

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Кузбасский государственный технический университет

Кафедра аэрологии, охраны труда и природы

ОЦЕНКА ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИЯХ С ВЗРЫВОМ НА ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

Методические указания к практическим занятиям
по дисциплинам «Безопасность жизнедеятельности»,
«Охрана труда» и «Защита в чрезвычайных ситуациях»
для студентов всех специальностей и всех форм обучения

Составитель С. Н. Ливинская

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 5 от 11.02.2008

Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
специальности 280102

Протокол № 5 от 11.02.2008

Электронная копия находится
в библиотеке главного корпуса
ГУ КузГТУ

Кемерово 2008

Цель работы: научиться оценивать обстановку при авариях с взрывом на пожаровзрывоопасных объектах.

Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания и ответить на контрольные вопросы (с. 30).

2. Получить у преподавателя номер варианта для самостоятельной работы.

3. Используя исходные данные, согласно полученному варианту, самостоятельно:

- спрогнозировать последствия взрывов газозвушной смеси (ГВС) в открытом пространстве при детонационном режиме горения (с. 21, п. 5.1.);
- спрогнозировать последствия взрывов газопарозвушной смеси (ГПВС) в производственных помещениях (с. 22, п. 5.2);
- спрогнозировать последствия взрывов пылевоздушной смеси (ПВС) в производственных помещениях (с. 23, п. 5.3);
- определить показатели, непосредственно характеризующие инженерную обстановку (с. 24, п. 5.4);
- определить показатели, влияющие на объемы поисково-спасательных работ (с. 30, п. 5.5).

1. Общие сведения о пожаровзрывоопасных объектах

Аварии с взрывом могут произойти на пожаровзрывоопасных объектах. К **пожаровзрывоопасным** объектам относятся объекты, на территории или в помещениях которых находятся (обращаются) горючие газы (ГГ), легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) и горючие пыли (ГП) в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные горючие смеси, при горении которых избыточное давление в помещении может превысить 5 кПа.

В связи с высокой вероятностью аварий на взрывоопасных объектах рассмотрим механизм взрывного горения и методику прогнозирования параметров взрывного горения.

Горение – это интенсивные химические окислительные реакции, которые сопровождаются выделением тепла и свечением.

Движение пламени по газовой смеси называется *распространением пламени*. В зависимости от скорости распространения пламени горения может быть дефлаграционным со скоростью несколько метров в секунду, взрывным – скорость порядка десятков и сотен метров в секунду и детонационным – тысячи метров в секунду.

При *дефлаграционном горении* распространение пламени происходит в слабо возмущенной среде со скоростями значительно ниже скорости звука, давление при этом возрастает незначительно.

Взрывное горение (взрыв) – быстрое превращение вещества, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить работу, при этом образуется избыточное давление более 5 кПа.

Взрыв, как правило, приводит к возникновению интенсивного роста давления. В окружающей среде образуется и распространяется ударная волна.

Ударной – называется волна, характеризующаяся наличием поверхности разрыва основных физических параметров состояния среды (давления, плотности, температуры), в которой она распространяется со скоростью 330 м/с.

В зависимости от того, в какой среде распространяется волна – в воздухе, в воде или в грунте, ее называют воздушной ударной волной, ударной волной в воде или сейсмозрывной волной в грунте.

Воздушная ударная волна представляет собой область сильно сжатого воздуха, распространяющегося во все стороны от центра взрыва. Механизм образования воздушной ударной волны рассмотрен на рис. 1. При взрыве образуется большое количество газообразных продуктов.

Переднюю границу волны, характеризующуюся резким скачком давления, называют *фронтом* ударной волны.

Во фронте ударной волны происходит скачкообразное изменение параметров состояния воздуха (давления, плотности, температуры, скорости движения). Характерной особенностью воздушной ударной волны является движущийся позади нее поток воздушной среды, направленный в ту же сторону.

Параметры состояния воздуха, находясь под весьма высоким давлением (порядка нескольких мегапаскалей, МПа), подобно сильно сжатой и мгновенно отпущенной пружине, расширяются.

Так как давление окружающего воздуха во много раз меньше давления продуктов взрыва, то последние, расширяясь, наносят резкий удар по прилегающим слоям. За счет этого воздух сжимается, повышается его давление, плотность, температура.

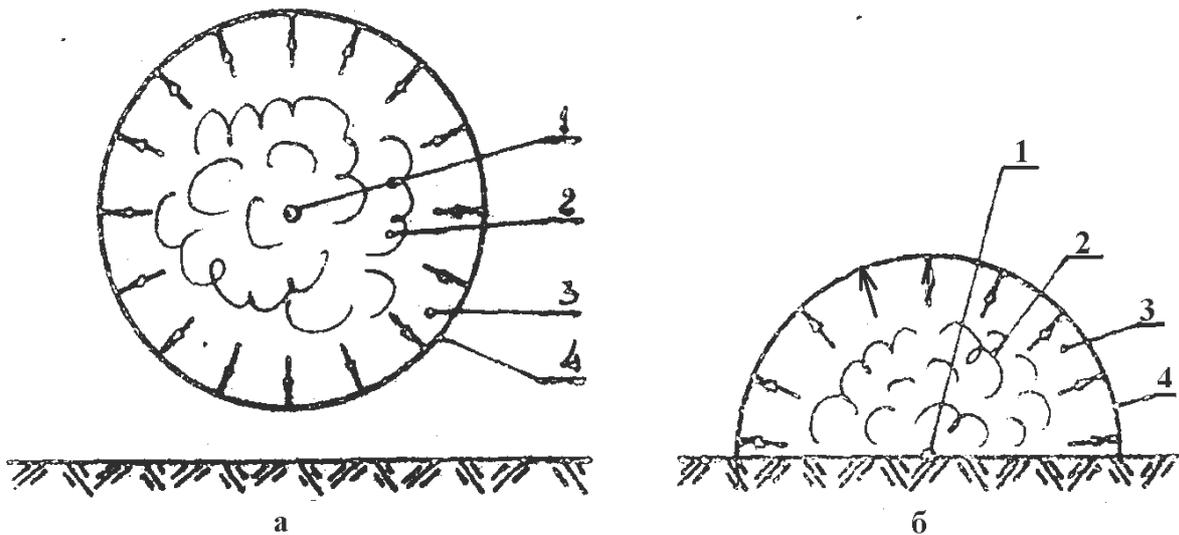


Рис. 1. Схема образования воздушной ударной волны:
а – при воздушном взрыве; б – при наземном взрыве; 1 – центр взрыва; 2 – газообразные продукты взрыва; 3 – зона сжатого воздуха; 4 – фронт ударной волны

Масса продуктов взрыва, расширяясь, вытесняет окружающий воздух и образует вокруг себя зону сжатого воздуха. Эта зона действует на окружающий, еще невозмущенный воздух и сжимает его. Таким способом сжатие быстро передается все дальше и дальше от места взрыва. Внешняя граница сжатого слоя воздуха и представляет собой фронт воздушной ударной волны.

Ударная волна имеет фазу сжатия и фазу разрежения. В фазе сжатия ударной волны давление выше атмосферного, а в сфере разрежения – ниже.

Наибольшее давление воздуха наблюдается на внешней границе фазы сжатия – во фронте волны.

