторов взрыва будет рассматриваться только воздушная ударная волна и метательное действие.

III.4. Расчетные соотношения, используемые при решении задач

Тропиловый эквивалент массы ВВ. Количество взрывчатого вещества или его массу $M_{ВВ}$ при проведении расчетов выражают через тротиловый эквивалент M_T . Тропиловый эквивалент представляет собой массу тротила, при взрыве которой выделяется столько же энергии, сколько выделится при взрыве заданного количества конкретного ВВ. Значение тротилового эквивалента определяется по соотношению:

$$M_T = kM_{ВВ} \quad (15)$$

где: $M_{ВВ}$ - масса взрывчатого вещества;

k - коэффициент приведения взрывчатого вещества к тротилу (см. табл. 3).

Таблица 3. Значения коэффициента k приведения взрывчатого вещества к тротилу

ВВ	Тротил	Тритонал	Гексоген	ТЭН	Аммонал	Порох	ТНПС	Тетрил
k	1,0	1,53	1,30	1,39	0,99	0,66	0,39	1,15

Выражение (15) составлено для взрыва, при котором ударная волна распространяется во все стороны от точки взрыва беспрепятственно, т.е. в виде сферы. Очень часто на практике взрыв происходит на некоторой поверхности, например, на земле. При этом ударная волна распространяется в воздухе в виде полусферы.

Для взрывов на абсолютно твердой поверхности вся выделившаяся при взрыве энергия распространяется в пределах полусферы и, следовательно, значение массы взрывающегося вещества как бы удваивается (в определенных случаях можно говорить о сложении прямой и отраженной волны).

Для взрыва на **не абсолютно** твердой поверхности, например, на грунте, часть энергии расходуется на образование воронки. Учет этого расхода выполняется с помощью коэффициента η , значения которого приведены в Таблице 2. Чем меньше подстилающая поверхность позволяет затрачивать энергию на образование воронки, тем ближе значение коэффициента η к 1. Другой предельный случай соответствует ситуации, когда подстилающая поверхность беспрепятственно пропускает энергию взрыва, например, при взрыве в воздухе. В этом случае значение коэффициента равно 0,5.

С учетом изложенного значение M_T в общем случае определяется по формуле:

$$M_T = 2\eta k M_{ВВ} \quad (16)$$

Выражение (16) для взрыва в воздухе, то есть при $\eta = 0,5$, принимает вид (15).

Таблица 4. Значения коэффициента η , учитывающего характер подстилающей поверхности

Поверхность	Металл	Бетон	Асфальт	Дерево	Грунт
η	1.0	0.95	0.9	0.8	0.6

Расчеты параметров ударной волны основываются на использовании соотношения, связывающего параметры взрывов разной мощности.

Таким соотношением является **закон подобия кубического корня**. Согласно этому закону значения параметров ударной волны для взрыва некоторой мощности можно пересчитать для взрывов других мощностей, пользуясь выражениями закона подобия:

$$R_2 = R_1 \sqrt[3]{M_{T2}/M_{T1}} \quad , \quad \tau_2 = \tau_1 \sqrt[3]{M_{T2}/M_{T1}} \quad , \quad (17)$$

где: R_2, R_1 - расстояния от центров двух взрывов до некоторых точек 1 и 2, в которых параметры ударной волны этих взрывов равны между собой;

M_{T2}, M_{T1} - массы зарядов (точнее: эквиваленты масс, приведенные к некоторому эталону, в нашем случае к тротилу);

τ_2, τ_1 - время с момента взрыва до прихода ударной волны в эти точки.

Выражение (17) можно представить в виде:

$$R_2 / \sqrt[3]{M_{T2}} = R_1 / \sqrt[3]{M_{T1}} = R / \sqrt[3]{M_T} = \bar{R} \quad (18)$$

Величина \bar{R} называется **приведенным радиусом взрыва** и широко используется в различных расчетных соотношениях для определения параметров ударной волны взрыва.

Избыточное давление ΔP для свободно распространяющейся сферической воздушной ударной волны убывает по мере удаления от места взрыва. Поэтому расчет его значений обычно проводится на

основании соотношений, в которых давление является функцией двух аргументов - массы ВВ и расстояния от места взрыва.

Сложность разработки и последующего использования таких аналитических выражений определяется следующим обстоятельством. Скорость спада значения ΔP по мере удаления от места взрыва изменяется за счет влияния на ударную волну среды, в которой она распространяется. Чем больше расстояние от места взрыва, тем сильнее искажается характер изменения давления во фронте ударной волны.

