

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

Кафедра «Автотранспортная и техносферная безопасность»

**Методические указания к *практическим занятиям***  
**по дисциплине**  
**«Безопасность в чрезвычайных ситуациях»**

Составитель:  
Киндеев Е.А.

Владимир, 2016

## Практическая работа № 1.

Определить избыточное давление, ожидаемое в районе при взрыве емкости, в которой содержится 120 т сжиженного бутан-пропана. Расстояние от емкости до района 200-1200 м. Коэффициент перехода жидкого продукта в ГВС  $K_n=0,6\div 1$ . Сделать оценку характера разрушений объектов при взрыве газозвушной смеси; оценить возможную тяжесть поражения людей при взрыве газозвушной смеси (№ варианта см. табл. 1, прил. 1).

### Решение

При взрыве газозвушной смеси образуется очаг взрыва, ударная волна которого способна вызвать весьма большие разрушения на объекте. В наземном взрыве газозвушной смеси принято выделять три полусферические зоны (см. рис.1.).

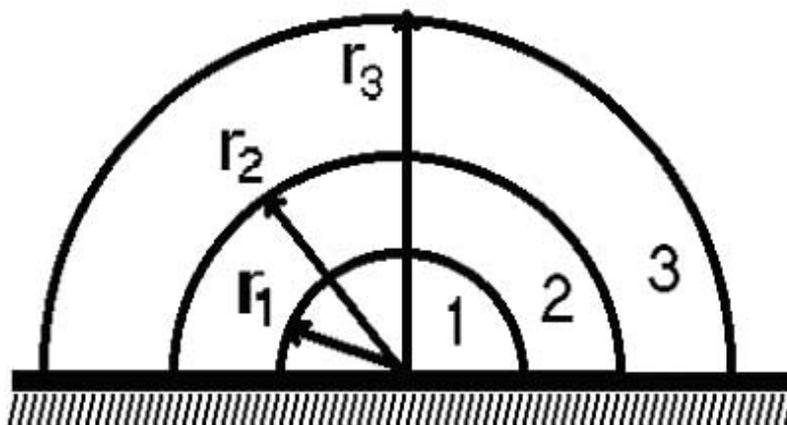


Рис. 1. Зоны очага взрыва газозвушной смеси:

$r_1, r_2, r_3$  – радиусы внешних границ соответствующих зон:

1 - зона детонационной волны;

2 - действия продуктов взрыва;

3 - воздушной ударной волны.

Зона детонационной волны (зона 1) находится в пределах облака взрыва.

1. Определим радиус зоны детонационной волны (зоны 1), м,

$$r_1 = 17,5 \times \sqrt[3]{Q \times K_n},$$

$$r_1 = 17,5 \times \sqrt[3]{120 \times 1} = 86,31 \text{ м.}$$

2. Рассчитаем радиус зоны действия продуктов взрыва (зона 2), м,

$$r_2 = 1,7 \times r_1,$$

$$r_2 = 1,7 \times 86,31 = 146,73 \text{ м.}$$

Сравнивая расстояние от центра взрыва до промышленного объекта (200 до 1200 м) с найденными радиусами зоны 1 (86,31 м) и зоны 2 (146,73 м), делаем вывод, что промышленный объект находится за пределами этих зон, следовательно, может оказаться в зоне воздушной ударной волны (зона 3).

Чтобы определить избыточное давление на расстоянии 200-1200 м, используя расчетные формулы для зоны 3. Принимаем  $r_3=200-1200$  м.

3. Определим относительную величину  $\psi$ :

$$\psi_1 = 0,24 \times \frac{r_3}{r_1},$$
$$\psi_1 = 0,24 \times \frac{200}{86,31} = 0,55.$$

$$\psi_2 = 0,24 \times \frac{r_3}{r_1},$$
$$\psi_2 = 0,24 \times \frac{1200}{86,31} = 3,34.$$

4. Определим избыточное давление, кПа

$$\text{при } \psi \leq 2 \quad \Delta P_{III} = \frac{700}{3 \times (\sqrt{1 + 29,8 \times \psi^3} - 1)},$$

$$\text{при } \psi > 2 \quad \Delta P_{III} = \frac{22}{\psi \times \sqrt{\lg \psi + 0,158}}.$$

Так как  $\psi < 2$ , то

$$\Delta P_{III} = \frac{700}{3 \times (\sqrt{1 + 29,8 \times 0,55^3} - 1)} = 161,93 \text{ кПа}.$$

$$\Delta P_{III} = \frac{22}{3,34 \times \sqrt{\lg 3,34 + 0,158}} = 8 \text{ кПа}.$$

5. Сделаем оценку степени разрушения.

При взрыве 120 т сжиженного бутан-пропана промышленный объект окажется в зоне воздействия воздушной ударной волны с избыточным давлением от 161,93 кПа до 8 кПа. В соответствии с табл. 1, 2 (прил. 2) делаем оценку степени разрушения: на расстоянии 200 м – полное разрушение, на расстоянии 1200 м – разрушений нет.

6. Сделаем оценку степени поражения людей.

Тяжесть поражения людей при открытом расположении зависит от величины избыточного давления и принимается по данным табл. 3. (прил. 2).

В соответствии с табл. 3 (прил. 2) степень разрушения основных объектов при величине ударной волны более 161,93 кПа будет полной. Ущерб от аварии 100 - 90 %. В данном случае возможны крайне тяжелые и тяжелые травмы людей, 50-60 % пораженных нуждаются в медицинской помощи.

## Практическая работа № 2.

Произошел физический взрыв баллона с кислородом. Рассчитать энергию взрыва баллона, тротиловый эквивалент, избыточное давление во фронте ударной волны на расстоянии 5 м от эпицентра взрыва и скоростной напор воздуха (№ варианта см. табл. 2, прил. 1).

*Решение*

1. Определим энергию взрыва баллона, кДж,

$$A = \frac{P - P_0}{\gamma - 1} \times V,$$

где  $P$  – давление в сосуде перед разрушением (определяется при испытаниях), принимаем согласно табл. 4, прил. 2;

$P_0$  - атмосферное давление,  $P_0 = 101$  кПа;

$V$  – объем баллона (табл. 4, прил. 2),  $m^3$ ;

$\gamma$  - показатель адиабаты (табл. 4, прил. 2).

$$A = \frac{22,5 \times 10^3 - 101}{1,4 - 1} \times 0,04 = 2239,9 \text{ кДж.}$$

2. Определим тротиловый эквивалент, кг,

$$TЭ = \frac{A}{4,6 \times 10^3},$$

$$TЭ = \frac{2239,9}{4,6 \times 10^3} = 0,487 \text{ кг.}$$

3. Найдем избыточное давление во фронте ударной волны, кПа,

$$\Delta P_\phi = \frac{105}{R} \times q_{y.v.}^{1/3} + \frac{410}{R^2} \times q_{y.v.}^{2/3} + \frac{1370}{R^3} \times q_{y.v.},$$

где  $R$  – расстояние от эпицентра взрыва,  $R = 5$  м.

Для свободно распространяющейся в атмосфере ударной волны воздушного взрыва:

$$q_{y.v.} = 0,5 \times TЭ = 0,5 \times 0,487 = 0,244 \text{ кг.}$$

$$\Delta P_\phi = \frac{105}{5} \times 0,244^{1/3} + \frac{410}{5^2} \times 0,244^{2/3} + \frac{1370}{5^3} \times 0,244 = 22,19 \text{ кПа.}$$

4. Найдем скоростной напор воздуха, кПа,

$$\Delta P_{ск} = \frac{2,5 \Delta P_\phi^2}{\Delta P_\phi + 7 P_0},$$

$$\Delta P_{ск} = \frac{2,5 \times 22,19^2}{22,19 + 7 \times 101,3} = 1,68 \text{ кПа.}$$

5. При взрыве баллона с кислородом объект окажется в зоне воздействия ударной волны с избыточным давлением 22,19 кПа. В

соответствии с табл. 2,3 (прил. 2) сделаем оценку степени разрушения объекта и степени тяжести поражения людей.

Объект находится в области среднего разрушения. Ущерб от аварии 30-60%. Тяжесть поражения людей – травмы средней тяжести (10-12% из числа пораженных нуждаются в медицинской помощи).

### Практическая работа № 3.

В результате аварии на объекте разрушилась не обвалованная емкость, содержащая 25 т хлора. Промышленный объект расположен в 300 м от места аварии. Местность открытая. Численность работающих на промышленном объекте 152 чел., противогазами не обеспечены. Метеоусловия: ясный день, ветер восточный 2 м/с. Оценить химическую обстановку и наметить меры по защите персонала объекта (№ варианта см. табл. 3, прил. 1).

#### Решение

1. Определим степень вертикальной устойчивости воздуха по табл. 5, (прил. 2) – конвекция.

2. Определим глубину распространения зараженного воздуха с поражающей концентрацией, км,

$$Г = 1,96 \times 0,7 = 1,37 \text{ км},$$

где 1,96 – глубина распространения зараженного воздуха при скорости ветра 1 м/с (табл. 7,8, прил. 2);

0,7 – поправочный коэффициент на ветер при конвекции (табл. 6, прил. 2).

Для обвалованных емкостей глубина распространения облака зараженного воздуха уменьшается в 1,5 раза.

3. Найдем ширину зоны химического заражения, км,

Ширина зоны химического заражения определяется так:  $Ш = 0,03 \times Г$  - при инверсии;  $Ш = 0,15 \times Г$  - при изотермии;  $Ш = 0,08 \times Г$  - при конвекции.

$$Ш = 0,08 \times Г,$$

$$Ш = 0,08 \times 1,37 = 1,1 \text{ км}.$$

4. Площадь зоны химического заражения, км<sup>2</sup>,

$$S_z = (1/2) \times Г \times Ш,$$

$$S_z = 1,37 \times 1,1 / 2 = 0,75 \text{ км}^2.$$

5. Определим время подхода зараженного облака к промышленному объекту, мин,

$$t = \frac{R}{W},$$

где R – расстояние от места разлива АХОВ до данного объекта, м;

W – средняя скорость переноса облака воздушным потоком, м/с (табл. 9, прил. 2).

$$t = \frac{300}{3 \times 60} = 1,6 \text{ мин.}$$

6. Вычислим время поражающего действия АХОВ, час,

$$t_{\text{пор}} = 1,3 \times 0,7 = 0,91 \text{ ч,}$$

где 1,3 – время испарения АХОВ (ч) при скорости ветра 1 м/с (табл. 10, прил. 2);

0,7 – поправочный коэффициент на скорость ветра (табл. 6, прил. 2).

7. Определим площадь разлива АХОВ, м<sup>2</sup>,

$$S = V / 0,05,$$

где V – объем разлившейся жидкости, т;

0,05 – толщина слоя, м.

$$S = 25 / 0,05 = 500 \text{ м}^2.$$

8. Найдем возможные потери людей в очаге химического заражения (табл. 11, прил. 2).

$$P = 152 \times 0,9 = 137 \text{ чел.}$$

В соответствии с примечанием табл. 11 структура потерь рабочих и служащих на объекте будет:

со смертельным исходом -  $137 \times 0,35 = 48 \text{ чел.}$

средней и тяжелой степени -  $137 \times 0,4 = 55 \text{ чел.}$

легкой степени -  $137 \times 0,25 = 34 \text{ чел.}$

Всего со смертельным исходом и потерявших работоспособность 103 человека. Результаты расчетов сводим в табл. 1.

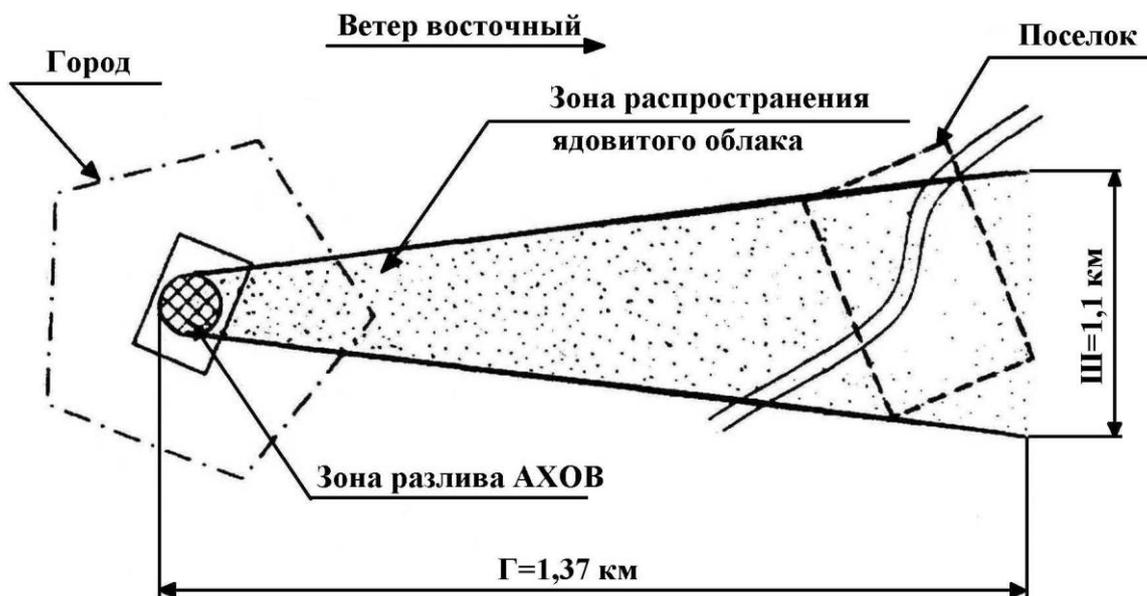


Рис. 2. Распространение ядовитого облака при разливе АХОВ.