Как видно из рис. 2, в момент прихода ударной волны давление повышается от нормального (атмосферного) P_0 до максимального во фронте P_1 . В дальнейшем по мере продвижения ударной волны давление падает ниже атмосферного.

Общее действие взрыва проявляется в разрушении оборудования или помещения, вызываемых ударной волной, а также выделением вредных веществ (продуктов взрыва или содержащихся в оборудовании). Основным параметром ударной волны, определяющим ее разрушающее и поражающее действие, является избыточное давление.

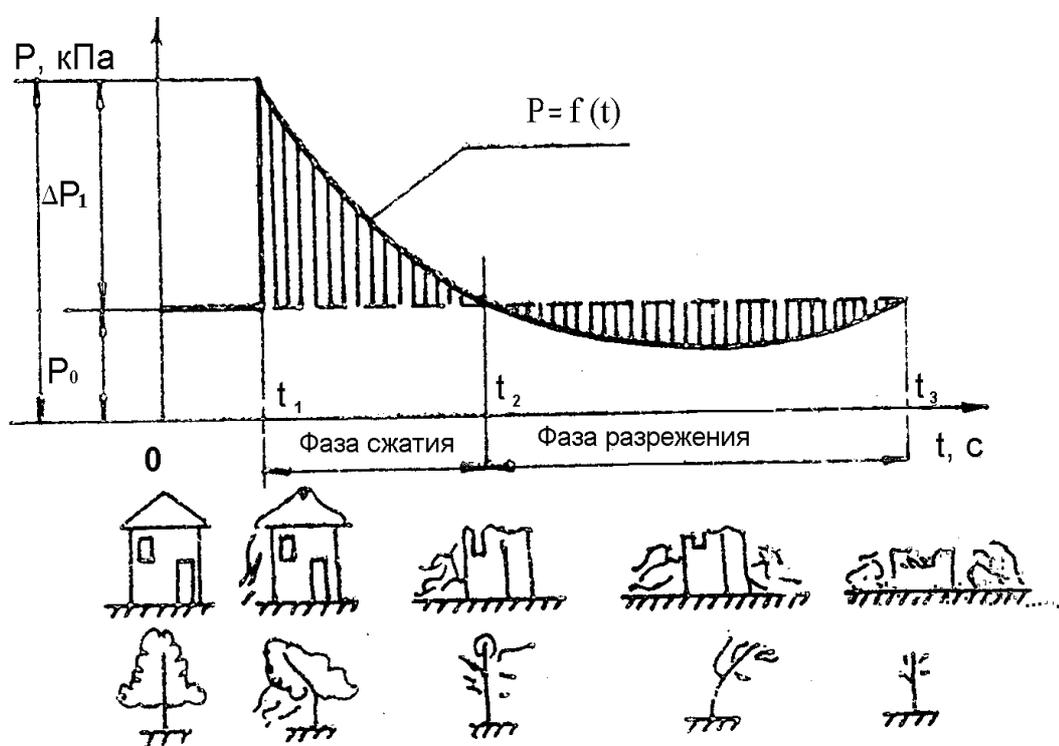


Рис. 2. Характер изменения давления в фиксированной точке пространства в зависимости от времени и результата действия ударной волны на местные предметы:

t_1 – момент прихода фронта ударной волны в фиксированную точку на местности; t_2 – момент падения давления после прохождения ударной волны до нормального; t_3 – момент окончания действия ударной волны и слоев воздуха

Избыточное давление во фронте ударной волны – это разница между максимальным и атмосферным давлением:

$$\Delta P = P_1 - P_0, \text{ Па (кгс/см}^2\text{)}.$$

Избыточное давление в данной точке зависит от расстояния до центра взрыва и его мощности (рис. 2). Методика определения избыточного давления приведена в следующих разделах.

При *детонационном горении (детонации)* распространение пламени происходит со скоростью, близкой к скорости звука или превышающей ее. Химическая энергия, выделяющаяся в детонационной волне, подпитывает ударную волну, не давая ей затухнуть. В условиях детонации достигается максимальное разрушительное действие взрыва. Поэтому режим детонационного горения принят за расчетный случай для прогнозирования инженерной обстановки при авариях с взрывом.

Инициирование (зажигание) газовой смеси (ГВС) с образованием очага горения возможно при следующих условиях:

- концентрация горючего газа в ГВС должна быть в диапазоне между нижним и верхним концентрационными пределами распространения пламени;

Нижний концентрационный предел ($C_{\text{нкп}}$) распространения пламени – это такая концентрация горючего газа в смеси с окислительной средой, ниже которой смесь становится неспособной к распространению пламени.

Верхний концентрационный предел ($C_{\text{вкп}}$) распространения пламени – это такая концентрация горючего в смеси с окислительной средой, выше которой смесь становится неспособной к распространению пламени.

- энергия зажигания от искры, горячей поверхности должна быть не ниже минимальной.

Минимальная энергия инициирования (зажигания) ($E_{\text{и}}$) – наименьшее значение энергии электрического разряда, способное воспламенить смесь стехиометрического состава.

Концентрация газа стехиометрического состава ($C_{\text{сх}}$) – концентрация горючего газа в смеси с окислительной средой, при которой обеспечивается полное без остатка химическое взаимодействие горючего и окислителя смеси.

При сгорании ГВС стехиометрического состава образуются только конечные продукты реакции горения, и выделившаяся теплота их сгорания не расходуется. По этой причине продукты

сгорания нагреваются до максимальной температуры.

К основным факторам, влияющим на параметры взрыва, относятся:

- массу и тип взрывоопасного вещества;
- параметры и условия хранения взрывоопасного вещества или использования в технологическом процессе;
- место возникновения взрыва;
- объемно-планировочные решения зданий.

Последствия взрыва на пожаровзрывоопасных предприятиях определяются в зависимости от условия размещения взрывоопасных продуктов. Если продукты размещаются вне помещений, то принимается, что авария развивается по сценарию взрыва в открытом пространстве. Если технологический аппарат с взрывоопасными продуктами размещен в зданиях, то авария развивается по сценарию взрыва в замкнутом объеме.

Следовательно, взрывы на промышленных предприятиях и базах хранения можно разделить на две группы – в открытом пространстве и производственных помещениях.

В открытом пространстве на промышленных предприятиях и базах хранения возможны взрывы ГВС, образующихся при разрушении резервуаров со сжатыми и сжиженными под давлением или охлаждением (в изотермических резервуарах) газами, а также при аварийном разливе ЛВЖ.

В производственных помещениях, наряду с взрывом ГВС, возможны также взрывы пылевоздушных смесей (ПВС), образующихся при работе технологических установок.

2. Взрывы газоздушных смесей (ГВС) в открытом пространстве при детонационном режиме горения

С целью проведения расчетов с гарантированным запасом по объему инженерно-спасательных работ, при обосновании исходных данных принимают такой случай разрушения резервуара, чтобы образовавшийся при этом взрыв ГВС произвел максимальное поражающее воздействие. Этот случай соответствует разрушению того резервуара, в котором хранится максимальное количество горючего вещества на рассматриваемом объекте.

При взрыве ГВС различают две зоны действия: детонационная волна – в пределах облака ГВС; воздушная ударная волна (ВУВ) – за пределами облака ГВС.