В технической литературе представлен достаточно широкий спектр расчетных соотношений для определения значений ΔP , каждое из которых имеет свою сферу применения и назначение. Например, для воздушного взрыва, для наземного взрыва, для малых расстояний от места взрыва, для значительных расстояний от места взрыва, для относительно небольших зарядов ВВ, для крупных зарядов ВВ и т.д.

При дальнейшем изложении будет использоваться базовое соотношение:

$$\Delta P_{\Phi} = \frac{84}{\bar{R}} + \frac{270}{\bar{R}^2} + \frac{700}{\bar{R}^3}, \text{ (кПа)} \quad (19)$$

где \bar{R} определяется из (16), (18).

Это соотношение известно в технической литературе под названием **«формула М.А. Садовского»** и широко используется при проведении практических расчетов как для наземных, так и для воздушных взрывов.

При необходимости решать обратную задачу, т.е. определять расстояние от места взрыва по заданному значению ΔP_{Φ} , можно либо решать уравнение третьей степени (19) относительно \bar{R} , либо воспользоваться соотношением:

$$\bar{R} = \sqrt[3]{\left[1 + \frac{337}{\Delta P_{\Phi}}\right]^2} - 1; \quad (20)$$

Формула (20) дает хорошее совпадение с результатами точного решения уравнения (19). Для значений \bar{R} в интервале от 2 до 12 ошибка не превышает 10%. При этом расхождение тем больше, чем больше ΔP_{Φ} .

Удельный импульс I определяется по соотношению

$$I = \int_0^{\tau_+} \Delta P(t) dt = 0.4 \sqrt[3]{M_T^2} / R, \quad (\text{кПа с}) \quad (21)$$

где: $\Delta P(t)$ - функция, характеризующая изменение избыточного давления во фронте ударной волны за период времени от 0 до τ_+ ;

Кроме приведенных соотношений в технической литературе имеются соотношения для расчета значений и других параметров ударной волны: максимального давления разряжения, длительности фазы разряжения, скорости распространения ударной волны, давления скоростного напора, температуры во фронте ударной волны и др., однако в данных методических указаниях курсе эти соотношения не рассматриваются.

III.5. Примеры расчета

Подрыв пролета моста

Рассмотрим возможную реализацию террористического акта - подрыв несущих конструкций моста зарядом тринитротолуола (ТНТ) массой 5 кг.

Самым слабым элементом моста являются пролетные строения, которые могут быть сброшены или сдвинуты с опор скоростным напором ударной волны или обрушены в результате разрывов основных несущих конструкций и связей. Для разрушения пролетного

строения железобетонного моста, согласно имеющимся данным, необходимо создание давления взрыва от 0,2 до 1 МПа.

Из опор больше подвержены разрушению береговые, особенно при высоких земляных насыпях. Однако и промежуточные опоры могут потерять устойчивость, особенно если разрушено пролетное строение моста арочной системы. В этом случае появляется односторонний распор со стороны арок неразрушенных пролетов и недостаточно устойчивые пролеты разрушаются.

Параметры воздушной ударной волны определяют по формулам М.А. Садовского (19), в которых вид взрывчатого вещества учитывается тротиловым эквивалентом по ударной волне.

Давление ΔP_{ϕ} , кПа, для свободно распространяющейся сферической воздушной ударной волны определяется по формуле:

$$\Delta P_{\phi} = \frac{0,084}{\bar{R}} + \frac{0,27}{\bar{R}^2} + \frac{0,7}{\bar{R}^3}, \quad (22)$$

где

$$\bar{R} = \frac{R}{\sqrt[3]{C}}, \text{ м/кг}^{1/3} \quad (23)$$

Мощность контактного взрыва на неразрушаемой преграде удваивается в связи с формированием полусферической волны. Поэтому для наземных взрывов величина тротилового эквивалента C в формуле (23) умножается на 2η , где коэффициент $\eta < 1$ учитывается расход энергии на образование воронки в грунте. Для средних грунтов $\eta = 0,6 \dots 0,65$, для плотных суглинков и глины $\eta = 0,8$.