Таблица 1

Результаты оценки химической обстановки

Источник	Тип	Количество	Глубина	Общая	Потери	Приме-
----------	-----	------------	---------	-------	--------	--------

заражения	АХОВ	АХОВ, т	заражения, км	площадь зоны заражения, км <sup>2</sup>	от АХОВ, чел	чание
Разрушенная емкость	хлор	25	1,37	0,75	48	-

#### Практическая работа № 4.

Определить допустимое время начала преодоления на автобусе со скоростью 65 км/ч участка радиоактивного заражения протяженностью 50 км. Измеренные через 3 ч после ядерного взрыва уровни радиации на маршруте движения составляли: 2 Р/ч; 9 Р/ч; 15 Р/ч; 35 Р/ч; 20 Р/ч; 12 Р/ч; 5 Р/ч. Доза облучения ( $D_{уст}$ ) не должна превышать 3 Р. (№ варианта см. табл. 4, прил. 1).

#### Решение

1. Определим средний (условно постоянный) уровень радиации на маршруте через 3 часа, Р/ч,

$$P_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N P}{N},$$

где Р – измеренные уровни радиации, Р/ч,  
N – количество измерений.

$$P_{cp} = \frac{2 + 9 + 15 + 35 + 20 + 12 + 5}{7} = 14P/ч.$$

2. Время движения на маршруте, мин,

$$T = \frac{R}{V},$$

где R – протяженность участка радиоактивного заражения, км,  
V – скорость движения объекта, км/ч.

$$T = \frac{50}{65} = 0,76ч(45,6мин \approx 46мин)$$

3. Возможная доза облучения на маршруте при движении через 3 часа, Р,

$$D_3 = \frac{P_{cp} \times T}{K_{осл}},$$

где  $K_{осл}$  - коэффициент ослабления радиации (табл. 12, прил. 2).

$$D_3 = \frac{14 \cdot 0,76}{1,5} = 7,1P > D_{уст} = 3P.$$

4. Приводим уровень радиации на  $P_1$ , Р/ч,

$$P_1 = \frac{P_{cp}}{K_1},$$

где  $K_1$  - коэффициент пересчета уровня радиации на любое время суток (табл. 13, прил. 2).

$$P_1 = \frac{14}{0,645} = 21,7P / ч.$$

5. Возможная доза облучения на 1 ч,  $P$ ,

$$D_1 = \frac{P_1 \times T}{K_{осл}},$$

$$D_1 = \frac{21,7 \cdot 0,76}{1,5} = 11P.$$

6. Вычислим коэффициент пересчета уровня радиации ( $K_t$ )

$$K_t = \frac{D_{уст}}{D_1},$$

$$K_t = \frac{3}{11} = 0,272.$$

7. По табл. 13 это соответствует 24 часам – середине времени движения по маршруту. Таким образом, начало движения группы  $t_n = 24ч - 46мин = 23ч14мин$  (через 23 часа 14 минут после взрыва), т.е. после измеренных уровней радиации на 3 ч надо переждать 20 ч 14 мин, чтобы уменьшилась радиация.

### Практическая работа № 5.

Оценить устойчивость работы энергоблока ГРЭС к воздействию электромагнитного импульса (ЭМИ). ГРЭС расположена на расстоянии  $R=5,2$  км от вероятного центра взрыва. Ожидаемая мощность ядерного боеприпаса  $q=1000$  кг, взрыв наземный.

Элементы системы:

1. Питание электродвигателей энергоблока (запитаны от распределительного устройства собственных нужд) напряжением 380 В и 6000 В по подземным неэкранированным кабелям длиной  $l=100$  м. Кабели имеют вертикальное отклонение к электродвигателям высотой 1,5 м. Допустимые колебания напряжения  $\pm 15\%$ , коэффициент экранирования кабелей  $\eta=2$ .

2. Система автоматического управления энергоблоком состоит из устройства ввода, ЭВМ, блока управления исполнительными органами, разводящей сети управления исполнительными агрегатами.

3. Устройства ввода, ЭВМ, блока управления выполнены на микросхемах, имеющих токопроводящие элементы высотой 0,05 м. Рабочее

напряжение микросхем 5 В. Питание – от общей сети напряжением 220 В через трансформатор.

4. Допустимые колебания напряжения  $\pm 15\%$ . Разводящая сеть управления имеет горизонтальную линию  $l=50$  м и вертикальные ответвления высотой 2 м к блокам управления. Рабочее напряжение 220 В. Допустимые колебания напряжения  $\pm 15\%$ . Коэффициент экранирования разводящей сети  $\eta=2$  (№ варианта см. табл. 5, прил. 1).

*Решение*

1. Рассчитаем ожидаемые на ГРЭС максимальные значения вертикальной  $E_v$  и горизонтальной  $E_r$  составляющих напряженности электрического поля, В/м,

$$E_r = 5 \times 10^3 \times \frac{(1 + 2 \times R)}{R^3} \lg(14,5 \times q),$$

$$E_r = 5 \times 10^3 \times \frac{(1 + 2 \times 5,2)}{5,2^3} \times \lg(14,5 \times 1000) = 1686 \text{ В / м.}$$

$$E_v = 10 \times \frac{(1 + 2 \times R)}{R^3} \times \lg(14,5 \times q),$$

$$E_v = 10 \times \frac{(1 + 2 \times 5,2)}{5,2^3} \times \lg(14,5 \times 1000) = 3,4 \text{ В / м.}$$

где  $R$  – расстояние от центра взрыва до объекта, км;

$q$  – мощность ядерного боеприпаса, кт.

2. Определим максимальные ожидаемые напряжения наводок, В,

• в кабелях, питающих электродвигатели.

$$U_r = \frac{E_r \times l}{\eta},$$

$$U_v = \frac{E_v \times l}{\eta},$$

где  $l$  – расстояние по горизонтали или по вертикали, м;

$\eta$  – коэффициент экранирования кабелей.

$$U_r = \frac{1686 \times 1,5}{2} = 1264 \text{ В,}$$

$$U_v = \frac{3,4 \times 100}{2} = 170 \text{ В.}$$

• для разводящей сети управления.

$$U_r = \frac{1686 \times 2}{2} = 1686 \text{ В,}$$

$$U_v = \frac{3,4 \times 50}{2} = 85 \text{ В.}$$

• в устройстве ввода, ЭВМ, блока управления.

$$U_{\epsilon} = \frac{1686 \times 0,05}{2} = 42,2B.$$

3. Определим допустимые максимальные напряжения сети  $U_A$ , В,
- в кабелях питания электродвигателей.

$$U_A = U + U \times (\pm 15\%),$$

$$U_{A1} = 380 + \frac{380 \times 15}{100} = 437B.$$

$$U_{A2} = 6000 + \frac{6000 \times 15}{100} = 6900B.$$

- в разводящей сети управления.

$$U_{A3} = 220 + \frac{220 \times 15}{100} = 253B.$$

- в устройстве ввода, ЭВМ, блоке управления.

$$U_{A4} = 5 + \frac{5 \times 15}{100} = 5,75B.$$

4. Рассчитаем коэффициент безопасности для каждого элемента системы, дБ,

- в кабелях питания электродвигателей.

$$K = 20 \times \lg\left(\frac{U_A}{U_{\epsilon}}\right) \leq 40\text{дБ}.$$

$$U_{\epsilon} = \sqrt{U_{\epsilon}^2 + U_2^2}$$

$$K = 20 \times \lg\left(\frac{437}{1275}\right) = -9,3 \leq 40\text{дБ}.$$

$$U_{\epsilon} = \sqrt{1264^2 + 170^2} = 1275B$$

$$K = 20 \times \lg\left(\frac{6900}{1275}\right) = 14,66 \leq 40\text{дБ}.$$

$$U_{\epsilon} = \sqrt{1264^2 + 170^2} = 1275B$$

- в разводящей сети управления.

$$K = 20 \times \lg\left(\frac{253}{1688}\right) = -16,48 \leq 40\text{дБ}.$$

$$U_{\epsilon} = \sqrt{1686^2 + 85^2} = 1688B$$

- в устройстве ввода, ЭВМ, блоке управления.

$$K = 20 \times \lg\left(\frac{5,75}{42,2}\right) = -17,31 \leq 40\text{дБ}.$$

$$U_{\epsilon} = 42,2B$$

5. Полученные данные сведем в табл. 2.

Таблица 2

Результаты оценки устойчивости энергоблока ГРЭС к воздействию ЭМИ

Элементы системы	Допустимые напряжения	Напряженность электрических	Наводимые напряжения в токопрово-	Результаты воздействия
------------------	-----------------------	-----------------------------	-----------------------------------	------------------------

	напряжения сети $U_A$ , В	интенсивности полей, В/м		напряжения в элементах, В		
		$E_6$	$E_2$	$U_6$	$U_2$	
Электроснабжение электродвигателей	437 6900	1686 1686	3,4 3,4	1264 1264	170 170	Может выйти из строя
Устройство ввода, ЭВМ, блок управления	5,75	1686	3,4	42,2	-	Может выйти из строя
Разводящая сеть управления исполнительными агрегатами	253	1686	3,4	1686	85	Может выйти из строя

Примечание: Результаты воздействия – возможен выход из строя от вертикальной составляющей электрического поля.

6. Сделаем вывод:

1. Наиболее уязвимые элементы энергоблока – устройство ввода, ЭВМ, блок управления.

2. Энергоблок неустойчив к воздействию ЭМИ:

Предложения по повышению устойчивости энергоблока:

- кабели питания электродвигателей на 380 В поместить в металлические трубы, на вводах к двигателям установить разрядники;

- разводящую сеть управления и кабели ввода информации от датчиков проложить в стальных заземленных трубах;

- устройство ввода, ЭВМ, блок управления разместить в металлических пассивных экранах с коэффициентом безопасности >40 дБ;

- на вводах ЭВМ, блока управления установить быстродействующие отключающие электронные устройства.

### Практическая работа № 6.

На участке длиной 60 м, шириной 20 м и высотой 18 м в результате аварии произошла разгерметизация баллона с ацетиленом  $C_2H_2$  и в атмосферу поступило  $18 \text{ м}^3$  ацетилена (№ варианта см. табл. 6, прил.1).

Требуется определить:

1. Давление взрыва паровоздушной смеси;
2. Категорию пожароопасности участка;
3. Категорию взрывоопасности технологического блока.

*Решение*

1. По табл. 17, 18 прил. 2 принимаем:

$P_{\max}=1009$  кПа;  $P_0=101$ кПа;  $z=0,5$ ;  $\rho_{\text{III}}=1,079$  кг/м<sup>3</sup>;  $K_H=3$ ;

$H_T = 49960 \text{ кДж/кг}$ .

2. Масса поступившего газа, кг,

$$m = V \cdot \rho_{П.Г.},$$
$$m = 18 \cdot 1,079 = 19,42 \text{ кг}.$$

3. Стехиометрическая концентрация, %,

$$C_{СТ} = 100 / (1 + 4,84 \cdot \beta),$$
$$C_{СТ} = 100 / (1 + 4,84 \cdot 2,5) = 7,63\%.$$

где  $\beta$  - стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения;  
 $n_C, n_H, n_O, n_X$  - число атомов углерода, водорода, кислорода и галоидов в молекуле горючего.

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2};$$
$$\beta = 2 + \frac{2}{4} = 2,5.$$

4. Свободный объем помещения,  $\text{м}^3$ ,

$$V_{СВ} = 0,8 \cdot V,$$
$$V_{СВ} = 0,8 \cdot 60 \cdot 20 \cdot 18 = 17280 \text{ м}^3.$$

5. Избыточное давление взрыва, кПа,

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot z}{V_{СВ} \cdot \rho_{ПГ}} \cdot \frac{100}{C_{СТ}} \cdot \frac{1}{K_H},$$

где  $P_{\max}$  - максимальное давление взрыва смеси в замкнутом объеме (см табл. 18, прил.2);

$P_0$  - давление воздуха до взрыва, кПа, допускается принимать 101 кПа;

$z$  - коэффициент участия горючего во взрыве (см. табл. 17, прил.2);

$V_{СВ}$  - свободный объем помещения, за вычетом объема, занимаемого оборудованием ( $\text{м}^3$ ) допускается принимать условно равным 80 % геометрического объема помещения;

$\rho_{ПГ}$  - плотность пара или газа,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ;

$K_H$  - коэффициент учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса, допускается принимать равным 3;

$C_{СТ}$  - стехиометрическая концентрация горючего в воздухе, % по объему;

$$\Delta P = (1009 - 101) \cdot \frac{19,42 \cdot 0,5}{17280 \cdot 1,079} \cdot \frac{100}{7,53} \cdot \frac{1}{3} = 2,1 \text{ кПа}.$$

Так как давление взрыва меньше 5 кПа, помещение не относится к категории А. Рассматриваемый участок не может быть отнесен к категории Б, так как в помещении этой категории обращаются взрывоопасные волокна, пыли и ЛЖВ с температурой вспышки паров более  $28^\circ \text{C}$  (см. табл. 15, прил.2).