В зоне облака действует детонационная волна, избыточное давление во фронте которой принимается постоянным в пределах облака ГВС и приблизительно равным $\Delta P = 17 \text{ кгс/см}^2$ (1,7 МПа).

2.1. Расчетные формулы, используемые при прогнозе последствий взрывов газозвудушных смесей

В расчетах принимают, что зона действия детонационной волны ограничена радиусом r_0 , который определяется из допущения, что ГВС после разрушения емкости образует в открытом пространстве полусферическое облако. Объем полусферического облака может быть определен по формуле

$$V = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r_0^3, \text{ м}^3, \quad (2.1)$$

где $\pi = 3,14$.

Учитывая, что киломоль идеального газа при нормальных условиях занимает $22,4 \text{ м}^3$, объем образовавшейся ГВС при аварийной ситуации составит

$$V = \frac{22,4 \cdot k \cdot Q \cdot 100}{m_k \cdot C}, \text{ м}^3, \quad (2.2)$$

где k – коэффициент, учитывающий долю активного газа (долю продукта, участвующего во взрыве); принимают в зависимости от способа хранения продукта; Q – количество сжиженных углеводородных газов в хранилище до взрыва, кг; C – стехиометрическая концентрация газа, % по объему; m_k – молярная масса газа, кг/кмоль.

Из условия равенства полусферы и объема образовавшейся смеси, получим радиус зоны действия детонационной волны:

$$r_0 = 10 \cdot 3 \sqrt{\frac{Q \cdot k}{m_k \cdot C}}, \text{ м}. \quad (2.3)$$

Зона действия ВУВ начинается сразу за внешней границей облака ГВС. Давление во фронте ударной волны $\Delta P_{\text{ф}}$ зависит от

расстояния до центра взрыва, которое можно определить исходя из соотношения

$$\Delta P_{\phi} = f(r/r_0), \quad (2.4)$$

где r – расстояние от центра взрыва до рассматриваемой точки.

2.2. Пример по прогнозу последствий взрывов ГВС в открытом пространстве

Требуется определить избыточное давление во фронте ударной волны (ΔP_{ϕ}), ожидаемое в районе механического цеха при взрыве облака ГВС, образованного при разрушении резервуара с 10 т (Q) сжиженного под давлением пропана. Расстояние от центра взрыва до механического цеха (r) – 300 м.

Исходные данные:

вещество, характеризующее смесь – пропан (ГГ);

количество $Q = 10 \text{ т} = 10^4 \text{ кг}$;

расстояние от центра взрыва $r = 300 \text{ м}$;

способ хранения продукта – сжижен под давлением.

Определить:

избыточное давление во фронте ударной волны – ΔP_{ϕ} .

Расчет:

1. Находим по прил. 1 значения коэффициента k :

для газов, сжиженных под давлением – $k = 0,6$.

2. Находим по прил. 2 значения m_k , C :

пропан – $m_k = 44 \text{ кг/кмоль}$; $C = 4,03 \%$.

3. Определяем радиус зоны действия детонационной волны по формуле (2.3):

$$r_0 = 10 \cdot 3 \sqrt{\frac{Q \cdot k}{m_k \cdot C}} = 10 \cdot 3 \sqrt{\frac{10^4 \cdot 0,6}{44 \cdot 4,03}} = 32,3, \text{ м.}$$

4. Определяем соотношение $\frac{r}{r_0} = \frac{300}{32,3} = 9,3$.

5. По прил. 3 при $\frac{r}{r_0} = 9,3$ определяем давление во фронте ударной волны $\Delta P_{\phi} = 12 \text{ кПа}$.

3. Взрывы газопаровоздушных (ГПВС) и пылевоздушных (ПВС) смесей в производственных помещениях

Рассмотрим модели воздействия, позволяющие определить поля давлений при прогнозировании последствий взрывов в производственных помещениях.

Наиболее типичными аварийными ситуациями в этом случае считаются: разрушение аппарата или трубопровода со смешанными газами или жидкостями; потеря герметичности трубопроводов (разрыв сварного шва, прокладки, отрыв штуцера); разлив жидкостей по полу помещения или по рельефу местности; образование или выброс горючей пыли. В этом случае газо-, паро-, пылевоздушная смесь займет частично или полностью весь объем помещения. Затем этот объем заменяется расчетной сферой (в отличие от полусферы в открытом пространстве), радиус которой определяется с учетом объема помещения, типа и массы опасной смеси. При прогнозировании последствий считают, что процесс в помещении развивается в режиме детонации.

3.1. Расчетные формулы, используемые при прогнозе последствий взрывов ГПВС

При взрыве газопаровоздушных смесей зону детонационной волны, ограниченную радиусом r_0 , можно определить по формуле

$$r_0 = \frac{1}{24} \sqrt[3]{\mathcal{E}}, \text{ м}, \quad (3.1)$$

где $1/24$ – коэффициент, $\text{м}/\text{кДж}^{1/3}$; \mathcal{E} – энергия взрыва смеси, кДж.

$$\mathcal{E} = V_{\text{ГПВС}} \cdot \rho_{\text{СТХ}} \cdot Q_{\text{СТХ}}, \text{ кДж}, \quad (3.2)$$

где $V_{\text{ГПВС}}$ – объем смеси, м^3 ; $\rho_{\text{СТХ}}$ – плотность смеси стехиометрического состава, $\text{кг}/\text{м}^3$; $Q_{\text{СТХ}}$ – энергия взрывчатого превращения единицы массы смеси стехиометрического состава, кДж/кг.

$$V_{\text{ГПВС}} = \frac{100 \cdot V_{\text{Г}}}{C}, \quad (3.3)$$

где $V_{\text{Г}}$ – объем газа в помещении, м^3 ; C – стехиометрическая концентрация горючего по объему, %.

При объеме ГПВС ($V_{\text{ГПВС}}$) более объема помещения ($V_{\text{п}}$) объем смеси ($V_{\text{ГПВС}}$) принимают равным свободному объему помещения (V_0).

$$V_0 = 0,8 \cdot V_{\text{п}}, \text{ м}^3. \quad (3.4)$$

Для оперативного прогнозирования последствий взрыва в производственных помещениях расчеты целесообразно проводить для случая, при котором будут максимальные разрушения, то есть когда свободный объем помещения, где расположены емкости с газом, будет полностью заполнен взрывоопасной смесью стехиометрического состава. Тогда уравнение (3.2) по определению энергии взрыва можно записать в виде

$$\mathcal{E} = \frac{100 \cdot V_0 \cdot \rho_{\text{стх}} \cdot Q_{\text{стх}}}{C}, \text{ кДж}, \quad (3.5)$$

Далее принимается, что за зоной детонационной волны с давлением 17 кгс/см^2 , действует ВУВ. Давление во фронте ударной волны $\Delta P_{\text{ф}}$ зависит от расстояния до центра взрыва, которое можно определить по формуле (2.4).

3.2. Пример по прогнозу последствий взрывов ГПВС в производственных помещениях

Требуется определить избыточное давление во фронте ударной волны ($\Delta P_{\text{ф}}$) ГПВС на расстоянии (r_1) 30 м от контура помещения при разрушении его ограждающих конструкций. Произошел взрыв этилено-воздушной смеси при разгерметизации технологического блока внутри производственного помещения (размеры цеха: длина – 25 м, ширина – 15 м, высота – 4 м).