В зависимости от полученного значения приведенного радиуса рассчитывается избыточное давление воздушной ударной волны в зоне облака взрыва ΔP_{ϕ} .

$$\bar{R} = \frac{R}{\sqrt[3]{C}} = \frac{2}{\sqrt[3]{1,6}} = 1,71 ;$$

$$\Delta P_{\Phi} = \frac{0,084}{1,71} + \frac{0,27}{1,71^2} + \frac{0,7}{1,71^3} = 200 \text{ кПа} = 0,2 \text{ МПа}$$

Вывод: При взрыве 5 кг тротила возможно обрушение несущих конструкций моста. Результатом такой террористической акции возможны аварии с участием автотранспорта и гибель людей.

В случае реализации теракта, на участке мостового перехода в зоне действия поражающих факторов могут оказаться участники дорожного движения (число пострадавших при этом будет варьироваться в зависимости от интенсивности движения автотранспорта).

Возможное число пострадавших может составить до 43 человек из расчета: объектом мост, протяженностью 64,89 м, на мосту находится 3 легковых автомобиля при средней вместимости 5 человек, коэффициент использования вместимости - 0,6; 1 автобус при средней вместимости 40 человек, коэффициент использования вместимости - 0,77; 2 грузовых автомобилей при средней вместимости 2 человека, коэффициент использования вместимости — 0,7.

Взрыв заминированного автомобиля

При оценке возможных последствий террористического акта был рассмотрен гипотетический сценарий - подрыв заряда конденсированных взрывчатых веществ в автомобиле, припаркованном на обочине.

В расчетах рассматривался легковой автомобиль с 50 кг тротила. Расчеты проводились при помощи «Методики прогнозирования взрывов конденсированных ВВ» (ВИУ, 1999).

В общем виде параметры взрыва конденсированных взрывчатых веществ (ВВ) определяются в зависимости от вида ВВ, эффективной массы, характера подстилающей поверхности и расстояния до центра

взрыва. Расчет проводится в два этапа. Сначала определяется приведенный радиус R для рассматриваемых расстояний, а затем избыточное давление $\Delta P_{\text{ф}}$.

Приведенный радиус зоны взрыва R может быть определен по формуле:

$$R = \frac{r}{\sqrt[3]{2 \cdot \eta \cdot Q \cdot k_{\text{эфф}}}}, \text{ м/кг}^{1/3}, \quad (24)$$

где r - расстояние до центра взрыва ВВ, м;

η - коэффициент, учитывающий характер подстилающей поверхности, принимаемый равным для цементобетона (асфальтобетона) - 0,95;

Q - масса ВВ, кг.

$k_{\text{эфф}}$ - коэффициент приведения рассматриваемого вида ВВ к тротилу, принимаемый по табл. 3.

Для прогнозирования последствий взрыва террористического характера по сценарию С-1 осуществлено определение безопасных радиусов удаления от предполагаемого места совершения теракта.

Для зданий и сооружений безопасное расстояние будет определяться минимальным значением избыточного давления во фронте воздушной ударной волны, способным привести к разрушению.

Для людей, находящихся вне зданий безопасное расстояние будет определяться радиусом разлета осколков, обладающих энергией, достаточной для поражения человека, и минимальным значением избыточного давления, способным привести к поражению. В расчетах принималось, что для усиления поражающего действия возможно использование небольших металлических предметов (болтов, гаек, гвоздей и т.д.).

В табл. 5 приведены значения избыточного давления во фронте воздушной ударной волны на различных расстояниях при массе ВВ (тротила) 50 кг.

Таблица 5. Значения избыточного давления во фронте ВУВ на различных расстояниях при массе ВВ (тротила) 50 кг.

<i>q, кг</i>	<i>R, м</i>	<i>ΔPф, кгс/см²</i>
50	5	8,744878935
50	10	1,688841202
50	15	0,736946372
50	20	0,436021035
50	25	0,300272897
50	30	0,225851156
50	35	0,179750901
50	40	0,148723126
50	45	0,126555409
50	50	0,109992518
50	55	0,097180401
50	60	0,086992293
50	65	0,078706974
50	70	0,071842833
50	75	0,066066731
50	80	0,061141277
50	85	0,056892957
50	90	0,053192129
50	95	0,04994006
50	100	0,047060276
50	110	0,042189313
50	120	0,038228103
50	130	0,034944394
50	140	0,032178568
50	150	0,029817373
50	160	0,027778263
50	170	0,02599967
50	180	0,024434753
50	190	0,023047247
50	200	0,021808642

Для проведения расчетов по формуле (24) применительно ко всем взрывчатым веществам кроме тротила необходимо учитывать коэффициент эффективности ВВ $q_{эке}$ (тротильный эквивалент, табл. 3, для тротила указанный эквивалент равен 1).