Чтобы проверить отнесение участка к категории В, определим пожарную нагрузку на  $1 \text{ м}^2$  площади помещения,  $\text{МДж/м}^2$ :

$$q = \frac{Q}{S},$$

где  $Q$  – общая пожарная нагрузка материалов, МДж;  
 $S$ - площадь размещения пожарной нагрузки, не менее  $10 \text{ м}^2$ .

$$q = \frac{970,22}{10} = 97,02 \text{ МДж} / \text{м}^2.$$

где  $Q = m \cdot H_T$ ,

$H_T$  - теплота сгорания,  $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$  (см табл. 18, прил.2);

$$Q = 19,42 \cdot 49,96 = 970,22 \text{ МДж}.$$

Поскольку  $q$  находится в пределах от 1 до  $180 \text{ МДж}/\text{м}^2$ , то участок относится к категории В4 – пожароопасной.

6. Тротильный эквивалент, кг,

$$m_{TP} = \frac{Q}{4,6 \cdot 10^4},$$

$$m_{TP} = \frac{970200}{4,6 \cdot 10^4} = 21,09 \text{ кг}.$$

7. Энергетический потенциал блока:

$$Q_B = \frac{1}{16,534} \cdot \sqrt[3]{Q},$$

$$Q_B = \frac{\sqrt[3]{19,42 \cdot 49,96}}{16,534} = 7,66.$$

Вывод: поскольку  $m_{TP} < 2000$  и  $Q_B < 27$ , блок относится к III категории взрывоопасности (табл. 14, прил.2).

### Практическая работа № 7.

Определить количество пострадавших среди персонала объекта в случае мгновенного разрушения резервуара с пропаном вместимостью 100 т.

Плотность размещения персонала на объекте: на открытой местности -  $0,0001 \text{ чел}/\text{м}^2$ ; в промышленном здании -  $0,1 \text{ чел}/\text{м}^2$ ; в административном здании -  $0,2 \text{ чел}/\text{м}^2$ .

Площадь: промышленного здания -  $100 \text{ м}^2$ ; административного -  $100 \text{ м}^2$ .  
 Для упрощения расчета принимаем, что действие поражающих факторов источника ЧС не выходит за территорию объекта.

Резервуар окружен технологическим оборудованием, размещенным с высокой плотностью. Расстояния от места аварий до промышленного здания -  $700 \text{ м}$ , до административного здания -  $1000 \text{ м}$  (№ варианта см. табл. 7, прил. 1).

#### Решение

1. Определим массу пропана, участвующего в реакции.

В данном случае произошло мгновенное разрушение резервуара, поэтому в реакции принимают участие 100 т пропана (М), а при образовании огненного шара 60% массы газа (т), т.е. 60 т (масса газа в облаке топливно-воздушной смеси /ТВС/).

$$m = 0,6 \times M,$$
$$m = 0,6 \times 100 = 60 \text{ т}.$$

2. Определим режим взрывного превращения облака ТВС.

По табл. 22, прил. 2 определяем класс пространства окружающего место аварии - 2 класс.

По табл. 23, прил. 2 определяем класс взрывоопасного вещества - 2 класс. По табл. 24 прил. 2 определяем вероятный режим взрывного превращения - 2 режим.

3. Определим радиусы зон разрушений.

По табл. 25 прил. 2 определяем вспомогательные коэффициенты ( $a$ ) для различных степеней разрушений зданий. Например, для промышленных зданий при полной степени разрушения при 2 режиме взрывного превращения  $a = 1,66$ .

По шкале на рис. 3. определяем условную массу вещества ( $M'$ ). Для этой цели на верхней шкале отмечаем деление, соответствующее массе пропана (100 т) и проводим вниз до средней шкалы линию,  $M' = 2$ .

Определяем условный радиус зоны полных разрушений:

$$R_1 = 0,32 \times M' + a = 2,3,$$
$$R_1 = 0,32 \times 2 + 1,66 = 2,3.$$

На средней шкале (рис. 3.) находим точку 2,3 и на нижней шкале, напротив помеченной точки, найдем радиус полных разрушений  $R_1 = 200$ , ( $R = 10^{2,3} = 200 \text{ м}$ ).

Радиусы зон разрушений и зоны расстекления можно определить без помощи шкалы, изображенной на рис. 3.

$$R_i = 10^{(0,32 \lg M + a)} = 10^{R'},$$

где  $R_i$  - радиус зоны разрушения (полной, сильной, средней, слабой) или зоны расстекления, м;

$M$  - масса топлива, участвующая в реакции, т;

$a$  - вспомогательный коэффициент;

$R'$  - условный радиус зоны разрушения или расстекления.

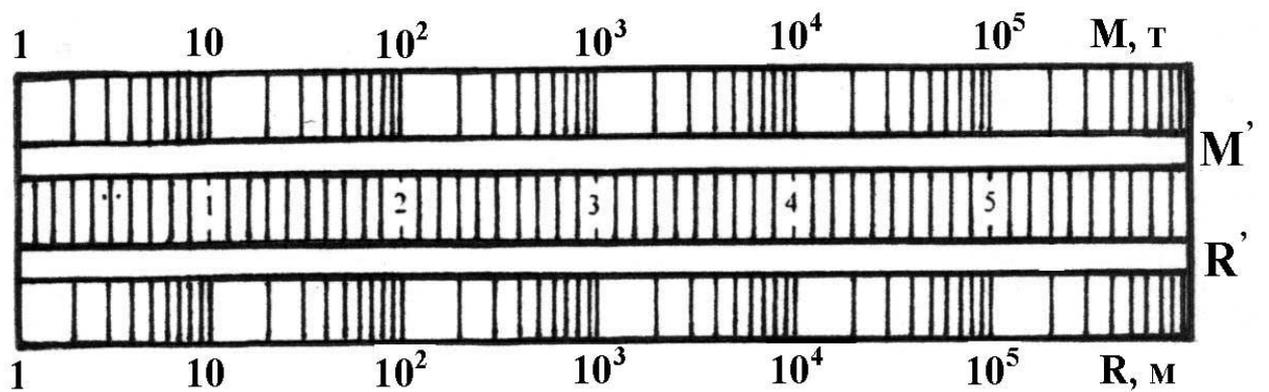


Рис. 3. Шкала для определенных радиусов действия поражающих факторов при аварии на пожаровзрывоопасном объекте.

Размеры зон полных, сильных, средних и слабых разрушений для промышленных и административных зданий представлены в табл. 3.

Таблица 3

Тип здания	Степень разрушения и радиус зон, м.			
	Полные (1)	Сильные (2)	Средние (3)	Слабые (4)
Промышленные	200	400	700	1200
Административные	300	500	1000	2000

Радиус зоны расстекления примерно равен 2500 м.

Так как административное здание расположено на расстоянии 1000 м, а промышленное - на расстоянии 700 м, то они получают слабую степень разрушения (см. рис. 4).

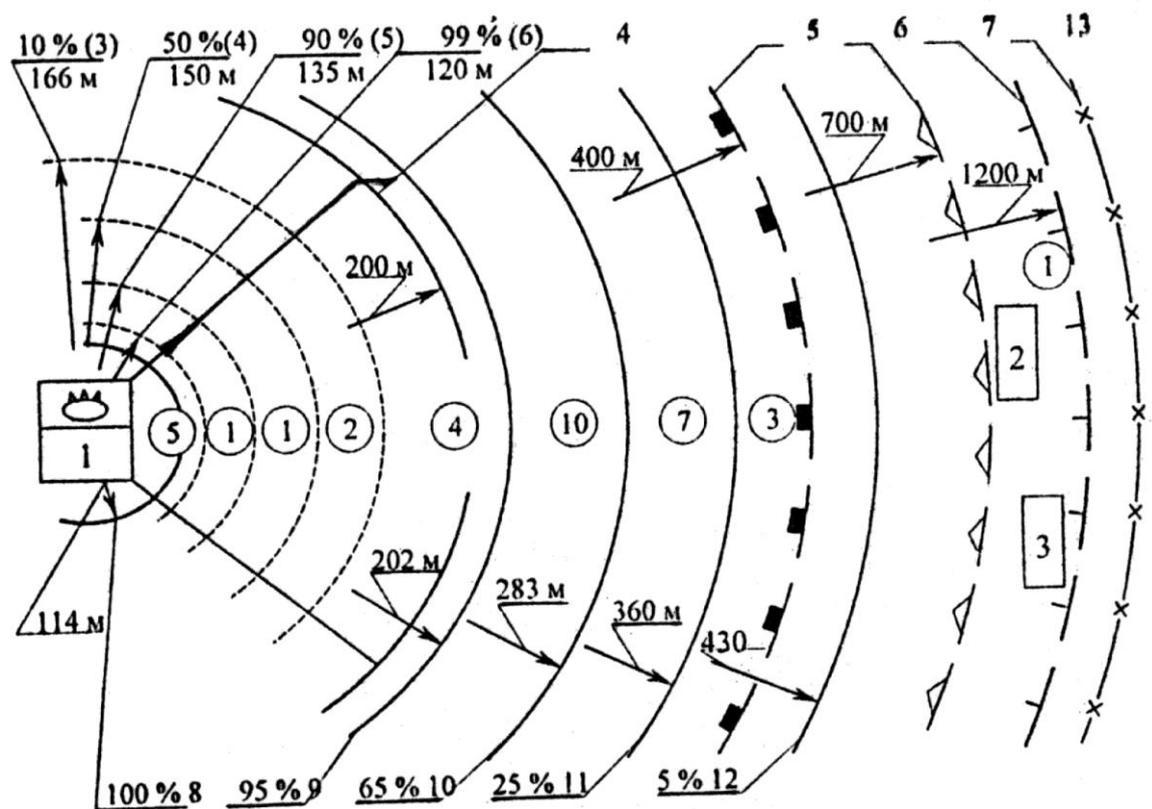


Рис. 4. Схема действия поражающих факторов при аварии на пожаровзрывоопасном объекте:

1 - пожаровзрывоопасный объект; 2 - промышленное здание; 3 - административное здание; 4, 5, 6, 7 - границы зон сплошных, сильных, средних и слабых разрушений, соответственно; (6), (5), (4), (3) - номера и границы зон поражения людей от воздушной ударной волны; 8, 9, 10, 11, 12 - границы зон поражения людей от теплового потока (8 - граница территории покрываемой огненным шаром); 13 - зона расстекления; вероятность поражения людей на границах зон действия поражающих факторов указана на схеме в процентах; 1 - количество людей, погибших в зонах действия поражающих факторов.

4. Определим число людей, пораженных воздушной ударной волной на открытой местности.

Радиусы зон поражения людей определяются с помощью вспомогательного коэффициента ( $a$ ) из табл. 26, прил. 2, шкалы на рис. 3., аналогично, как для определения радиусов зон разрушения.

Найдем число пострадавших людей в 6-ой зоне ( $P'_m = 99\%$ ).

Радиус зоны, в которой погибнет 99% людей составляет  $R_{6m} = 120$  м.

Площадь зоны:

$$S_6 = \pi \times R_6^2,$$

$$S_6 = 3,14 \times 120^2 = 45000 \text{ м}^2.$$

На рис. 4 зоны поражения людей от воздушной ударной волны отмечены пунктирными линиями.

Число погибших в шестой зоне

$$N_6 = S_6 \times \rho_{o.m} \times P_{6.m},$$
$$N_6 = 45000 \times 0,0001 \times 0,99 = 4,5 \approx 5 \text{ чел.}$$

где  $\rho_{o.m}$  - плотность персонала на открытой местности.

Число погибших, в пятой зоне  $P_{5.m} = 90\%$ .

Площадь зоны, в которой погибнет от 90 % до 99 % людей (в среднем 95%)

$$S_5 = S'_5 - S_6,$$

где  $S'_5$  - суммарная площадь 5 и 6 зоны.

Радиус границы пятой зоны  $R_5 = 135\text{м}$ , тогда

$$S_5 = 3,14 \times 135^2 - 3,14 \times 120^2 = 12000 \text{ м}^2.$$

Число пострадавших в пятой зоне

$$N_5 = 12000 \times 0,0001 \times 0,95 = 1,1 \approx 1 \text{ чел.}$$

Число пострадавших в четвертой зоне (50-90 %)

$$N_4 = (3,14 \times 150^2 - 3,14 \times 135^2) \times 0,0001 \times 0,7 = 0,9 \approx 1 \text{ чел.}$$

Число пострадавших в третьей зоне (10-50 %)

$$N_3 = (3,14 \times 166^2 - 3,14 \times 150^2) \times 0,0001 \times 0,3 = 0,5 \approx 1 \text{ чел.}$$

Число пострадавших людей во 2 и 1 зонах не определяем, так как в данных зонах их не будет.

Общее число погибших людей от воздушной ударной волны на открытой местности составит 8 человек.