Исходные данные:

вещество, характеризующее смесь – этилен (ВВ);
размеры цеха: a – 25 м, b – 15 м, h – 4 м;
расстояние от контура помещения, r_1 – 30 м.

Определить:

избыточное давление во фронте ударной волны – $\Delta P_{\text{ф}}$.

Расчет:

1. Находим по прил. 2 значения $\rho_{\text{СТХ}}$; $Q_{\text{СТХ}}$; C :

этилен – $\rho_{\text{СТХ}} = 1,285 \text{ кг/м}^3$; $Q_{\text{СТХ}} = 3,01 \text{ кДж/кг}$; $C = 6,54 \%$.

2. Определяем объем помещения:

$$V_{\text{п}} = a \cdot b \cdot h = 25 \cdot 15 \cdot 4 = 1500 \text{ м}^3.$$

3. Определяем свободный объем помещения:

$$V_0 = 0,8 \cdot V_{\text{п}} = 0,8 \cdot 1500 = 1200 \text{ м}^3.$$

4. Определяем энергию взрыва смеси по формуле (4.4):

$$\mathcal{E} = \frac{100 \cdot V_0 \cdot \rho_{\text{СТХ}} \cdot Q_{\text{СТХ}}}{C} = \frac{100 \cdot 1200 \cdot 1,285 \cdot 3,01}{6,54} = 70969,7 \text{ кДж}.$$

5. Определяем радиус зоны детонационной волны, которая образуется при взрыве газопаровоздушных смесей (ГПВС) по формуле (3.1):

$$r_0 = \frac{1}{24} \sqrt[3]{\mathcal{E}} = \frac{1}{24} \sqrt[3]{70969,7 \cdot 10^3} = 17,2 \text{ м}.$$

6. Определяем соотношение $\frac{r}{r_0} = \frac{r_1 + r_0}{r_0} = \frac{30 + 17,2}{17,2} = 2,7$.

7. По прил. 3 при $\frac{r}{r_0} = 2,7$ определяем давление во фронте ударной волны $\Delta P_{\text{ф}} = 100 \text{ кПа}$ (1 кгс/см^2).

3.3. Расчетные формулы, используемые при прогнозе последствий взрывов ПВС

При нарушении герметичности технологических аппаратов пыль выбрасывается в помещение, где вместе с накопившейся пылью смешивается с воздухом, образуя ПВС, способную гореть. Искровой разряд приводит к взрывному горению такой смеси. В отличие от ГВС образование взрывоопасного облака ПВС в помещении может происходить в процессе самого горения. Взрыву в большинстве случаев предшествуют локальные микровзрывы (хлопки) в оборудовании, резервуарах и воспламенение в отдельных участках здания, что вызывает встряхивание пыли, осевшей на полу, стенах и других строительных конструкциях и оборудовании. Это приводит к образованию взрывоопасных кон-

центраций пыли во всем объеме помещения, взрыв которой вызывает сильные разрушения.

При оперативном прогнозировании последствий при взрыве ПВС принимают, что процесс развивается в детонационном режиме. Зону детонационной волны, ограниченную радиусом r_0 , можно определить по формуле (3.1), в которой энергия взрыва определяется из выражения

$$\mathcal{E} = m \cdot Q, \text{ кДж}, \quad (3.6)$$

где Q – удельная теплота сгорания вещества, образовавшего пыль, кДж/кг; m – расчетная масса пыли, кг.

При оперативном прогнозировании расчетная масса пыли определяется из условия, что свободный объем помещения будет полностью заполнен взвешенным дисперсным продуктом, образуя при этом ПВС стехиометрической концентрации

$$m = \frac{V_0 \cdot C}{1000}, \text{ кг}, \quad (3.7)$$

где V_0 – свободный объем помещения, м³; C – стехиометрическая концентрация пыли, г/м³.

$$C \approx \varphi_{\text{нкпр}}, \quad (3.8)$$

где $\varphi_{\text{нкпр}}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени, г/м³.

Нижний концентрационный предел распространения пламени ($\varphi_{\text{нкпр}}$) – это минимальное содержание пыли в смеси с воздухом, при котором возможно возгорание.

Значение $\varphi_{\text{нкпр}}$ для различных веществ находится в пределах:

- неорганических веществ (сера, фосфор) 2–30 г/м³;
- пластмасс 20–100 г/м³;
- пестицидов и красителей 30–300 г/м³;
- шерсти 100–200 г/м³.

Далее принимается, что за зоной детонационной волны с давлением 17 кгс/см², действует ВУВ. Давление во фронте ударной волны $\Delta P_{\text{ф}}$ зависит от расстояния до центра взрыва, которое можно определить по формуле (2.4).

3.4. Пример по прогнозу последствий взрывов ПВС в производственных помещениях

Требуется определить избыточное давление во фронте ударной волны (ΔP_{ϕ}) ПВС на расстоянии $r_1 = 30$ м от контура помещения при разрушении его ограждающих конструкций. Произошел взрыв в цехе по переработке полиэтилена при разгерметизации технологического блока ПВС (размеры цеха: длина – 25 м, ширина – 15 м, высота – 4 м).

Исходные данные:

вещество, характеризующее смесь – полиэтилен;
размеры цеха: $a = 25$ м, $b = 15$ м, $h = 4$ м;
расстояние от контура помещения: $r_1 = 30$ м.

Определить:

избыточное давление во фронте ударной волны – ΔP_{ϕ} .

Расчет:

1. Находим по прил. 4 значения $\phi_{\text{нкпр}}$; Q :

полиэтилен – $\phi_{\text{нкпр}} = 45$ г/м³; $Q = 47,1$ кДж/кг.

2. Определяем объем помещения:

$$V_{\text{п}} = a \cdot b \cdot h = 25 \cdot 15 \cdot 4 = 1500 \text{ м}^3.$$

3. Определяем свободный объем помещения:

$$V_0 = 0,8 \cdot V_{\text{п}} = 0,8 \cdot 1500 = 1200 \text{ м}^3.$$

4. Определяем стехиометрическую концентрацию пыли:

$$C = 3 \cdot \phi_{\text{нкпр}} = 3 \cdot 45 = 135 \text{ г/ м}^3.$$

5. Определяем массу пыли исходя из условия, что свободный объем помещения будет полностью заполнен взвешенным дисперсным продуктом, образуя при этом ПВС стехиометрической концентрации:

$$m = \frac{V_0 \cdot C}{1000} = \frac{1200 \cdot 135}{1000} = 162 \text{ кг.}$$

6. Определяем энергию взрыва смеси по формуле (3.6):

$$\mathcal{E} = m \cdot Q = 162 \cdot 47,1 = 7630,2 \text{ кДж.}$$

7. Определяем радиус зоны детонационной волны, которая образуется при взрыве ПВС по формуле (3.1):

$$r_0 = \frac{1}{24} \sqrt[3]{\Theta} = \frac{1}{24} \sqrt[3]{7630,2 \cdot 10^3} = 8,2 \text{ м.}$$

8. Определяем соотношение $\frac{r}{r_0} = \frac{r_1 + r_0}{r_0} = \frac{30 + 8,2}{8,2} = 4,6$.

7. По прил. 3 при $\frac{r}{r_0} = 4,6$ определяем давление во фронте ударной волны $\Delta P_{\text{ф}} = 43 \text{ кПа}$ ($0,43 \text{ кгс/см}^2$).