Исходными данными для определения радиуса поражения осколками являются масса ВВ, суммарная масса осколков, плотность стали, кинетическая энергия, достаточная для поражения людей (принимается равной 80 Дж).

Для решения рассматриваемой задачи было принято, что часть кузова автомобиля в результате взрыва сформируется в осколки различных размеров и массы.

Кроме того, предполагаем, что для формирования осколков машина была начинена мелкими металлическими предметами, масса которых вместе с разрушаемой частью кузова составит 400 кг.

Начальная скорость полета осколков определяется по экспериментальной формуле:

$$V_0 = \sqrt{2BE\varepsilon}$$

где B – коэффициент, учитывающий отношение массы заряда к массе осколков;

$E\varepsilon$ – энергия взрыва, Дж/кг.

$$B = \frac{M_{\varepsilon\varepsilon}}{M_{oc}}$$

где $M_{\varepsilon\varepsilon}$ – масса ВВ;

M_{oc} – суммарная масса осколков.

$$V_0 = \sqrt{2 \cdot \frac{50}{400} \cdot 4,2 \cdot 10^6} = 1025 \text{ , м/с}$$

При разрыве корпуса автомобиля могут образоваться осколки различной массы. Самыми разными осколками могут быть начинены сами заряды. Большинство инженерных боеприпасов иностранного и отечественного производства как наиболее эффективные используют корпуса, образующие при разрушении осколки массой от 1 до 10 грамм. Эти значения, как наиболее неблагоприятные с точки зрения безопасности были приняты для расчетов.

Скорость, при которой сохраняется поражающее действие, для осколков с разной массой будет различной. Указанная скорость для осколков массой 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 г была определена по следующим зависимостям:

$$V_{nop} = \sqrt{2 \frac{E_{nop}}{M_{оск}}}, \text{ м/с};$$

$$V_{nop} = \sqrt{2 \frac{E_{nop}}{M_{оск}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80}{0,001}} = 400 \text{ м/с};$$

$$V_{nop} = \sqrt{2 \frac{E_{nop}}{M_{оск}}} = 283 \text{ м/с};$$

$$V_{nop} = \sqrt{2 \frac{E_{nop}}{M_{оск}}} = 231 \text{ м/с};$$

$$V_{nop} = \sqrt{2 \frac{E_{nop}}{M_{оск}}} = 200 \text{ м/с};$$

$$V_{nop} = \sqrt{2 \frac{E_{nop}}{M_{оск}}} = 179 \text{ м/с};$$

$$V_{nop} = \sqrt{2 \frac{E_{nop}}{M_{оск}}} = 163 \text{ м/с};$$

$$V_{nop} = \sqrt{2 \frac{E_{nop}}{M_{оск}}} = 151 \text{ м/с};$$

$$V_{nop} = \sqrt{2 \frac{E_{nop}}{M_{оск}}} = 141 \text{ м/с};$$

$$V_{nop} = \sqrt{2 \frac{E_{nop}}{M_{оск}}} = 133 \text{ м/с};$$

$$V_{nop} = \sqrt{2 \frac{E_{nop}}{M_{оск}}} = 126 \text{ м/с};$$

Для определения дальности поражающего действия осколка определен приведенный диаметр:

$$d_{m=1z} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot M_{оск}}{\pi \rho_{cm}}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 0,001}{3,14 \cdot 7850}} = 0,006 м ;$$

$$d_{m=2z} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot M_{оск}}{\pi \rho_{cm}}} = 0,0078 м ;$$

$$d_{m=3z} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot M_{оск}}{\pi \rho_{cm}}} = 0,009 м ;$$

$$d_{m=4z} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot M_{оск}}{\pi \rho_{cm}}} = 0,0099 м ;$$

$$d_{m=5z} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot M_{оск}}{\pi \rho_{cm}}} = 0,0106 м ;$$

$$d_{m=6z} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot M_{оск}}{\pi \rho_{cm}}} = 0,0113 м ;$$

$$d_{m=7z} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot M_{оск}}{\pi \rho_{cm}}} = 0,0119 м ;$$

$$d_{m=8z} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot M_{оск}}{\pi \rho_{cm}}} = 0,0125 м ;$$

$$d_{m=9z} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot M_{оск}}{\pi \rho_{cm}}} = 0,0130 м ;$$

$$d_{m=10z} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot M_{оск}}{\pi \rho_{cm}}} = 0,0135 м$$