5. Определим число погибших людей, находящихся в промышленных административных зданиях.

Промышленные и административные здания попали в зону слабых разрушений (четвертую), в остальных зонах зданий нет (см. рис. 4) Количество людей, находящихся в административном здании

$$N_{4.ж} = S_{ж} \times \rho_{ж},$$
$$N_{4.ж} = 100 \times 0,2 = 20 \text{ чел.}$$

где  $S_{ж}$  - площадь административного здания,  $\text{м}^2$ ;  $\rho_{ж}$  - плотность персонала административном здании.

Количество людей, находящихся в промышленном здании

$$N_{4.п} = S_{п} \times \rho_{п},$$
$$N_{4.п} = 100 \times 0,1 = 10 \text{ чел.}$$

где  $S_{п}$  - площадь промышленного здания,  $\text{м}^2$ ;  $\rho_{п}$  - плотность персонала в промышленном здании.

Вероятность выживания людей в зоне слабых разрушений (четвертой зоне) в административных зданиях  $P_{4.ж} = 98\%$ , в промышленных зданиях  $P_{4.п} = 90\%$ .

Число пострадавших людей в зданиях равно

$$N_3 = N_{4жс} \times (1 - P_{4жс}) + N_{4н} \times (1 - P_{4н}),$$
$$N_3 = 20 \times (1 - 0,98) + 10 \times (1 - 0,9) = 1 \text{ чел.}$$

Общее число погибших от воздушной ударной волны 9 человек.

6. Определим число людей, пораженных тепловым воздействием.

Параметры огненного шара: радиус огненного шара

$$R_{ош} = 3,2 \times m^{0,325},$$
$$R_{ош} = 3,2 \times 60000^{0,325} = 114 \text{ м.}$$

время существования огненного шара

$$t = 0,85 \times m^{0,26},$$
$$t = 0,85 \times 6000^{0,26} = 15 \text{ с.}$$

По табл. 27, прил. 2 определяем, что тепловой поток на поверхности огненного шара ( $Q_0$ ) составит 195 кВт/м<sup>2</sup>.

Площадь, покрываемая огненным шаром

$$S_{ош} = 3,14 \times R_{ош}^2,$$
$$S_{ош} = 3,14 \times 114^2 = 41000 \text{ м}^2.$$

Число погибших

$$N_{ош} = S_{ош} \times \rho_{ом},$$
$$N_{ош} = 41000 \times 0,0001 = 4,1 \approx 4 \text{ чел.}$$

Считаем, что вероятность гибели человека на площади, покрываемой огненным шаром равна 100 %.

Границы зон поражения людей от теплового потока на рис. 4 показаны сплошными линиями.

Число погибших людей, находящихся в различных зонах теплового воздействия.

Число погибших людей, находящихся в зоне, где вероятность их гибели составляет более 95 %.

По графику на рис. 5 определяем, что такой вероятности соответствует индекс дозы теплового излучения ( $J$ )  $3,7 \cdot 10^3$  кВт/м<sup>2</sup>.

Радиус зоны, где наблюдается данный тепловой индекс, равен:

$$X_{95} = R_{ош} \times Q_0^{0,5} \times (t / J)^{3/8},$$
$$X_{95} = 114 \times 195^{0,5} \times (15 / 3700)^{3/8} = 202 \text{ м.}$$

Площадь зоны, где вероятность гибели людей более 95 %

$$S_{95} = 3,14 \times (202^2 - 114^2) = 87300 \text{ м}^2.$$

Число пострадавших в данной зоне

$$N_{95} = S_{95} \times P_{97,5} \times \rho_{ом},$$
$$N_{95} = 87300 \times 0,975 \times 0,0001 = 8,5 \approx 9 \text{ чел.}$$

где  $P_{97,5}$  - средняя вероятность гибели людей в зоне (на границе зоны вероятность гибели 95 %).

Число погибших людей, находящихся в зоне, где вероятность их гибели находится в пределах от 65 до 95 % (среднее значение - 80 %).

Индекс дозы теплового излучения для вероятности 65 % составляет 1500 (см. рис. 5).

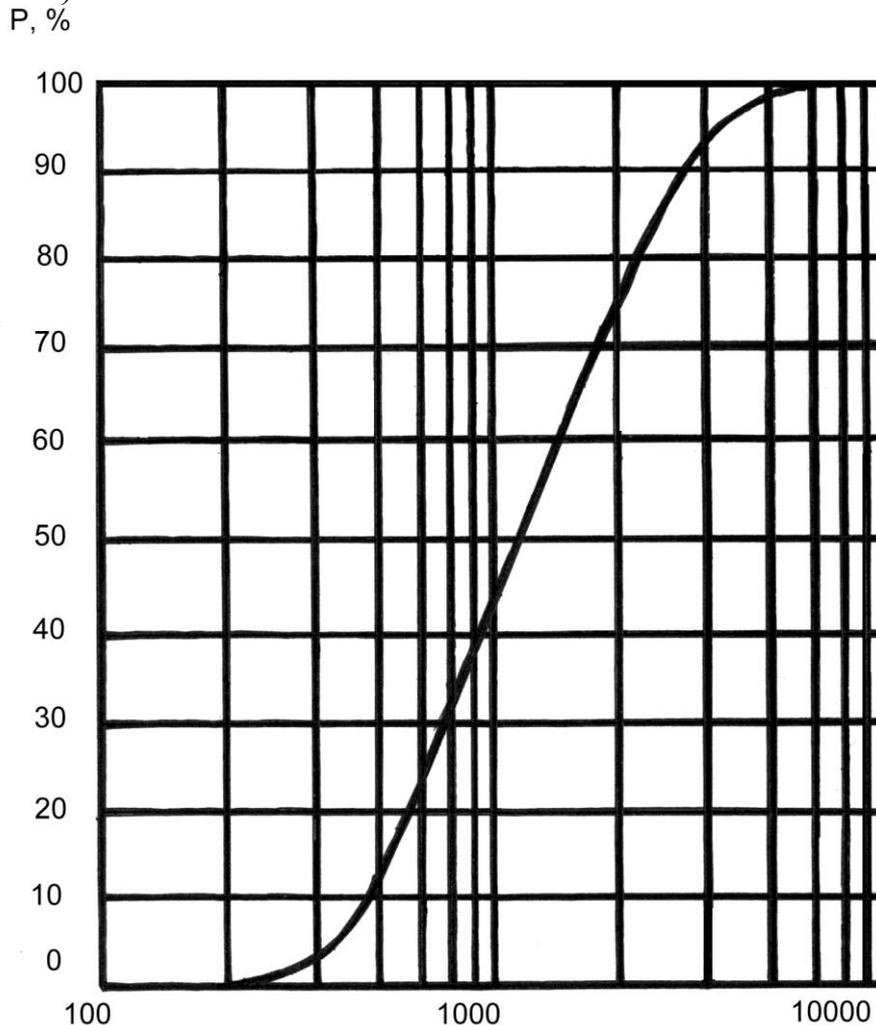


Рис. 5. Вероятность (P) поражения людей в зависимости от дозы теплового излучения.

Радиус зоны, где наблюдается данный индекс дозы теплового излучения

$$X_{65} = 114 \times 195^{0,5} \times (15/1500)^{3/8} = 283 \text{ м.}$$

Площадь зоны

$$S_{65} = 3,14 \times (283^2 - 202^2) = 123400 \text{ м}^2.$$

Число пострадавших в данной зоне

$$N_{65} = 123400 \times 0,8 \times 0,0001 = 9,9 \approx 10 \text{ чел.}$$

Число погибших людей, находящихся в зоне, где вероятность их гибели составляет от 25 до 65 % (среднее значение - 45 %).

Индекс дозы для данной зоны  $J_{25} = 800$ , радиус  $X_{25} = 360$ , площадь зоны  $S_{25} = 155000 \text{ м}^2$ .

Количество людей, погибших в данной зоне, 7 человек.

Число погибших людей в зоне, где вероятность их гибели составляет от 5 до 25 % (в среднем - 15 %).

Параметры зоны:  $J_5 = 500$ , радиус  $X_5 = 430$ , площадь зоны  $S_5 = 174000 \text{ м}^2$ .

Количество людей, погибших в данной зоне. 3 человека.

Общее число пострадавших от теплового потока

$$N_{m.n} = N_{100} + N_{95} + N_{80} + N_{45} + N_{15},$$

$$N_{m.n} = 4 + 9 + 10 + 7 + 3 = 33 \text{ чел.}$$

7. Найдем общее количество людей, погибших на объекте в результате аварии.

Количество пострадавших в зонах совместного действия воздушной ударной силы и теплового излучения определяется на основе сложения вероятности гибели людей от двух поражающих факторов (на рис. 4 количество погибших людей в зонах действия поражающих факторов указано в окружности).

Количество погибших людей на площади, покрываемой огненным шаром и в зоне гибели людей от ударной волны с вероятностью 0,99.

В данной зоне ограниченной окружностью с радиусом 120 м погибнет 100 % персонала, т.е. 5 человек.

Количество погибших людей в 5-ой зоне действия ударной волны и в зоне теплового потока, где вероятность гибели составляет 97,5 % определяется из выражения

$$N_{5,95} = S_5 \times \rho_{ом} \times (P_{95} + P_{97,5} - P_{95} \times P_{97,5}),$$

$$N_{5,95} = 12000 \times 0,0001 \times (0,95 + 0,975 - 0,95 \times 0,975) = 1,2 \approx 1 \text{ чел.}$$

Количество людей, погибших в 4-ой зоне действия ударной волны и в зоне теплового потока (97,5 %)

$$N_{4,95} = 13000 \times 0,0001 \times (0,7 + 0,975 - 0,7 \times 0,975) = 1,3 \approx 1 \text{ чел.}$$

Количество погибших в 3-ей зоне действия ударной волны в зоне теплового потока (97,5 %)

$$N_{3,95} = 16000 \times 0,0001 \times (0,3 + 0,975 - 0,3 \times 0,975) = 1,6 \approx 2 \text{ чел.}$$

Количество погибших в зоне действия теплового потока (вероятность гибели 97,5 %)

$$N_{95} = 3,14 \times (202^2 - 166^2) \times 0,0001 \times 0,975 = 4 \text{ чел.}$$

Число пострадавших определяется только для части зоны, т.е. в зоне, ограниченной радиусами 202 м (радиус зоны теплового потока) и 166 м (радиус 3-ей зоны ударной волны).

В данной зоне воздействия теплового потока находятся вторая и первая зоны действия воздушной ударной волны, но поскольку вероятность гибели людей второй и в первой зоне действия ударной волны незначительная, то ее не учитывают.

Количество погибших во всех зонах совместного действия воздушной

ударной волны и теплового потока

$$N_{6-3,95} = 5 + 1 + 1 + 2 + 4 = 13 \text{ чел.}$$

Общее количество погибших в результате аварии на пожаровзрывоопасном объекте

$$N_{\text{общ}} = N_{6-3,95} + N_{\text{м.п.}} + N_3 = 13 + (10 + 7 + 3) + 1 = 34 \text{ чел.}$$

Числом погибших от осколков резервуара пренебречь.

### **Практическая работа № 8.**

Убежища, возводимые в особый период (быстровозводимые убежища), представляют собой особый тип защитных сооружений гражданской обороны с простыми планировочно-конструктивными решениями, вытекающими из условий эксплуатации их только по прямому назначению, т.е. для защиты людей от расчётных средств поражения. Поэтому, именно зданиям такого типа необходимо уделять особое внимание.

#### **Планировочно-конструктивные решения сооружений**

Убежища, возводимые в особый период (быстровозводимые убежища), представляют собой особый тип защитных сооружений гражданской обороны с простыми планировочно-конструктивными решениями, вытекающими из условий эксплуатации их только по прямому назначению, т.е. для защиты людей от расчётных средств поражения.

Главным условием, определяющим планировочно-конструктивные решения отдельно стоящих быстровозводимых убежищ, является применение для их строительства конструкций, изделий и материалов, имеющихся в народном хозяйстве страны, либо использование конструкций без существенных изменений способа производства. При этом должны быть сведены к минимуму или практически исключены из состава производственного процесса «мокрые процессы» (укладка монолитного бетона), сварочные работы и т.д., приводящие к увеличению сроков строительства или требующие квалифицированной рабочей силы. Применение монолитного бетона нежелательно, т.к. расчётную прочность он набирает длительное время – 25...30 суток. С этой же точки зрения нежелательно применение кирпичной кладки. При строительстве убежищ допустимо использовать цементный раствор, служащий выравнивающим слоем при установке конструкций, а также для заделки швов или щелей.

Применение конструкций и элементов индивидуального (специального) изготовления нецелесообразно, т.к. требует больших капитальных затрат, вкладываемых задолго до возможного их использования и связанных с необходимостью проведения существенной переоснастки и перестройки технологических, линий предприятий-изготовителей.