4. Оценка обстановки в зоне разрушения

При выполнении оценки обстановки на пожаровзрывоопасных объектах рекомендуется на план объекта нанести зоны с радиусами, соответственно равными $\Delta P_{\text{ф}} = 100; 50; 30; 20; 10 \text{ кПа}$.

Для ЧС, вызванных взрывами, при оперативном прогнозировании обстановки принято рассматривать четыре степени разрушения зданий: слабые ($10 \leq \Delta P_{\text{ф}} < 20 \text{ кПа}$); средние ($20 \leq \Delta P_{\text{ф}} < 30 \text{ кПа}$); сильные ($30 \leq \Delta P_{\text{ф}} < 50 \text{ кПа}$); полные ($\Delta P_{\text{ф}} \geq 50 \text{ кПа}$). Характеристики степеней разрушения зданий приведены в прил. 5.

Обстановку в зоне разрушения принято оценивать показателями, которые могут быть разделены на две группы:

- показатели, непосредственно характеризующие инженерную обстановку;
- показатели, определяющие объем аварийно-спасательных работ и жизнеобеспечения населения.

К основным показателям инженерной обстановки относятся:

- 1) количество зданий, получивших полные, сильные, средние и слабые разрушения;
- 2) объем завала;
- 3) количество участков, требующих укрепления (обрушения) поврежденных или разрушенных конструкций;
- 4) количество аварий на КЭС.

Кроме основных показателей, при оценке инженерной обстановки могут определяться вспомогательные показатели, к ко-

торым относятся:

- 1) дальность разлета обломков от контура здания;
- 2) высота завала.

К основным показателям, влияющим на объемы поисково-спасательных работ, относятся:

- 1) общая численность пострадавших людей;
- 2) число пострадавших, оказавшихся в завале;
- 3) число людей, оказавшихся без крова (для жилых районов);
- 4) потребность во временном жилье.

При взрывах на объектах люди поражаются непосредственно ВУВ, осколками остекления и обломками зданий, получивших полные и сильные разрушения, значительная часть людей может оказаться в завалах.

Данные показатели используются при определении состава сил и средств, приведенных для ликвидации последствий аварий.

На основании анализа материалов случившихся аварий основным фактором, определяющим потери, является степень повреждения зданий. Принимается, что:

в полностью разрушенных зданиях выходит из строя 100 % находящихся в них людей, при этом полагают, что все пострадавшие находятся в завалах;

в сильно разрушенных зданиях выходит из строя до 60 % находящихся в них людей, при этом считают, что 50 % из числа вышедших из строя может оказаться в завале, остальные поражаются обломками, стеклами и давлением в волне;

в зданиях, получивших средние разрушения, может выйти из строя до 10–15 % находящихся в них людей.

4.1. Расчетные формулы, используемые при оценке показателей, непосредственно характеризующих инженерную обстановку

Рассмотрим порядок определения показателей, характеризующих инженерную обстановку:

1. Количество зданий, получивших степени разрушения определяют путем сопоставления давлений, характеризующих прочность зданий и давлений, характеризующих воздействие взрыва.

В прил. 6 приведены интервалы давлений, вызывающих ту или иную степень разрушения жилых, общественных и производственных зданий при взрывах ВВ и горючих смесей.

2. Объем завала полностью разрушенного здания определяют по формуле

$$V = \frac{\gamma \cdot a \cdot b \cdot h}{100}, \text{ м}^3, \quad (4.1)$$

где a , b , h – длина, ширина и высота здания, м; γ – объем завала, принимаемый для промышленных зданий – $\gamma = 20 \text{ м}^3$, для жилых зданий – $\gamma = 40 \text{ м}^3$.

3. Объем завала здания, получившего сильную степень разрушения, принимают равным половине от объема завала полностью разрушенного здания.

4. Количество участков, требующих укрепления (обрушения) поврежденных или разрушенных конструкций, принимают из расчета один участок на здание, получившее сильное разрушение.

5. Количество аварий на КЭС принимают равным числу разрушенных вводов коммуникаций в здание (электро-, газо-, тепло- и водоснабжения). Кроме того, проверяется возможность разрушения головных элементов коммуникаций и линий снабжения. Ввод коммуникации считается разрушенным, если здание получило полную или сильную степень разрушения. При отсутствии исходных данных можно принять, что каждое здание имеет четыре ввода коммуникации.

6. Дальность разлета обломков разрушенных зданий определяется для оценки заваливаемости подъездов. Дальность разлета обломков принимают равным половине высоты здания.

7. Высота завала вычисляется для выбора способа проведения спасательных работ. Если высота завала составляет 4–5 м, то более эффективной является проходка галерей в завале, при проведении спасательных работ из заваленных подвалов. Расчеты высоты завала проводят по формуле.

$$H = \frac{\gamma \cdot h}{100 + k \cdot h}, \text{ м}, \quad (4.2)$$

где h – высота здания, м; γ – объем завала здания, м^3 ; k – показатель, равный для взрыва вне здания – 2; внутри здания – 2,5.

4.2. Пример по оценки показателей, непосредственно характеризующих инженерную обстановку

Требуется определить показатели, непосредственно характеризующие инженерную обстановку, в пределах которой оказались цех № 1, цех № 2 и жилое здание. Произошел взрыв этилено-воздушной смеси при разгерметизации технологического блока внутри производственного помещения.

Исходные данные: (сведены в таблицу 1)

Таблица 1

	Цех № 1	Цех № 2	Жилое здание
Размеры	$a - 25$ м, $b - 15$ м, $h - 4$ м;	$a - 35$ м, $b - 70$ м, $h - 8$ м;	$a - 40$ м, $b - 60$ м, $h - 10$ м
Избыточное давление	$\Delta P_{\text{ф}} = 50$ кПа	$\Delta P_{\text{ф}} = 95$ кПа	$\Delta P_{\text{ф}} = 6$ кПа
Тип здания	железобетонное крупнопанельное с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью до 50 т	железобетонное крупнопанельное с железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью от 50 до 100 т	кирпичное малоэтажное

Определить:

показатели, непосредственно характеризующие инженерную обстановку.

Расчет:

1. Определяем количество зданий, получивших степень разрушения путем сопоставления давлений, характеризующих прочность зданий (см. прил. 6) и давлений, характеризующих воздействие взрыва (см. исходные данные).

При $\Delta P_{\text{ф}} = 6$ кПа степень разрушения жилого здания – слабая;

при $\Delta P_{\text{ф}} = 50$ кПа степень разрушения цеха № 1 – сильная;

при $\Delta P_{\text{ф}} = 95$ кПа степень разрушения цеха № 2 – полная.

2. Определяем объем завала полностью разрушенного здания:

$$V_{пол.} = \frac{\gamma \cdot a \cdot b \cdot h}{100} = \frac{20 \cdot 25 \cdot 15 \cdot 4}{100} = 300, \text{ м}^3$$

3. Определяем объем завала здания, получившего сильную степень разрушения:

$$V_{сил.} = \frac{300}{2} = 150, \text{ м}^3$$

4. Определяем количество участков, требующих укрепления (обрушения) поврежденных или разрушенных конструкций: т.к. зданий получивших сильное разрушение одно, то количество участков, требующих укрепления (обрушения) поврежденных или разрушенных конструкций – 1.