Расчетные возможные радиусы поражения для осколков следующие:

$$R_{нор} = \frac{4 \cdot \rho_{cm} \cdot d \cdot \ln(V_0 / V_{нор})}{3 \cdot C_x \cdot \rho_{возд}} , м$$

где C_x – коэффициент сопротивления воздуха, принимается равным 1,5;

$\rho_{\text{возд}}$ – ПЛОТНОСТЬ ВОЗДУХА. $\rho_{\text{возд}}=1,29 \text{ кг/м}^3$;

$$R_{nop_{m=1z}} = \frac{4 \cdot 7850 \cdot 0,0062 \cdot \ln(1025 / 400)}{3 \cdot 1,5 \cdot 1,29} = 31,5 \text{ м} ;$$

$$R_{nop_{m=2z}} = \frac{4 \cdot 7850 \cdot 0,0078 \cdot \ln(1025 / 283)}{3 \cdot 1,5 \cdot 1,29} = 62,1 \text{ м} ;$$

$$R_{nop_{m=3z}} = \frac{4 \cdot 7850 \cdot 0,009 \cdot \ln(1025 / 231)}{3 \cdot 1,5 \cdot 1,29} = 72,6 \text{ м} ;$$

$$R_{nop_{m=4z}} = \frac{4 \cdot 7850 \cdot 0,0099 \cdot \ln(1025 / 200)}{3 \cdot 1,5 \cdot 1,29} = 87,6 \text{ м} ;$$

$$R_{nop_{m=5z}} = \frac{4 \cdot 7850 \cdot 0,0106 \cdot \ln(1025 / 179)}{3 \cdot 1,5 \cdot 1,29} = 100,8 \text{ м} ;$$

$$R_{nop_{m=6z}} = \frac{4 \cdot 7850 \cdot 0,0113 \cdot \ln(1025 / 163)}{3 \cdot 1,5 \cdot 1,29} = 112,8 \text{ м} ;$$

$$R_{nop_{m=7z}} = \frac{4 \cdot 7850 \cdot 0,0119 \cdot \ln(1025 / 151)}{3 \cdot 1,5 \cdot 1,29} = 123,7 \text{ м} ;$$

$$R_{nop_{m=8z}} = \frac{4 \cdot 7850 \cdot 0,0124 \cdot \ln(1025 / 141)}{3 \cdot 1,5 \cdot 1,29} = 133 \text{ м} ;$$

$$R_{nop_{m=9z}} = \frac{4 \cdot 7850 \cdot 0,013 \cdot \ln(1025 / 133)}{3 \cdot 1,5 \cdot 1,29} = 143,5 \text{ м} ;$$

$$R_{nop_{m=10z}} = \frac{4 \cdot 7850 \cdot 0,0135 \cdot \ln(1025 / 126)}{3 \cdot 1,5 \cdot 1,29} = 152,5 \text{ м}$$

Вывод: из приведенных расчетов видно, что осколки массой 10 г обладают поражающей способностью на расстоянии до 152,5 метров, следовательно, зона с радиусом 152,5 м будет являться зоной сплошного поражения персонала (населения) находящегося вблизи места террористического акта.

Возможные типы взрывчатых устройств, предметы, в которых они могут находиться, а также безопасное расчетное расстояние от указанных предметов приведено в табл. 6.

Таблица 6. Некоторые типы взрывных устройств

Тип взрывного устройства или предмет, где оно может располагаться	Безопасное расстояние от взрывного устройства, $R^{без}$, м
Граната РГД-5	>50
Граната Ф-1	>200
Тротиловая шашка 200 г	45
Тротиловая шашка 400 г	55
Пивная банка 0,33 л с тротилом	60
Армейская противопехотная мина МОН-50	85
Портфель («дипломат»), пластиковый пакет	230
Дорожный чемодан	350
Автомобиль типа «Жигули»	460
Автомобиль типа «Волга»	580
Микроавтобус типа «Газель»	920
Грузовая машина (фургон)	1240

III.6. Типовые задания

1. В соответствии со «Справочником проектировщика. Динамический расчет сооружений на специальные воздействия» (сайт кафедры «Техносферная безопасность», блог <http://eco-madi.ru/blog/13> и сайт gleb-evgenev.ucoz.ru) определить разрушение элементов железобетонного мостового перехода (путепровода) с учетом характеристик искусственного сооружения на участке дороги в соответствии с заданием на проектирование:

Элемент	Тип ВВ	Масса ВВ
Опора	тротил	15
	аммонал	25
	гексоген	20
	тетрил	25
	ТЭН	20
Пролет	тритонал	4
	ТНРС	7
	тротил	12
	гексоген	5
	тетрил	6