Габариты быстровозводимых убежищ назначают минимально возможными, исходя из рационального размещения бытового оборудования и условий пребывания людей в сооружении в течение определённого времени (не менее двух суток). Расстояние в свету между несущими конструкциями (в основном стенами) для удобства установки скамей и создания проходов между ними может быть, м:

при однорядном продольном размещении 1,1...1,3

при двухрядном продольном размещении 1,7...1,9

при четырёхрядном продольном размещении 3,4...3,8

при двухрядном поперечном размещении 2,4...2,8

Таким образом, исходя из наличия конструкций и изделий различного размера, пролёт убежищ целесообразно принимать в пределах 1,2...3,6 м. При двухъярусном расположении мест для укрываемых высота убежища от пола до выступающих конструкций покрытия должна быть не менее 1,9 м. При одноярусном расположении, когда места для лежания укрываемых не делают, достаточно иметь высоту 1,7 м. Для соблюдения минимально необходимых санитарных норм и возможности перемещения людей по убежищу необходимо иметь на одного укрываемого не менее 0,5 м<sup>2</sup> площади пола. Поскольку высота убежищ может быть неодинаковой, различной получается и площадь ограждающих конструкций на одного человека.

Материал		Площадь конструкций на 1 чел., 1м <sup>2</sup>
Стены	Покрытия	
Железобетон	} он Железобет	1,5
Грунтонабивные мешки		
Дерево	Дерево	1,5
	Железобетон	1,9
	Металл	2,2
	Дерево	1,8
	Железобетон	2,5
	Металл	2,8
Бетонные блоки	} он Железобет	1,6
		1,7
	Металл	
	Дерево	

Таблица 1. Площадь ограждающих конструкций на одного человека

Эту площадь определяют в зависимости от климатической зоны, количества подаваемого в сооружение воздуха и от материалов, из которых возводится убежище. При строительстве в центральных районах страны и подаче воздуха  $2 \text{ м}^3/\text{ч}$  на человека площадь ограждающих конструкций (покрытие и стены) принимают по таблице 1, из которой видно, что требуемая площадь ограждающих конструкций в сооружениях из дерева почти в 2 раза выше, чем в сооружениях из железобетона. Вызвано это тем, что бетон поглощает больше теплоты, поэтому на одного укрываемого необходимо подавать в сооружение большее количество воздуха.

Быстровозводимые убежища, оборудованные входами и аварийным выходом, включают: помещения для укрываемых, санузел, места для размещения простейших фильтров, вентиляторов и баков с водой. Место с размещённым санузлом отгораживают от помещения убежища простейшими перегородками из досок, фанеры и т.п. или из брезента. Фильтровентиляционное оборудование от помещения для укрываемых, как правило, не изолируют.

Небольшие пролёты быстровозводимых накладывают свой отпечаток на планировочные схемы. Обычно отдельно стоящие убежища имеют вытянутую форму в плане (рис. 1, а, б, в). Поскольку выбор свободного места для размещения убежища в сложившейся городской (промышленной) застройке может вызвать трудности, то в этих условиях следует применить многопролётную планировочную схему. Убежище также может иметь Г-образный вид в плане, соответствующий конкретной застройке (рис.1, г). Длина сооружений определяется их вместимостью. Для большой вместимости (100 чел.) и однопролётной схеме (при двухрядном размещении мест) она составляет около 35 м. При двухпролётной схеме длина будет приблизительно в 1,5 раза меньше. В поперечном сечении остов однопролётных убежищ может иметь прямоугольную, трапециевидную, круглую и другие формы, как это показано на рисунке 1.

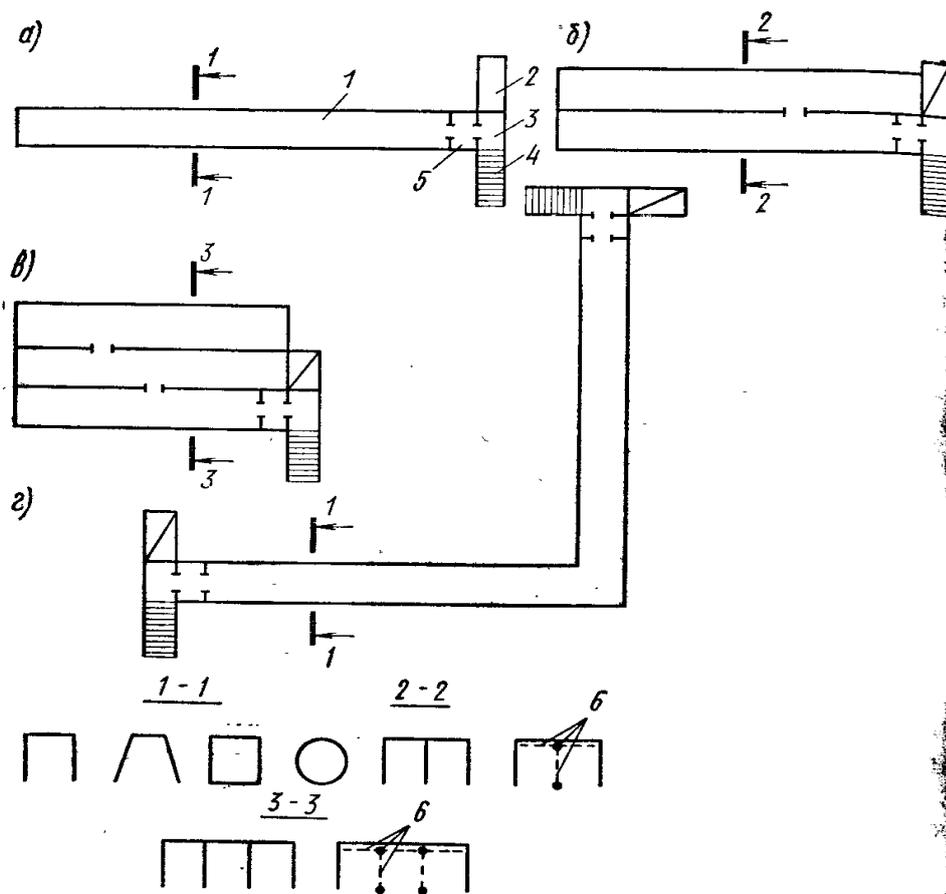


Рисунок 1. Планировочные схемы быстровозводимых убежищ а – однопролётные; б – двухпролётные; в – трёхпролётные; г – коленчатые; 1 – помещения для укрываемых; 2 – пандус, 3 – предтамбур, 4 – лестничный спуск; 5 – тамбур; 6 – внутренние рамы с распорками

Характерной особенностью планировочных схем многопролётных убежищ является то, что в качестве внутренних вертикальных несущих конструкций, как правило, используют стены. Это вызвано тем, что для возведения убежищ применяют подручные конструкции и материалы, среди которых нет железобетонных колонн и коротких ригелей. Планировочное решение убежищ с внутренними несущими стенами в значительной степени упрощает и их конструктивное исполнение. Это является положительным фактором, т.к. строительство подобных сооружений можно осуществлять силами населения.

При двух и более пролётных схемах во внутренних стенах следует устраивать проёмы для объединения отдельных помещений в одно убежище (рис.1, б, в). Это делают либо раздвижкой стеновых блоков, либо применением элементов с дверными проёмами. Возведение убежищ с двух- и более пролётными схемами вызывается не только условиями застройки, но и сложностью использования существующих малопрочных железобетонных конструкций гражданского и промышленного строительства. В связи с этим возможны решения убежищ, когда в качестве внутренних несущих элементов

используют деревянные или металлические рамы, размещаемые в продольном направлении. Рамы состоят из несущих балок, стоек и нижнего лежня (рис.1). В поперечном направлении рамы раскрепляют распорками.

Входы в быстровозводимые убежища состоят из лестничного спуска (пандуса), предтамбура и тамбура. Для сокращения площади застройки убежищ и учитывая одноразовый характер их использования, лестничные спуски допускается располагать более крутыми – под углом  $45^\circ$ , но вдоль маршей следует поручни. Рекомендуется применять входы сквозникового типа, для которых нагрузки на входные участки и защитные устройства (двери) будут минимальными, причём для уменьшения объёма работ допускается лестничный спуск возводить с одной стороны, а с другой – предусмотреть пандус.

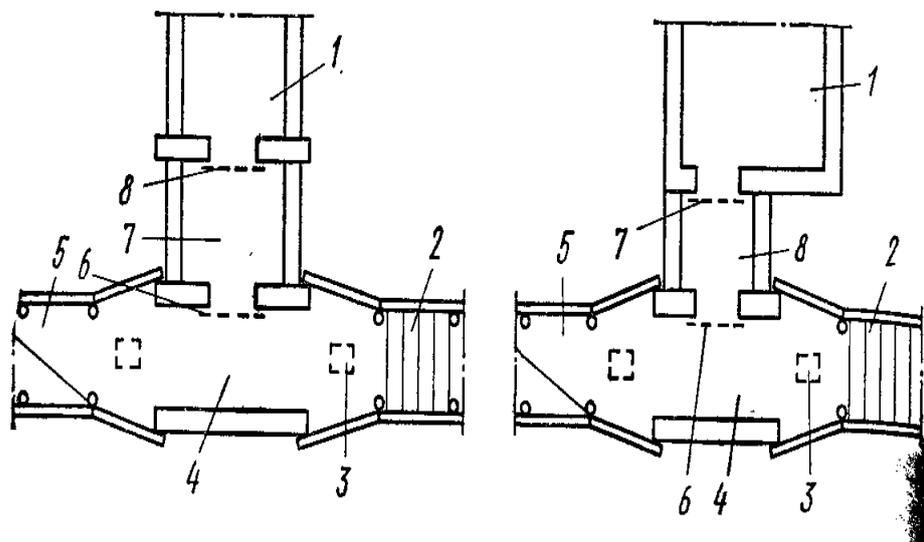


Рисунок 2. Принципиальные планировочные решения сквозниковых входов 1-помещения для укрываемых; 2 – лестничный спуск; 3 – водосборный приямок; 4 – предтамбур; 5 – пандус; 6 – защитно-герметическая дверь; 7 – герметическая дверь; 8 – тамбур.

Входы рекомендуется устраивать в торце сооружений. Это обеспечивает более надёжную передачу нагрузок на продольные стены и покрытие сооружения, обладающего в этом направлении повышенной жёсткостью и устойчивостью. В сооружениях вместимостью до 100 человек и размере входного проёма  $60 \times 160$  см допускается устройство одного входа. В убежищах большей вместимости предусматривают два входа, желательно с разных сторон. При использовании дверных проёмов  $80 \times 180$  см допускается устраивать один вход на 200 человек. Планировочные решения входов показаны на рисунке 2. Для линейных убежищ в торце устраивают аварийный выход.

Аварийный выход в убежищах Г-образной формы можно размещать в месте поворота сооружения.

При выборе места для размещения средств воздухоподачи учитывают особенности планировочной схемы. Если сооружение имеет вытянутую форму и два входа (с противоположных концов), то средства воздухоподачи лучше размещать в середине сооружения. При одном входе фильтровентиляционное оборудование следует располагать в противоположном конце от входа. Если сооружение имеет Г-образную форму, оборудование устанавливать на повороте.

Конструктивные решения быстровозводимых убежищ разнообразны и зависят от применяемых материалов и изделий. В качестве ограждающих и несущих элементов используют сборные железобетонные изделия, бетонные блоки, лесоматериалы, металлопрокат, листовую и волнистую сталь, ткани и другие подручные материалы. Лучшим материалом являются сборные железобетонные конструкции в виде плитных, линейных или объёмных изделий. К плитным изделиям относятся: панели, настилы, плиты; к линейным – балки, ригели, колонны, перемычки; к объёмным – замкнутые элементы прямоугольного, круглого или смешанного сечения. В таблице 2 приведена характеристика основных железобетонных элементов, выпускаемых промышленностью, которые могут быть использованы для строительства быстровозводимых убежищ.

Железобетонные элементы	Общий вид конструкций	Характеристика конструкций				
		длина $L$ , мм	ширина $b$ , мм	высота $h$ , мм	объем бетона, м <sup>3</sup>	содержание арматуры, кг
Панели перекрытий с круглыми пустотами		2700—6300	900—1500	220	0,4—1,2	16—70
Плиты перекрытий ребристые		5500—6000	1500	300—400	0,6—0,7	70—90
Плиты сплошного сечения		3700—6000	1750	140—170	0,82—1,45	45—117
Ригели и фундаментные балки		2600—5700	400—600	400—600	0,5—0,7	60—150
Перемычки		2200—5000	250—500	220—300	0,2—0,5	27—50
Колонны		4500—6900	400	400	0,7—1,1	85—140
Блоки стен подвалов		1200—1400	400—600	600	0,3—0,9	—
Конструкции тоннелей (коллекторов)		1500—3000	2400—3000	2400	2,3—4,5	275—530
Трубы безнапорные		1500—6000	1500—2500	—	2,6—3,2	—
Трубы колодцев		2000	1500—2500	—	1,1—2,2	44—111

Таблица 2. Укрупненная номенклатура и характеристика существующих железобетонных конструкций.