5. Определяем количество аварий на КЭС: т.к. исходные данные по количеству вводов коммуникаций в здание отсутствуют, то принимаем, что каждое здание имеет четыре ввода коммуникации. Ввод коммуникации считается разрушенным, если здание получило полную или сильную степень разрушения. Количество аварий на КЭС-8.

6. Определяем дальность разлета обломков разрушенных зданий:

дальность разлета обломков для цеха № 1: $h/2 = 4/2 = 2$ м;

дальность разлета обломков для цеха № 2: $h/2 = 8/2 = 4$ м;

7. Определяем высоту завала:

$$H = \frac{300 \cdot 4}{100 + 2,5 \cdot 4} = 10,9, \text{ м},$$

Высота завала составляет 10,9 м, то более эффективной является проходка галерей в завале, при проведении спасательных работ из заваленных подвалов.

4.3. Расчетные формулы, используемые при оценке показателей, влияющих на объемы поисково-спасательных работ

Рассмотрим порядок определения показателей, влияющих на объемы поисково-спасательных работ:

1. *Максимальное количество людей, вышедших из строя в зданиях, составит*

$$N_{об.зд.} = N_{пол.р} + 0,6 N_{сил.р} + 0,15 \cdot N_{ср.р}, \text{ чел}, \quad (4.3)$$

где $N_{пол.р}$, $N_{сил.р}$, $N_{ср.р}$ – количество людей, находящихся в зданиях, получивших соответственно полные, сильные и средние разрушения.

2. *Безвозвратные потери людей* на объекте составят

$$N_{б} = 0,6 \cdot N_{об.зд.}, \text{ чел}, \quad (4.4)$$

где $N_{об.зд.}$ – максимальное количество людей вышедших из строя в здания.

3. *Санитарные потери*

$$N_{с} = N_{об.зд.} - N_{б}, \text{ чел}. \quad (4.5)$$

где $N_{об.зд.}$ – максимальное количество людей вышедших из строя в здания; $N_{б}$ – безвозвратные потери людей.

4. *Число пострадавших, оказавшихся в завалах*, определяется из выражения

$$N_{зав} = N_{пол.р.} + 0,3 \cdot N_{сил.р.}, \text{ чел}. \quad (4.6)$$

где $N_{пол.р.}$, $N_{сил.р.}$ – количество людей, находящихся в зданиях, получивших соответственно полные и сильные разрушения.

5. *Число людей, оказавшихся без крова*, принимается равным численности людей, проживающих в зданиях, получивших конкретные степени разрушения.

6. *Потребность в жилой площади во временных зданиях, домиках и палаточных городках* может быть определена из расчета размещения:

3–4 человека (или 1 семья) в комнате сборно-разборного домика, площадью 8–10 м²;

4–5 человек (или 1 семья) в одной лагерной палатке;

до 20 человек в палаточном общежитии УСБ-56 и до 30 коек при использовании УСБ-56 для развертывания больниц и медицинских пунктов при двухъярусном размещении больных.

4.4. Пример по оценки показателей, влияющих на объемы поисково-спасательных работ

Требуется определить показатели, влияющие на объемы поисково-спасательных работ, в пределах которой оказались цех

№ 1, цех № 2 и жилое здание при взрыве облака ГВС, образованного при разрушении резервуара со сжиженным под давлением пропаном.

Исходные данные: (сведены в таблицу 2)

Таблица 2

	Цех № 1	Цех № 2	Жилое здание
Избыточное давление	$\Delta P_{\text{ф}} = 50$ кПа	$\Delta P_{\text{ф}} = 95$ кПа	$\Delta P_{\text{ф}} = 6$ кПа
Количество людей, чел.	200	100	150

Определить:

показатели, влияющие на объемы поисково-спасательных работ.

Расчет:

1. Используя показатели инженерной обстановки (см. п. 4.2) определяем количество людей, находящихся в зданиях, получивших:

полные разрушения – $N_{\text{пол.р}} = 200$ чел.;

сильные разрушения – $N_{\text{сил.р}} = 0,6 \cdot 100 = 60$ чел.

2. Определяем максимальное количество людей, вышедших из строя в зданиях:

$$N_{\text{об.зд.}} = 200 + 60 + 0 = 260, \text{ чел.}$$

2. Определяем безвозвратные потери людей на объекте:

$$N_{\text{б}} = 0,6 \cdot 260 = 156, \text{ чел.}$$

3. Определяем санитарные потери:

$$N_{\text{с}} = 260 - 156 = 104, \text{ чел.}$$

4. Определяем число пострадавших, оказавшихся в завалах:

$$N_{\text{зав}} = 200 + 0,3 \cdot 60 = 218, \text{ чел.}$$

5. Определяем число людей, оказавшихся без крова: т.к. жилое здание получило слабую степень разрушения, то людей, оказавшихся без крова – нет.

6. Потребности в жилой площади во временных зданиях, домиках и палаточных городках – нет.

5. Задания на самостоятельную работу

5.1. Прогноз последствий взрывов ГВС в открытом пространстве при детонационном режиме горения

Используя исходные данные табл. 3 требуется определить избыточное давление во фронте ударной волны (ΔP_{ϕ}), ожидаемое в районе жилого здания и цехов при взрыве облака ГВС, образованного при разрушении резервуара с Q т вещества, характеризующее газоздушную смесь.

Для всех вариантов расстояние от центра взрыва до жилого здания – $r_1 = 800$ м, до цеха № 1 – $r_2 = 500$ м, до цеха № 2 – $r_3 = 300$ м.

Расчетные формулы, используемые при прогнозе последствий взрывов ГВС приведены на с. 7 (п. 2.1).

Пример по прогнозу последствий взрывов ГВС в открытом пространстве на с. 8 (п. 2.2).

Таблица 3

Исходные данные для самостоятельного решения

№ варианта	Вещество, характеризующее смесь	Условные обозначения*	Количество вещества Q , т	Способ хранения продукта
1	Аммиак	ГГ	250	Резервуар
2	Гексан	ЛВЖ	500	Аварийный разлив
3	Пропан	ГГ	750	Сжижен под давлением
4	Ацетилен	ВВ	1000	Резервуар
5	Метан	ГГ	250	Резервуар
6	Бензол	ЛВЖ	500	Аварийный разлив
7	Бутилен	ГГ	750	Сжижен под давлением
8	Этилен	ВВ	1000	Резервуар
9	Пропилен	ГГ	250	Сжижен охлаждением
10	Толуол	ЛВЖ	500	Аварийный разлив
11	Водород	ГГ	750	Резервуар
12	Пентан	ЛВЖ	1000	Аварийный разлив
13	Бутан	ГГ	250	Сжижен под давлением
14	Ксилол	ЛВЖ	500	Аварийный разлив
15	Окись углерода	ГГ	750	Резервуар

* ГГ – горючий газ; ВВ – взрывоопасное вещество; ЛВЖ – легко воспламеняющаяся жидкость.

5.2. Прогноз последствий взрывов ГПВС в производственных помещениях

Используя исходные данные табл. 4 требуется определить избыточное давление во фронте ударной волны (ΔP_{ϕ}) ГПВС на расстоянии – r_1 м от контура помещения при разрушении его ограждающих конструкций. Произошел взрыв ГПВС при разгерметизации технологического блока внутри производственного помещения (размеры цеха: длина – a , м, ширина – b , м, высота – h , м).