2. Определить радиус поражения и возможное количество пострадавших в результате взрыва на автомобильной дороге с учетом размещения заряда ВВ в оболочке с поражающими элементами:

Мощность заряда ВВ, кг	Место размещения на трассе
0,40	Загородная автобусная остановка
0,50	На пересечении дорог
1,00	Шиномонтажная мастерская
0,75	Загородная автобусная остановка
5	На въезде на АЗС
10	Притрассовый магазин со стоянкой на 100 автомобилей
20	На трассе
25	Площадка отдыха
75	В сельском населенном пункте
100	На трассе

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ III

Федеральный закон от 9 февраля 2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности».

Федеральный закон от 8 ноября 2007 г. № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации».

Постановление Правительства Российской Федерации от 10.12.2008 № 940 «Об уровнях безопасности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств и о порядке их объявления (установления)».

Постановление Правительства Российской Федерации от 31.03.2009 № 289 «Об утверждении правил аккредитации юридических лиц для проведения оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств».

Приказ Минтранса России, ФСБ России, МВД России от 05.03.2010 № 52/112/134 «Об утверждении Перечня потенциальных угроз совершения актов незаконного вмешательства в деятельность объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств».

Приказ Минтранса России от 11.02.2010 № 34 «Об утверждении порядка разработки планов обеспечения транспортной безопасности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств».

Приказ Минтранса России от 12.04.2010 № 87 «Об утверждении порядка проведения оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств».

Приказ Минтранса России от 15.11.2010 № 248 «Об утверждении отраслевых типовых норм времени на работы по проведению оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства».

Приказ Минтранса России от 08.02.2011 № 42 «Об утверждении Требований по обеспечению транспортной безопасности, учитывающих уровни для различных категорий объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств автомобильного транспорта и дорожного хозяйства».

Отраслевой дорожный методический документ «Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах» (ОДМ 218.4.001-2008)// Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), Москва, 2008 г.

Методика прогнозирования взрывов конденсированных ВВ, Учебное пособие Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Учебное пособие в 3-х книгах. Книга I. /Под ред.: К.Е. Кочеткова, В.А. Котляревского и А.В. Забегаева/ В.А. Котляревский, К.Е. Кочетков, А.А. Носач, А.В. Забегаев и др. - М.: Издательство АСВ/1995. - 329 стр. с ил.

Справочник проектировщика. Динамический расчет сооружений на специальные воздействия. Под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. М., Стройиздат, 1981. 215 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П1. Характеристики АХОВ и вспомогательные коэффициенты для определения глубин зон заражения

№ п/п	Наименование АХОВ	Плотность АХОВ, т/м ³		Температура кипения °С	Пороговая токсодоза мг · мин / л	Значения вспомогательных коэффициентов							
		газ	жид-кость			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ ¹ / K ₇ ²				
									Для -40°С	Для -20°С	Для 0°С	Для 20°С	Для 40°С
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
1	Аммиак: хранение под давлением	0,0008	0,681	-33,42	15	0,18	0,025	0,04	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
2	Водород хлористый	0,0016	1,191	85,10	2	0,28	0,037	0,30	0,64	0,6	0,8	1	1,2
3	Окислы азота	-	1,491	21,0	1,5	0	0,040	0,40	0	0	0,4	1	1
4	Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	-10,1	1,8	0,11	0,049	0,333	0/0,2	0/0,5	0,3/1	1/1	1,7/1
5	Сероводород	0,0015	0,964	-60,35	16,1	0,27	0,042	0,036	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
6	Фтор	0,0017	1,512	-188,2	0,2*	0,95	0,038	3,0	0,7/1	0,8/1	0,9/1	1/1	1,1/1
7	Хлор	0,0062	1,558	-34,1	0,6	0,18	0,052	1,0	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1

ПРИМЕЧАНИЯ:

1. Плотности газообразных АХОВ в графе 3 приведены для атмосферного давления: при давлении в емкости, отличном от атмосферного, плотности газообразных АХОВ определяются путем умножения данных графы 3 на значения давления в кгс/см².
2. В графах 10-14 в числителе значения K₇ для первичного, в знаменателе – для вторичного облака.
3. В графе 6 численные значения токсодоз, помеченные звездочками, определены ориентировочно расчетом по соотношению: II – 240, K, ПДК р.з., где: II – токсодоза, мг, мин/л; ПДК р.з. – ПДК рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005-88, мг/л.