Плитные элементы обладают, как правило, относительно малой несущей способностью, но достаточно большими размерами по длине и ширине, поэтому их целесообразно использовать в качестве элементов покрытий убежищ для многопролётных сооружений. Уменьшение расчётного пролёта повышает несущую способность конструкции. Так, пустотные панели перекрытий жилых зданий при трёхпролётной схеме могут выдержать давление до 0,1 МПа, а плиты сплошного сечения при двух- и трёхпролётных схемах 0, 15...0,20 МПа. Плиты ребристого сечения, несмотря

на то, что их несущая способность определяется прочностью полки, при двухпролётной схеме воспринимают нагрузку 0,1 МПа. В то же время использование длинномерных (6 м) железобетонных изделий в одно- или двухпролётных сооружениях с малыми пролётами (1,2...1,8) не экономично, т.к. при этом используется половина или третья часть плиты. Малоэффективно повышение несущей способности конструкций размещением их в несколько слоёв, поскольку каждый элемент в сечении работает самостоятельно, а не как единое целое.

Линейные железобетонные конструкции можно использовать для возведения одно - и двухпролётных убежищ с пролётами до 3 м. Если в качестве основного несущего элемента применить ригель, то такая конструкция может выдержать нагрузку до 0,2 МПа. Перемычки и колонны при пролёте 1,5 – 2 м могут выдержать давление в ударной волне порядка 0,1...0,2 МПа.

Существующие стеновые бетонные блоки типа СБ или ФС являются изделиями, которые можно эффективно использовать для устройства стен быстровозводимых убежищ.

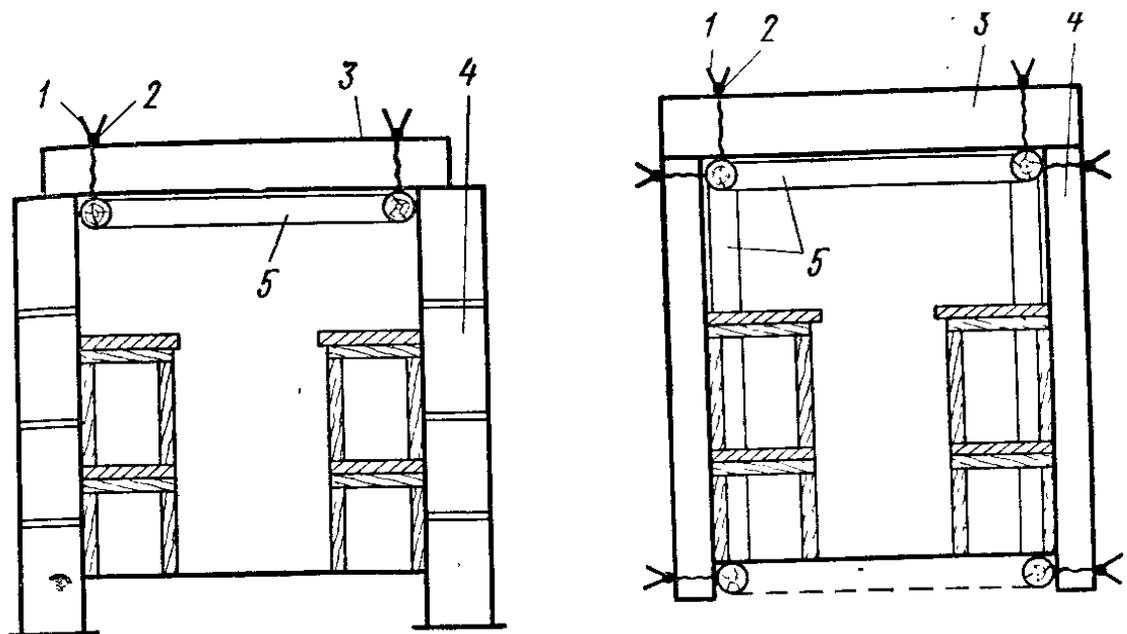


Рисунок 3. Поперечный разрез убежища, возводимого с использованием для устройства стен бетонных блоков, где

1 – проволочные скрутки; 2 – продольный арматурный стержень; 3 – железобетонная плита покрытия; 4 – бетонные блоки; 5 – деревянная рамная распорка.

Рисунок 4. Поперечный разрез убежища, возводимого с использованием для устройства стен железобетонных плит, устанавливаемых на ребро, где

1 – проволочные скрутки; 2 – продольный арматурный стержень; 3 – железобетонная плита покрытия; 4 – стеновые железобетонные

плиты; 5 – деревянные поперечные рамы.

Стены собирают из нескольких рядов блоков, укладываемых с перевязкой вертикальных швов. Наружные стены из блоков, даже уложенных насухо, обладают достаточно высокой несущей способностью. В стенах такой конструкции под нагрузкой возможно незначительное горизонтальное смещение отдельных блоков без нарушения общей устойчивости стен.

Покрытие и стены убежищ из отдельных железобетонных элементов следует крепить между собой от возможного горизонтального смещения, вызванного действием динамической нагрузки и упругого отпора конструкций покрытия при изгибе. Крепления следует выполнять с помощью проволочных скруток с захватом за монтажные петли элементов, путём установки деревянных распорок, заанкеривания проволочных оттяжек в грунтовый массив.

В верхней части остова сооружения, выполненного из блоков, предусматривается установка горизонтальной рамы, которую закрепляют скрутками на плите покрытия, и которая выполняет роль распорки для стен в верхней точке.

В качестве стеновых элементов убежищ можно использовать поставленные на ребро плиты сплошного и пустотелого сечения (рисунок 4). Для повышения несущей способности стеновых панелей в поперечном направлении устанавливают опорные рамы. Поскольку монтаж стен достаточно трудоёмок, эти же рамы выполняют роль элементов, обеспечивающих устойчивость плит, установленных на ребро.

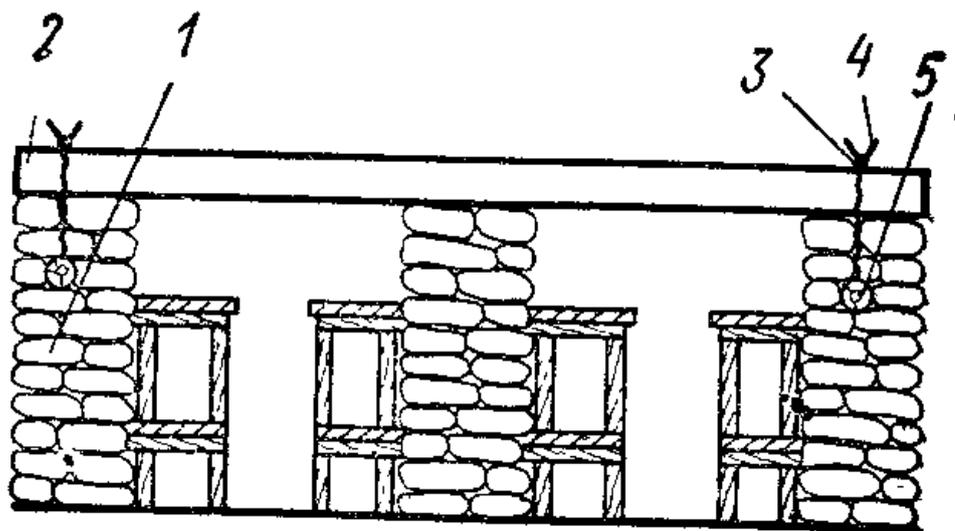


Рисунок 5. Поперечный разрез убежища со стенами из грунтонабивных мешков, где

1 – стена; 2 – железобетонная плита; 3 – продольный арматурный

стержень; 4 – проволочные скрутки; 5 – продольный деревянный брус.

При необходимости в качестве элементов стен используют грунтонабивные мешки (рисунок 5). Такие стены в зависимости от прочности тканей, размеров мешков и характеристик грунта выдерживают динамическую нагрузку до 0,1 МПа.

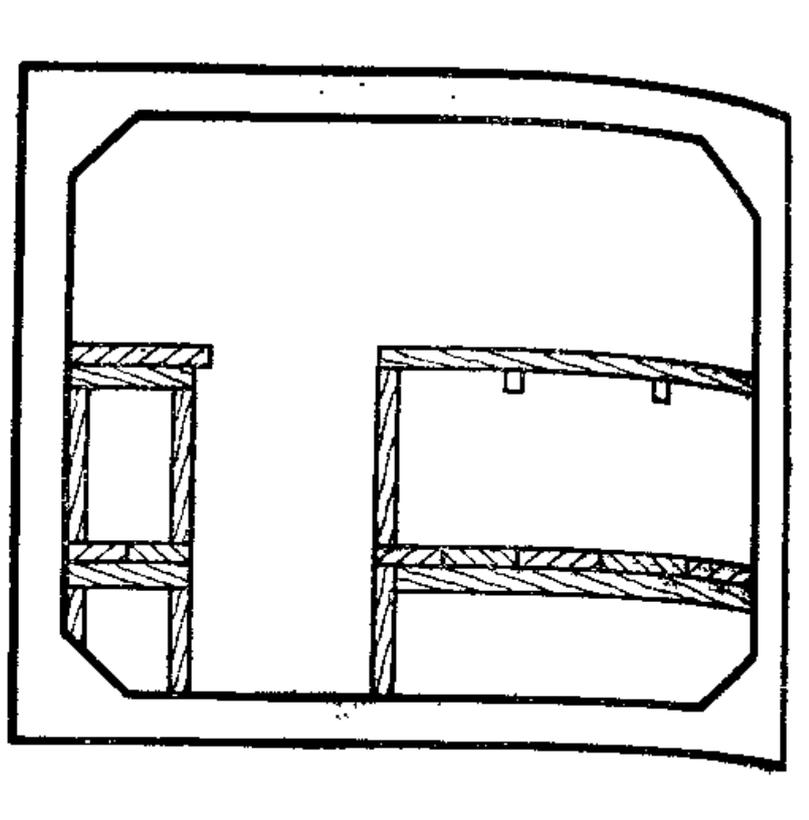


Рисунок 6. Убежища из замкнутых железобетонных блоков.

Из существующих железобетонных конструкций народного хозяйства наиболее приемлемы для строительства убежищ элементы коллекторов прямоугольного, круглого, овоидального, эллиптического и других форм поперечного сечения (рисунок 6). Они обладают достаточно высокой несущей способностью, т.к. рассчитаны в обычных условиях на восприятие веса грунта и проходящего транспорта. Недостатком указанных конструкций является их малая распространённость и сложность массового освоения в необходимые периоды. В общем объеме продукции, выпускаемой заводами сборного железобетона, эти конструкции составляют 1...3 %.

В числе конструкций, которые используют для возведения убежищ, следует упомянуть железобетонные элементы войскового фортификационного строительства (рисунок 7).

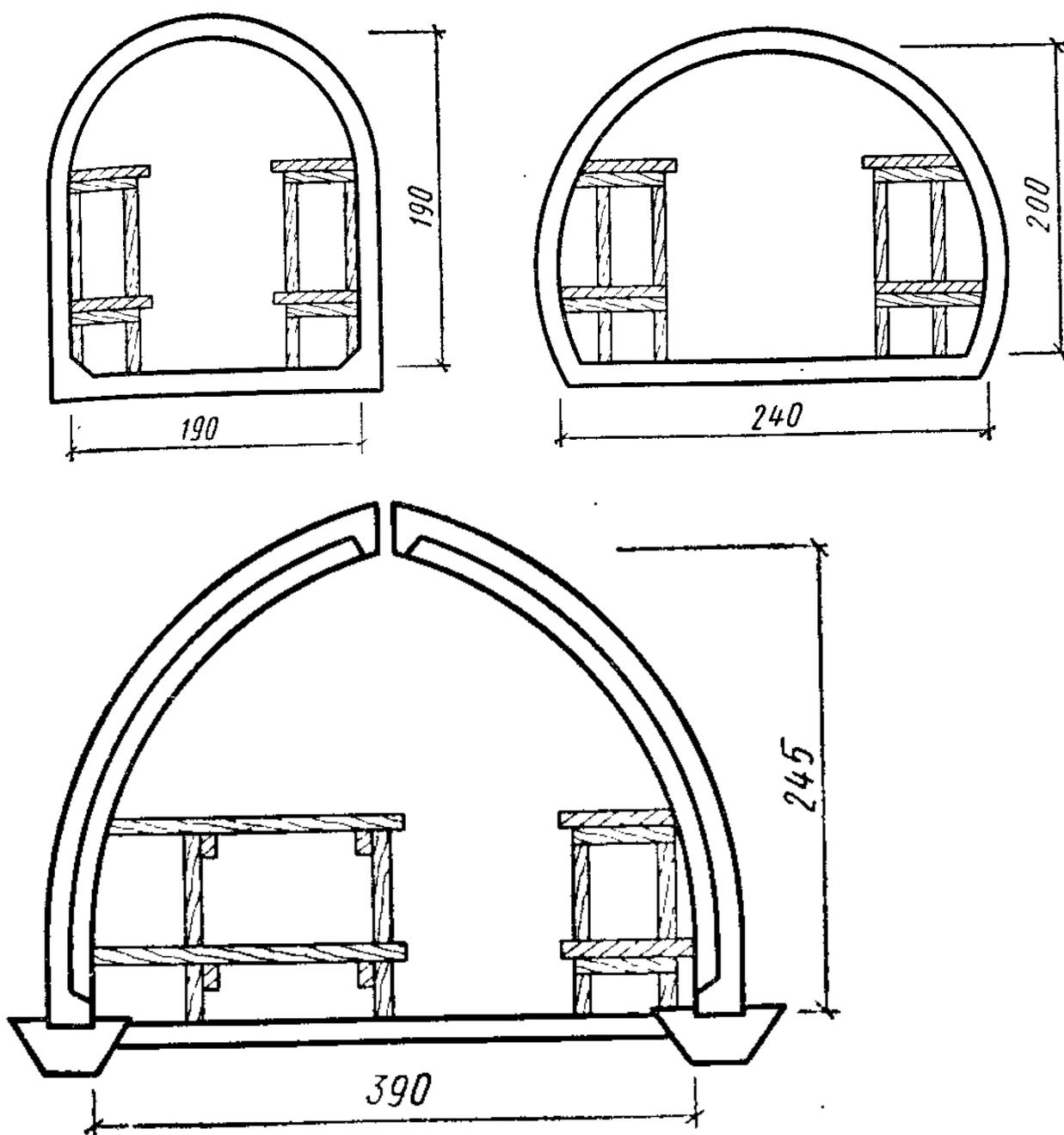


Рисунок 7. Убежища, возводимые из элементов специального строительства

По несущей способности и другим положительным качествам они близки к рассмотренным выше элементам коллекторов.