Расчетные формулы, используемые при прогнозе последствий взрывов ГПВС приведены на с. 9 (п. 3.1).

Пример по прогнозу последствий взрывов ГПВС в производственных помещениях на с. 10 (п. 3.2).

Таблица 4

Исходные данные для самостоятельного решения

№ варианта	Вещество, характеризующее смесь	Условные обозначения*	Размеры цеха a, b, h , м	Расстояние от контура помещения r_1 , м
1	Аммиак	ГГ	100, 10, 6	15
2	Гексан	ЛВЖ	80, 12, 5	14
3	Пропан	ГГ	70, 15, 4	13
4	Ацетилен	ВВ	60, 20, 4	12
5	Метан	ГГ	50, 25, 4	10
6	Бензол	ЛВЖ	40, 25, 5	25
7	Бутилен	ГГ	30, 20, 4	16
8	Этилен	ВВ	35, 15, 5	12
9	Пропилен	ГГ	45, 12, 4	18
10	Толуол	ЛВЖ	55, 10, 6	24
11	Водород	ГГ	65, 8, 5	28
12	Пентан	ЛВЖ	75, 6, 4	35
13	Бутан	ГГ	85, 10, 5	24
14	Ксилол	ЛВЖ	90, 12, 5	35
15	Окись углерода	ГГ	120, 15, 6	6

5.3. Прогноз последствий взрывов ПВС в производственных помещениях

Используя исходные данные табл. 5 требуется определить избыточное давление во фронте ударной волны (ΔP_{ϕ}) ПВС на расстоянии – r_1 м от контура помещения при разрушении его ограждающих конструкций. Произошел взрыв в цехе при разгерметизации технологического блока ПВС (размеры цеха: длина – a , м, ширина – b , м, высота – h , м).

Расчетные формулы, используемые при прогнозе последствий взрывов ПВС приведены на с. 11 (п. 3.3).

Пример по прогнозу последствий взрывов ПВС в производственных помещениях на с. 13 (п. 3.4).

Таблица 5

Исходные данные для самостоятельного решения

№ варианта	Вещество, характеризующее смесь	Размеры цеха a, b, h , м	Расстояние от контура помещения r_1 , м
1	Полистирол	100, 10, 6	15
2	Полиэтилен	80, 12, 5	14
3	Метилцеллюлоза	70, 15, 4	13
4	Полиоксадиазол	60, 20, 4	12
5	Сера	50, 25, 4	10
6	Полиэтилен	40, 25, 5	25
7	Нафталин	30, 20, 4	16
8	Фталиевый ангидрид	35, 15, 5	12
9	Уротропин	45, 12, 4	18
10	Адипиновая кислота	55, 10, 6	24
11	Сера	65, 8, 5	28
12	Алюминий	75, 6, 4	35
13	Нафталин	85, 10, 5	24
14	Полистирол	90, 12, 5	35
15	Уротропин	120, 15, 6	6

5.4. Определение показателей, непосредственно характеризующих инженерную обстановку

Используя исходные данные табл. 6 и 7 требуется определить показатели, непосредственно характеризующие инженерную обстановку, в пределах которой оказались цех № 1, цех № 2 и жилое здание. Произошел взрыв ГВС при разгерметизации технологического блока внутри производственного помещения.

Расчетные формулы, используемые при оценке показателей, непосредственно характеризующих инженерную обстановку приведены на с. 15 (п. 4.1).

Пример по оценки показателей, непосредственно характеризующих инженерную обстановку приведен на с. 17 (п. 4.2).

Таблица 6

Исходные данные для самостоятельного решения

№ варианта	Типы здания		
	Жилое здание	Цех № 1	Цех № 2
1	2	3	4
1	Кирпичное малоэтажное	Железобетонное крупнопанельное с железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью до 50 т	Железобетонное крупнопанельное с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью от 50 до 100 т
2	Кирпичное многоэтажное	Железобетонное крупнопанельное с железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью от 50 до 100 т	Складские помещения с металлическим каркасом и стенами из листового металла
3	Железобетонное крупнопанельное малоэтажные	Железобетонное крупнопанельное с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью до 50 т	Железобетонное крупнопанельное с железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью от 50 до 100 т
4	Железобетонное крупнопанельное многоэтажные	Железобетонное крупнопанельное с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью от 50 до 100 т	Железобетонное крупнопанельное с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью до 50 т
5	Железобетонное монолитное многоэтажное	Складские помещения с металлическим каркасом и стенами из листового металла	Железобетонное крупнопанельное с железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью до 50 т

Продолжение табл. 6

1	2	3	4
6	Железобетонное монолитное повышенной этажности	Железобетонное крупнопанельное с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью до 50 т	Железобетонное крупнопанельное с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью от 50 до 100 т
7	Каменное малоэтажное	Железобетонное крупнопанельное с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью от 50 до 100 т	Железобетонное крупнопанельное с железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью до 50 т
8	Каменное многоэтажные	Складские помещения с металлическим каркасом и стенами из листового металла	Железобетонное крупнопанельное с железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью до 50 т
9	Кирпичное малоэтажное	Железобетонное крупнопанельное с железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью от 50 до 100 т	Складские помещения с металлическим каркасом и стенами из листового металла
10	Кирпичное многоэтажное	Железобетонное крупнопанельное с железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью до 50	Железобетонное крупнопанельное с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью до 50 т
11	Железобетонное крупнопанельное малоэтажные	Складские помещения с металлическим каркасом и стенами из листового металла	Железобетонное крупнопанельное с железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью от 50 до 100 т
12	Железобетонное крупнопанельное многоэтажные	Железобетонное крупнопанельное с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью от 50 до 100 т	Железобетонное крупнопанельное с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью до 50 т

Продолжение табл. 6

1	2	3	4
13	Железобетонное монолитное многоэтажное	Железобетонное крупнопанельное с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью до 50 т	Железобетонное крупнопанельное с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью от 50 до 100 т
14	Железобетонное монолитное повышенной этажности	Железобетонное крупнопанельное с железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью от 50 до 100 т	Складские помещения с металлическим каркасом и стенами из листового металла
15	Каменное малоэтажное	Железобетонное крупнопанельное с железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью до 50 т	Железобетонное крупнопанельное с железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью от 50 до 100 т

Таблица 7

27

Исходные данные для самостоятельного решения

№ варианта	Типы зданий	Размеры здания, м			Количество людей, чел.	ΔP_{ϕ} , кПа
		длина	ширина	высота		
1	2	3	4	5	6	7
1	Кирпичное малоэтажное	150	20	10	160	12
2	Кирпичное многоэтажное	200	30	15	450	40
3	Железобетонное крупнопанельное малоэтажное	300	40	25	200	12
4	Железобетонное крупнопанельное многоэтажные	180	40	18	480	30

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7
5	Железобетонное монолитное многоэтажное	250	40	20	300	35
6	Железобетонное монолитное повышенной этажности	350	50	30	600	40
7	Каменное малоэтажное	60	60	50	12	10
8	Каменное многоэтажные	100	30	5	60	11
9	Железобетонное крупнопанельное с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью до 50 т	500	160	15	100	50
10	Железобетонное крупнопанельное с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью от 50 до 100 т	740	200	12	60	120
11	Железобетонное крупнопанельное с железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью до 50 т	620	300	15	454	70
12	Железобетонное крупнопанельное с железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью от 50 до 100 т	800	150	20	140	130
13	Складские помещения с металлическим каркасом и стенами из листового металла	170	100	30	8	25

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7
14	Железобетонное монолитное повышенной этажности	255	50	125	450	55
15	Железобетонное крупнопанельное с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью до 50 т	200	45	35	120	110

5.5. Определение показателей, влияющих на объемы поисково-спасательных работ

Используя исходные данные табл. 4 и 5 требуется определить показатели, влияющие на объемы поисково-спасательных работ, в пределах которой оказались цех № 1, цех № 2 и жилое здание при взрыве облака ГВС, образованного при разрушении резервуара со сжиженным под давлением пропаном.