Таблица П2. Определение степени вертикальной устойчивости воздуха по прогнозу погоды

Скорость ветра, м/с	Ночь		Утро		День		Вечер	
	Ясно, переменная облачность	Сплошная облачность						
2	ин	из	из (ин)	из	К, из	из	ин	из
2 - 3,9	ин	из	из (ин)	из	из	из	из (ин)	из
4	из	из	из	из	из	из	из	из

Примечание: 1. Обозначения: ин – инверсия; из – изометрия; к – конвекция, буквы в скобках – при снежном покрове.

2. Под термином «утро» понимается период времени в течение двух часов после восхода солнца; под термином «вечер» – в течение двух часов после захода солнца.

3. Скорость ветра и степень вертикальной устойчивости воздуха принимается в расчетах на момент аварии.

Таблица П3. Значение коэффициента K_4 в зависимости от скорости ветра

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

Таблица П4 Глубины зон возможного заражения АХОВ, км

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ															
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20	30	50	70	100	300	500	1000
1	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,16	12,53	19,20	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166	231	363
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44	21,02	28,73	35,35	44,09	87,79	121	189
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94	15,18	20,59	25,21	31,30	61,47	84,50	130
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62	12,18	16,43	20,05	24,80	48,18	65,92	101
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	54,67	83,60
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20	9,06	12,14	14,70	18,13	34,67	47,09	71,70
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48	8,14	10,87	13,17	16,17	30,73	41,63	63,16
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,92	7,42	9,90	11,98	14,68	27,75	37,49	56,70
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,60	6,86	9,12	11,03	13,50	25,39	34,24	51,60

людей	противогазов									
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

Примечание: Структура потерь людей в очаге поражения:
 легкой степени – 25 %;
 средней и тяжелой степени – 40 %;
 со смертельным исходом – 35 %.

Таблица П8. Эквивалентные количества хлора, т

Количество хлора Q ₀ , т	Для первичного облака				Для вторичного облака (без K ₆)					
	t _в = -20 ⁰ С	t _в = 0 ⁰ С	t _в = +20 ⁰ С	t _в = +40 ⁰ С						
					Для И=1 м/с	Для И=2 м/с	Для И=3 м/с	Для И=1 м/с	Для И=2 м/с	Для И=3 м/с
И н в е р с и я										
1	0	0,1	0,2	0,2	0,5	0,6	0,8	0	-	-
2	0,1	0,2	0,4	0,5	1,1	1,4	1,9	0	-	-
3	0,2	0,3	0,5	0,8	1,6	2,0	2,7	0	-	-
4	0,2	0,4	0,7	1,0	2,3	3,0	3,9	0	-	-
5	0,3	0,5	0,9	1,3	2,4	3,5	4,6	0	-	-
8	0,4	0,9	1,4	2,0	4,4	5,7	7,5	0,1	0,1	0,2
10	0,5	1,1	1,8	2,5	5,5	7,1	9,3	0,1	0,1	0,2
12	0,7	1,3	2,2	3,0	6,6	8,6	11,2	0,1	0,1	0,2
15	0,8	1,6	2,7	3,8	8,2	10,7	14,0	0,2	0,3	0,3
18	1,0	1,9	3,2	4,5	9,8	12,7	16,3	0,2	0,3	0,3
20	1,1	2,2	3,6	5,0	10,9	14,2	18,4	0,2	0,3	0,3
25	1,4	2,7	4,5	6,3	13,7	17,8	23,3	0,2	0,3	0,3
30	1,6	3,2	5,4	7,6	16,4	21,3	27,9	0,3	0,4	0,5
35	1,9	3,8	6,3	8,8	19,2	25,0	32,6	0,3	0,4	0,5
40	2,2	4,3	7,2	10,1	23,0	30,0	39,1	0,4	0,5	0,7
45	2,4	4,9	8,1	11,4	24,6	32,0	42,0	0,4	0,5	0,7
50	2,7	5,4	9,0	12,6	27,4	35,6	46,0	0,5	0,6	0,8