Для строительства быстровозводимых убежищ можно применять конструкции, изготовленные в существующей оснастке, при условии, что это не потребует серьезной переналадки и изменения принятого технологического процесса. Одним из таких решений является увеличение содержания арматуры в плитных элементах. При этом можно увеличить несущую способность не более чем в 2...3 раза. Лучший результат

достигается изготовлением новых изделий в существующей оснастке. Для этой цели рекомендуется использовать оснастку широко распространённых железобетонных изделий общесоюзной номенклатуры, оснастку многопустотных панелей перекрытий жилищно-гражданского строительства. Изделия остова убежищ и элементов входа в существующей оснастке изготовляют при уменьшении длины изделий, исключении пуансонов (для изделий сплошного сечения), изменении схемы и увеличении процента армирования, установке закладных элементов. Необходимая длина изделий достигается установкой в оснастке поперечных деревянных или металлических диафрагм. В оснастке длиной около 6 м можно изготовить одновременно до трёх – четырёх отдельных плит покрытия.

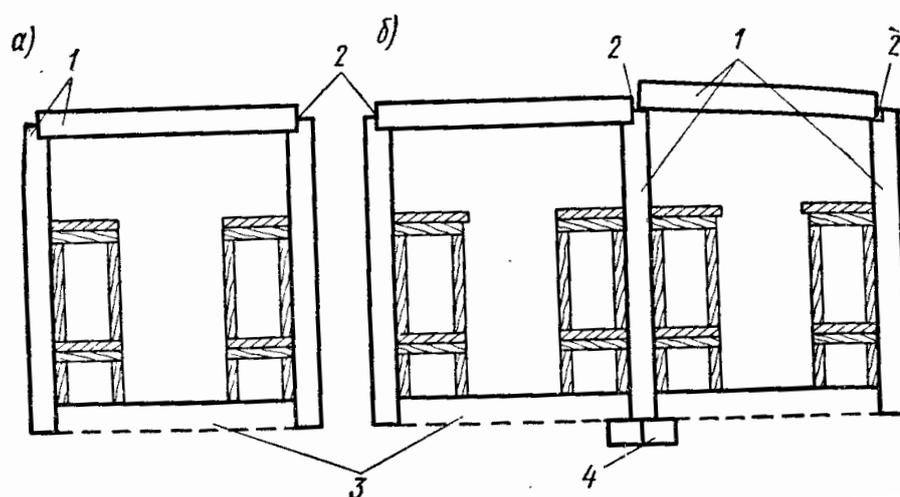


Рисунок 8. Конструктивные решения убежищ из железобетонных элементов, изготовленных в существующей оснастке, где

а – однопролётное; б – двухпролётное; 1 – элементы стен и покрытия; 2 – сварка через закладные части; 3 – распорки; 4 – фундамент.

Конструктивные решения убежищ, возводимых из железобетонных изделий, изготовленных в оснастке пустотельных панелей, показаны на рисунке 8. Остов однопролётного убежища собирают из трёх элементов. В стеновых панелях устраивают пазы для опирания плит покрытия. В месте стыка в элементах предусмотрены закладные части, которые после сборки сооружения соединяют сваркой, для обеспечения прочности и устойчивости остова в поперечном направлении. В уровне пола устанавливают железобетонные распорки, препятствующие горизонтальному смещению низа стеновых панелей. Под торцом внутренних стеновых панелей при двухпролётной схеме (рисунок 8, б) устраивают фундамент, собираемый из двух сборных железобетонных распорок, укладываемых вдоль стены. Рассмотренная конструкция остова убежища сложна, т.к. в элементах

покрытия и стен требуется устройство паза, обрамлённого металлическим закладными уголком. После установки конструкций в рабочее положение необходима сварка закладных частей. Сложности возникают при монтаже конструкций: установленную стеновую панель закрепляют временными подкосами со струбциной к железобетонным плитам или деревянным брускам, расположенным на бровке откоса котлована. После установки плиты покрытия и сварки элементов подкосы снимают.

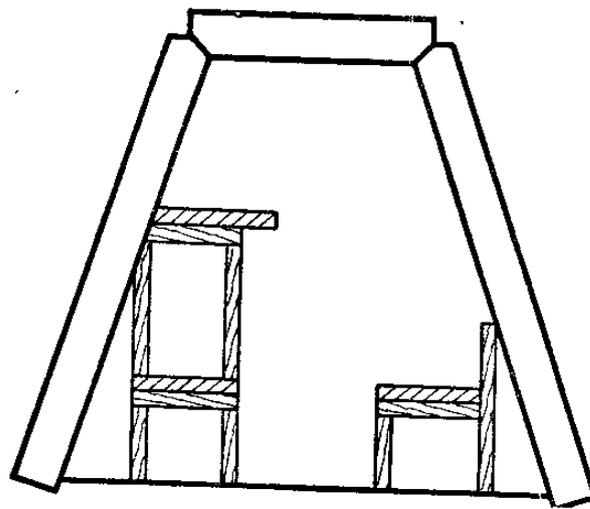


Рисунок 9. Конструктивное решение убежища из элемента, изготовленного в оснастке пустотелых панелей

Значительный эффект достигается при установке и закреплении в оснастке пустотелых панелей для простейших закладных элементов (треугольных призм), в результате чего после распалубки в нижней части панелей образуются треугольные вырезы. В процессе монтажа они позволяют плоской панели принять в рабочем положении трапециевидную форму (рисунок 9). Особенности данной конструкции являются сохранение площади рабочей арматуры панели и надёжность соединения арматуры панели и надёжность соединения элемента покрытия со стенами, не требующая дополнительного крепления между собой. Трудоёмкость возведения убежищ из указанных конструкций практически не отличается от возведения убежищ из объёмных элементов коллекторов и даже имеет ряд преимуществ: при устройстве котлована не требуется тщательная планировка всего дна, для монтажа может быть использован автокран небольшой грузоподъёмности, конструкции удобны для транспортирования.

Элементы входной части в виде плоских сплошных плит изготавливают также в оснастке пустотелых панелей. Несущая способность остова убежища достигает 0,3 МПа и более. На основе применения указанной конструкции разработаны типовые проекты быстровозводимых убежищ. В

городах и промышленных предприятиях могут найти применение быстровозводимые убежища из лесоматериалов (рисунок 10).

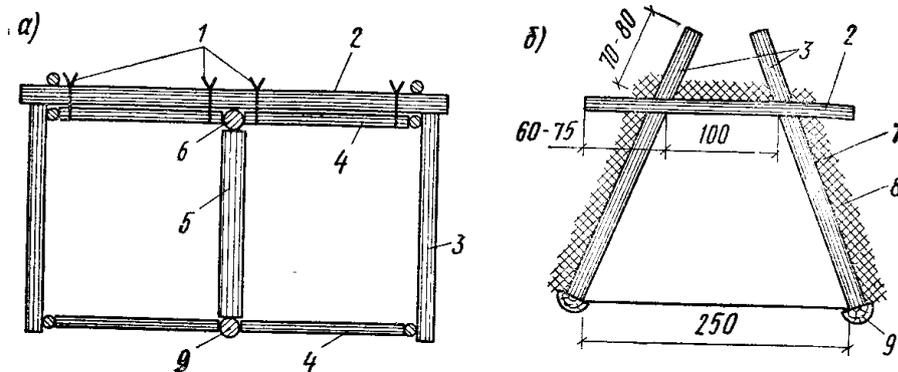


Рисунок 10. Конструктивные решения убежищ, выполненные из дерева, где

а – безврубочная конструкция; б – сооружение податливой конструкции; 1 – проволочные скрутки; 2 – элементы наката; 3 – стена; 4 – распорки; 5 – стойка; 6 – прогон; 7 – гидроизоляция; 8 – амортизационный слой; 9 – лежень.

Сооружение с остовом трапециевидного поперечного сечения (податливой конструкции) выполняют из брёвен или накатника. Для предотвращения просыпания грунта в просветы между элементами стен и покрытия по их внешней поверхности снизу вверх с нахлёстом укладывают «оболочку заполнения» в виде слоя рулонного материала (толь, рубероид, полимерная плёнка), служащего одновременно гидроизоляцией. На оболочку заполнения кладут амортизирующий слой толщиной 15...20 см из лапника, камыша, соломы, мелких веток, хвороста и т.д. Поверх амортизационного слоя предусматривают грунтовую обсыпку. Убежище податливой конструкции может иметь треугольное поперечное сечение.

Одним из сложных вопросов при строительстве быстровозводимых убежищ является возведение входов. Входы наиболее уязвимы воздействию. Почти всех поражающих факторов ядерного взрыва и особенно действию воздушной ударной волны. Если остов убежища оказался достаточно прочным, а входы разрушились, и внутрь помещения проникла волна, укрывающиеся люди погибнут. Сложность конструктивного решения входа заключается в том, что в нём используют подручные материалы и конструкции, которые должны обладать ещё более высокой прочностью, чем остов убежища. Необходимо также чёткое конструктивное соединение (сопряжение) элементов остова и входа, обеспечивающее передачу возникающих усилий на сооружение или окружающий грунтовой массив.

Особая трудность при возведении входов из железобетонных конструкций заключается в подборе соответствующего элемента с входным

проёмом определённых размеров. Такой элемент должен обладать необходимой прочностью и иметь закладные части для крепления дверной коробки в виде труб диаметром 20...30 мм. Подобные элементы не выпускаются промышленностью в мирное время и их изготовление предусматривают в особый период на заводах, либо полигонах в специальной опалубке.

Входная часть убежища включает в себя также ограждающие конструкции тамбура, предтамбура с установкой в них защитных устройств (дверей) и лестничный спуск. На предтамбуре предусматривают защитный козырёк, который предохраняет дверь от завала. Покрытие и стены предтамбура выполняются из глухих (сплошных) элементов. Для убежищ, возводимых из существующих железобетонных изделий, заполнение торцевого участка остова осуществляют конструкциями, устанавливаемыми вертикально. Элементы входа вверху опираются на покрытие, внизу заделываются в грунт на глубину 30...35 см. Конструкциями для устройства входа могут служить элементы линейного типа, либо плиты сплошного сечения. Эти же элементы используют для заделки торцевой части сооружения со стороны аварийного выхода. В комплект железобетонных изделий городских коллекторов входят элементы входов: глухие и с проёмами. Эти конструкции достаточно прочны и их следует применять при возведении входной части убежищ. Вполне реально решение ограждения входной части лесоматериалами или прокатным металлом.

Лестничные спуски и защитные стенки от давления грунта можно устраивать и с использованием жердей, подтоварника, горбылей. Можно применять в качестве лестниц готовые железобетонные лестничные марши.

Габарит дверей быстровозводимых убежищ принимают, как правило, равным 60х60 см, и выполняют двери из дерева. Если позволяют размеры поперечного сечения остова убежища, допускается установка металлических дверей размером 80х180 см. При устройстве входной части (тамбура) желательнее его ширину сузить до минимальных размеров, обеспечивающих свободный проход людей через соответствующие дверные проёмы. Благодаря такому решению уменьшается площадь, на которую непосредственно действует нагрузка от воздушной ударной волны, и снижаются усилия, передаваемые на каркас убежища. На рисунке 11 показан узел примыкания стен тамбура к острову при возведении убежища из бетонных блоков и грунтонабивных мешков. Дверные блоки должны плотно примыкать к защитным конструкциям тамбуров, чтобы предотвратить затекание волны в сооружение.