Расчетные формулы, используемые при оценке показателей, влияющих на объемы поисково-спасательных работ приведены на с. 18 (п. 4.3).

Пример по оценки показателей, влияющих на объемы поисково-спасательных работ приведены на с. 19 (п. 4.4).

Вопросы для самопроверки

1. Какие объекты относят к пожаровзрывоопасным?
2. Что называется горением?
3. Что называют распространением пламени?
4. Каким может быть горение в зависимости от скорости распространения пламени?
5. Что называется ударной волной?
6. Что называют фронтом ударной волны?
7. Каким основным параметром ударной волны определяется ее разрушающее и поражающее действие?
8. При каких условиях возможно инициирование газовой среды с образованием очага горения?
9. Что называется нижним и верхним концентрационным пределом распространения пламени?
10. Что называют минимальной энергией инициирования?
11. Что называют концентрацией газа стехиометрического состава?
12. Что является основными факторами, влияющими на параметры взрыва?
13. Назовите две группы, на которые можно разделить взрывы на промышленных предприятиях и базах хранения.
14. Какие две зоны действия различают при взрыве ГВС?
15. Перечислите основные показатели инженерной обстановки.
16. Перечислите основные показатели, влияющие на объемы поисково-спасательных работ.

Значение коэффициента k

Способ хранения продукта	k
Резервуар с газообразным веществом	1
Газ, сжиженный под давлением	0,6
Газ, сжиженный охлаждением (хранящийся в изотермических емкостях)	0,1
Аварийный разлив ЛВЖ	0,05

Основные характеристики газопаровоздушных смесей

Вещество, характеризующее смесь	Формула вещества, образующего смесь	Характеристики смеси			
		m_k , кг/кмоль	$\rho_{стх}$, кг/м ³	$Q_{стх}$, кДж/кг	C , об. %
Газовоздушная смесь (ГВС)					
Аммиак	CH ₃	15	1,180	2,370	19,72
Ацетилен	C ₂ H ₂	26	1,278	3,387	7,75
Бутан	C ₄ H ₁₀	58	1,328	2,776	3,13
Бутилен	C ₄ H ₈	56	1,329	2,892	3,38
Водород	H ₂	2	0,933	3,425	29,59
Метан	CH ₄	16	1,232	2,763	9,45
Окись углерода	CO	28	1,280	2,930	29,59
Пропан	C ₃ H ₈	44	1,315	2,801	4,03
Пропилен	C ₃ H ₆	42	3,314	2,922	4,46
Этилен	C ₂ H ₄	28	1,285	3,010	6,54
Паровоздушные смеси (ПВС)					
Бензол	C ₆ H ₆	78	1,350	2,937	2,84
Гексан	C ₆ H ₁₄	86	1,340	2,797	2,16
Ксилол	C ₆ H ₁₀	106	1,355	2,830	1,96
Пентан	C ₅ H ₁₂	72	1,340	2,797	2,56
Толуол	C ₇ H ₈	92	1,350	2,843	2,23

Приложение 3

Давление во фронте ударной волны
в зависимости от расстояния до шнура взрыва

r/r_0	0–1	1,01	1,04	1,08	1,2	1,4	1,8	2,7
ΔP_ϕ , кПа	1700	1232	814	568	400	300	200	100
r/r_0	3	4	5	6	8	12	20	–
ΔP_ϕ , кПа	80	50	40	30	20	10	5	–

Приложение 4

Показатели взрывных явлений пыли

Вещество	$\Phi_{\text{нкпр}}$, г/м ³	Q , кДж/кг
Полистирол	27,5	39,8
Полиэтилен	45,0	47,1
Метилцеллюлоза	30,0	11,8
Полиоксадиазол	18,0	18,0
Пигмент зеленый (краситель)	45,0	42,9
Пигмент бордо на полиэтилене	39,0	42,9
Нафталин	2,5	39,9
Фталиевый ангидрид	12,6	21,0
Уротропин	15,0	28,1
Адипиновая кислота	35,0	19,7
Сера	2,3	8,2
Алюминий	58,0	30,13

Характеристика степеней разрушения зданий

Степени разрушения	Характеристика разрушения
Слабые	Частичное разрушение внутренних перегородок, кровли, дверных и оконных коробок, легких построек и др. Основные несущие конструкции сохраняются. Для полного восстановления требуется капитальный ремонт.
Средние	Разрушение меньшей части несущих конструкций. Большая часть несущих конструкций сохраняется и лишь частично деформируется. Может сохраняться часть ограждающих конструкций (стен), однако при этом второстепенные и несущие конструкции могут быть частично разрушены. Здание выводится из строя, но может быть восстановлено.
Сильные	Разрушение большей части несущих конструкций. При этом могут сохраняться наиболее прочные элементы здания, каркасы, ядра жесткости, частично стены и перекрытия нижних этажей. При сильном разрушении образуется завал. Восстановление возможно с использованием сохранившихся частей и конструктивных элементов. В большинстве случаев восстановление нецелесообразно.

Приложение 6

Степени разрушения зданий от избыточного давления
при взрывах взрывчатых веществ и горючих смесей

Типы зданий	Степени разрушения и избыточные давления, кПа			
	слабые	средние	сильные	полные
Кирпичные и каменные:				
малоэтажные	8–20	20–35	35–50	50–70
многоэтажные	8–15	–30	30–45	45–60
Железобетонные крупнопанельные:				
малоэтажные	10–30	30–45	45–70	70–90
многоэтажные	8–25	25–40	40–60	60–80
Железобетонные монолитные:				
многоэтажные	25–50	50–115	115–180	180–250
повышенной этажности	25–45	45–105	105–170	170–215
Железобетонные крупнопанельные с железобетонным и металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью, в тоннах:				
до 50	5–30	30–45	45–75	75–120
от 50 до 100	15–45	45–60	60–90	90–135
Складские помещения с металлическим каркасом и стенами из листового металла	5–10	10–20	20–35	35–45

Составитель
Светлана Николаевна Ливинская

**ОЦЕНКА ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИЯХ СО ВЗРЫВАМИ
НА ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ**

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине
«Безопасность жизнедеятельности» и «Охрана труда»
для студентов всех специальностей и всех форм обучения

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 21.03.2008. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 1,7.

Тираж 116 экз. Заказ

ГУ КузГТУ, 650026, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Типография ГУ КузГТУ, 650099, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4 А.