60	3,2	6,5	10,8	15,1	30,0	39,0	51,0	0,6	0,8	1,0
Изотермия										
1	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0	-	-
2	0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	0	-	-
3	0	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	0	-	-
4	0,1	0,1	0,2	0,2	0,5	0,6	0,8	0	-	-
5	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	0,7	1,0	0	-	-
8	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,3	1,7	0	-	-
10	0,1	0,3	0,4	0,6	1,3	1,7	2,2	0	-	-
12	0,2	0,3	0Ю5	0,7	1,5	2,0	2,5	0	-	-
15	0,2	0,4	0,6	0,9	1,9	2,5	3,2	0	-	-
18	0,2	0,5	0,7	1,1	2,3	3,0	3,9	0	-	-
20	0,3	0,5	0,8	1,2	2,5	3,2	4,2	0,1	0,13	0,17
25	0,3	0,6	1,0	1,5	3,1	4,0	5,3	0,1	0,13	0,17
30	0,4	0,8	1,2	1,7	3,7	4,9	6,3	0,1	0,13	0,17
35	0,4	0,9	1,5	2,0	4,4	5,7	7,5	0,1	0,13	0,17
40	0,5	1,0	1,7	2,3	5,0	6,5	8,5	0,1	0,13	0,17
45	0,6	1,1	1,9	2,6	5,6	7,3	9,5	0,1	0,13	0,17
50	0,6	1,2	2,1	2,9	6,3	9,2	10,7	0,1	0,13	0,17
60	0,8	1,5	2,5	3,5	8,0	10,4	13,6	0,1	0,13	0,17
Конвекция										
1	0	0	0	0	0,1	-	-	-	-	-
2	0	0	0	0	0,1	0,1	0,2	-	-	-
3	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2	-	-	-
4	0	0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	-	-	-
5	0	0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	-	-	-
8	0	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	-	-	-
10	0	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	-	-	-
12	0,1	0,1	0,2	0,2	0,5	0,6	0,8	-	-	-
15	0,1	0,1	0,2	0,3	0,7	0,9	1,2	-	-	-
18	0,1	0,2	0,3	0,4	0,8	1,0	1,4	-	-	-
20	0,1	0,2	0,3	0,4	0,9	1,2	1,5	-	-	-
25	0,1	0,2	0,4	0,5	1,1	1,4	1,9	-	-	-
30	0,1	0,3	0,4	0,6	1,3	1,7	2,2	-	-	-

35	0,2	0,3	0,5	0,7	1,5	1,9	2,5	-	-	-
40	0,2	0,4	0,6	0,9	1,7	2,2	2,9	-	-	-
45	0,2	0,4	0,7	0,9	1,9	2,5	3,2	-	-	-
50	0,2	0,4	0,7	1,0	2,2	2,9	3,7	-	-	-
60	0,3	0,5	0,9	1,3	2,8	3,6	4,8	-	-	-

Таблица П9. Время испарения хлора, ч

Скорость ветра м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Свободный разлив	1,5	1,12	0,89	0,75	0,64	0,56	0,50	0,45	0,41	0,37	0,34	0,32	0,30	0,28	0,26
Разлив в поддон	83,89	67,07	50,23	41,95	35,85	31,42	27,96	25,04	22,80	20,97	19,29	17,93	16,78	15,67	14,76

Таблица П10

Значение коэффициента $K_6 = \begin{cases} N^{0,8} & \text{при } N < T, \\ T^{0,8} & \text{при } N > T \end{cases}$

N/T, ч	10 мин	15 мин	20 мин	30 мин	40 мин	45 мин	50 мин	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30
	0,24	0,32	0,41	0,57	0,72	0,79	0,86	1	1,74	2,40	3,03	3,62	4,19	4,74	5,28	5,80	6,30	10,98	15,19

Таблица П11. Значение $N^{0,2}$

N	В минутах											В часах и минутах			
	6	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	1-00	1-10	1-20	1-30
$N^{0,2}$	В часах											1,00	1,17	1,33	1,50
	0,10	0,17	0,25	0,33	0,42	0,50	0,58	0,67	0,75	0,83	0,92	1,00	1,17	1,33	1,50
$N^{0,2}$	0,63	0,70	0,76	0,80	0,84	0,87	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,03	1,06	1,08

В часах и минутах															
	1-40	1-50	2-00	2-30	3-00	3-30	4-00	4-30	5-00	5-30	6-00	6-30	7-00	8-00	9-00
N	В часах														
	1,67	1,83	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	8,00	9,00
N ^{0,2}	1,11	1,13	1,15	1,20	1,25	1,29	1,32	1,35	1,38	1,40	1,43	1,45	1,48	1,52	1,55

Значение коэффициента K_5

(учитывается степень вертикальной устойчивости воздуха)

- при инверсии - 1;
- при изотермии - 0,23;
- при конвекции - 0,08.