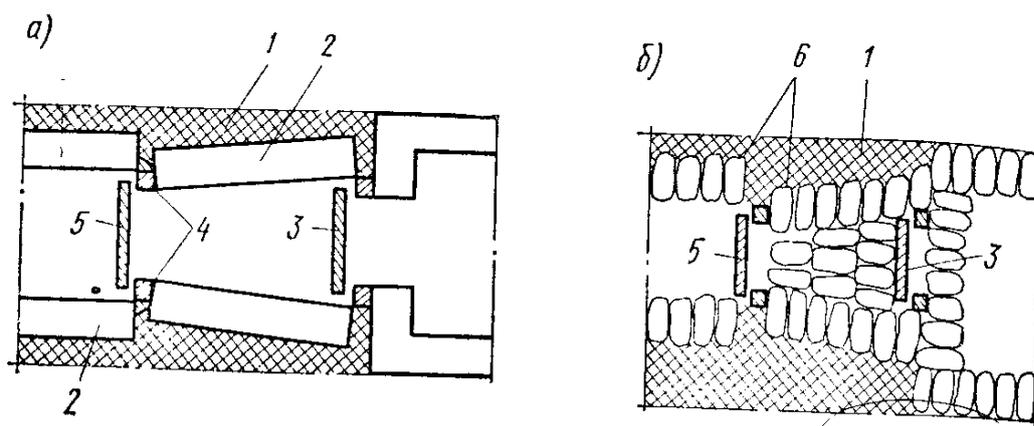


Рисунок 11. Узел примыкания входной части к остову убежищ, где  
 а – для сооружений со стенами из бетонных блоков; б – для сооружений со стенами из грунтонабивных мешков; 1 – слой мятой глины; 2 – блок тамбура и предтамбура; 3 – герметическая дверь; 4 – конопатка пакелейц или ветошь; 5 – защитногерметическая дверь; 6 – грунтонабивные мешки.

Дверной блок должен быть надёжно закреплён от возможного отрыва защитно-герметической двери с коробкой от воздействия усилий, возникающих от волны разрежения, т.е. нагрузки, противоположной по своему направлению действию ударной волны. При устройстве входной части из железобетонных и бетонных элементов крепление дверных блоков осуществляют с помощью анкерных болтов и выпусков из арматурного железа, закладываемых в специально предусматриваемые отверстия или швы между сборными элементами. Крепление дверных блоков со стенами из дерева выполняют с помощью штырей, скоб, проволочных скруток.

Аварийный выход в быстровозводимых убежищах устраивают достаточно простым по конструкции. Он представляет собой разбираемый проём размером не менее чем 0,6х0,8 м в торцевой части убежища (рисунок 12).

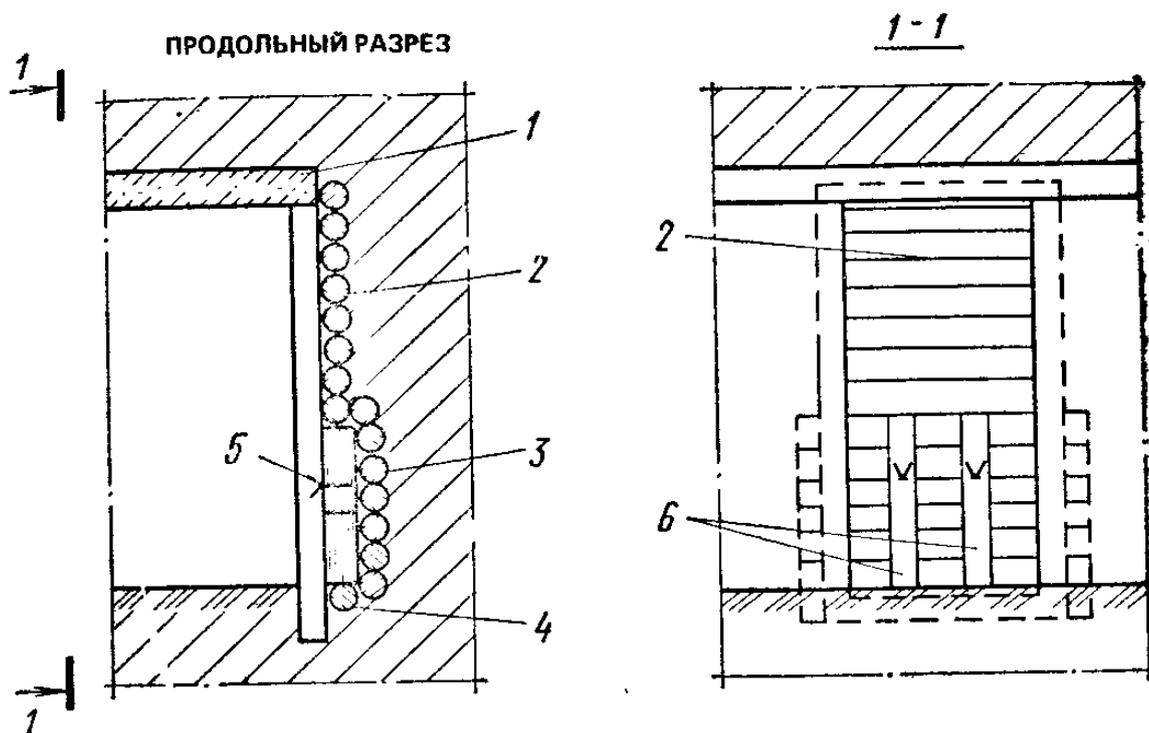


Рисунок 11. Схема устройства аварийного выхода, где

1 – покрытие убежища; 2 – опускающаяся забирка лаза; 3 – стационарная забирка лаза; 4 – лежень; 5 – седлообразные скрутки; 6 – извлекаемые стойки.

Проём заделывают жердями (деревянными брусьями). Для выхода укрываемых на поверхность жерди (брусья) разбирают изнутри убежища. В убежищах, возводимых из трёхзвенных плит, в торце сооружения устанавливают те же элементы, что и во входной части. Дверной проём 60x160 см используют в качестве аварийного выхода с заделкой его по тому же принципу, как указывалось выше. При необходимости разбирают участок одной из стен, грунт при этом убирают вовнутрь сооружения.

### Особенности проектирования, изготовления и монтажа конструкций

В соответствии с требованиями, отдельно стоящие быстровозводимые убежища должны обеспечивать защиту укрываемых от поражающих факторов ядерного взрыва.

Преимущество быстровозводимых убежищ в простоте конструктивно-планировочных и санитарно-технических решений, способствующих уменьшению времени на их возведение. Естественно, что эта простота не должна идти в ущерб их защитным свойствам. В силу специфики, связанной с конструктивно-планировочными особенностями, сфера применения защитных сооружений, возводимых в короткие сроки, несколько ограничена.

Снизить объём и габариты грунтовой обсыпки и одновременно не допустить увеличения нагрузки на наружные стены быстровозводимых убежищ можно путём изменения конструкции обвалования. С этой целью бровку откосов размещают вблизи наружных граней стен, а на откосах укладывают ребристые плиты с сохранением не заполненного грунтом пространства между рёбрами и под полкой (рисунок 12). На откосах с каждой стороны размещают по одной плите шириной 1,5 м. Вынос бровки откосов должен быть таким, чтобы проекция его верхней точки (бровки) под углом  $90^\circ$  попадала на угол сооружения. Наклон откосов обвалования можно принимать в этих условиях более крутым, чем рекомендуется нормами, например, 1:1,5 или 1:2.

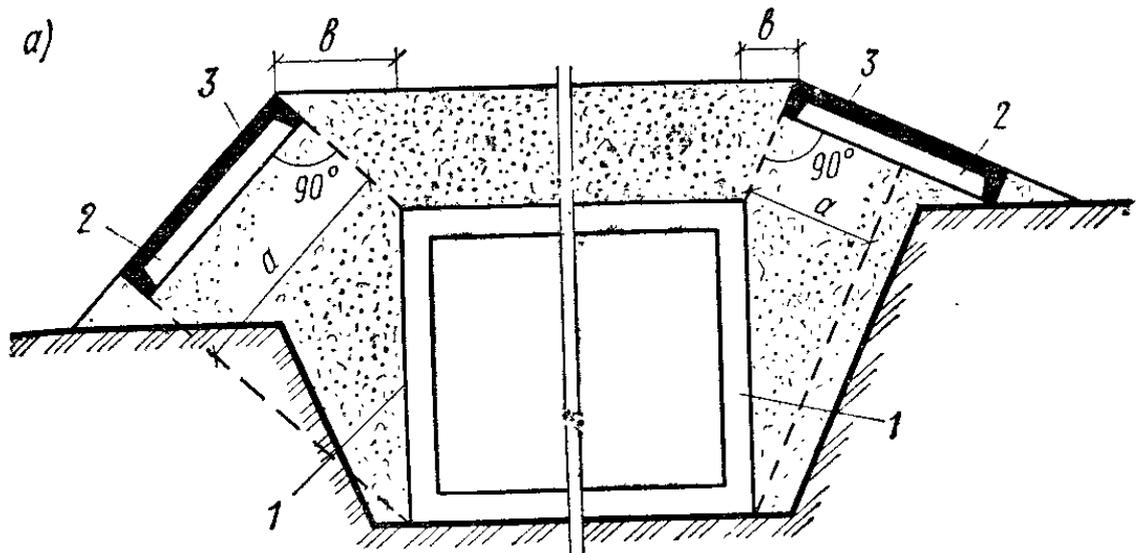


Рисунок 12. Конструкция обвалования быстровозводимых убежищ, где а – для полузаглубленного убежища; б – для заглубленного убежища; 1 – ограждающие конструкции убежища; 2 – пространство свободное для грунта; 3 – ребристые плиты, укладываемые вдоль сооружения; 4 – грунтовая засыпка; а – зона, в которой при отсутствии плиты действует волна сжатия с отражением от преграды (стены); в – вынос бровки откоса от наружной грани стен.

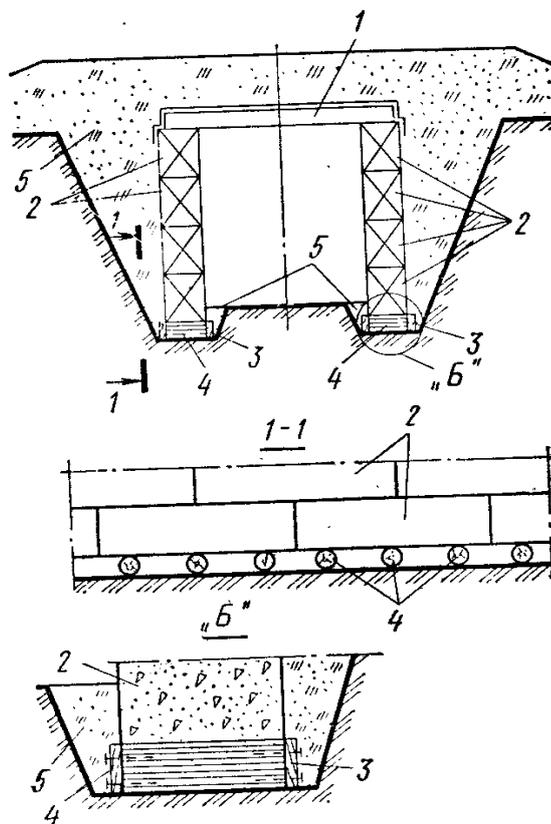
В процессе воздействия воздушной ударной волны плита втапливается (перемещается) в грунт без генерирования плоской волны сжатия в пределах ширины плиты. Прочность полки плит перекрытий промышленных зданий достаточно велика и составляет, как показали опыты, около 0,1 МПа. Но даже при возможном разрушении полки эффект экранирующего действия плиты значительно снижает параметры волны сжатия. За счёт увеличения наклона обсыпки и приближения бровки откосов к сооружению объём грунтовой обсыпки может снизиться в 1,5...2 раза. Соответственно,

уменьшаются и габариты обвалования сооружения в плане.

Убежища, возводимые в короткие сроки из имеющихся в наличии штучных материалов и изделий, не обладают достаточно высокой герметичностью из-за многочисленных швов в ограждающих конструкциях, а также отсутствия наружной оклеечной (обмазочной) гидроизоляции. Практически в процессе эксплуатации возможно лишь поддерживать минимально допустимый подпор (до 2...3 мм) внутри убежища. Следовательно, в районах с высокой степенью загазованности, например на участках нефтеперерабатывающих и химических предприятий, сооружать такие убежища не рекомендуется. Нельзя их размещать и в зонах возможного затопления, возникающего от разрушения плотин, ГЭС и т.д.

Расчёт грунтового основания для быстровозводимых убежищ должен производиться только на основное сочетание нагрузок. Размеры фундаментов в этом случае оказываются незначительными. Общим недостатком ряда известных, в том числе и типовых решений быстровозводимых убежищ является наличие необоснованно развитой фундаментной части, ограничивающей вертикальную податливость убежищ при воздействии воздушной ударной волны и отрицательно сказывающейся на несущей способности сооружений. В частности, это касается убежищ с наружными стенами из бетонных блоков шириной 40...60 см.

Часто под такие стены предусматривают специальные фундаментные подушки. В ещё более неблагоприятной ситуации находятся убежища в виде замкнутых железобетонных рам. Можно считать, что в перечисленных выше случаях, учитывая сравнительно небольшие пролёты сооружений (до 3 м), элементы покрытия убежищ находятся на практически несмещаемых опорах. Чтобы исключить это негативное явление, предлагается следующее конструктивное решение фундаментной части. Между подошвой отдельных стен или сплошным днищем и основанием устанавливают с интервалом и равномерно друг от друга поперечные деревянные подкладки. Опорная площадь подкладок, опирающихся на грунт, должна составлять 0,05...0,15 площади покрытия. Во избежание проваливания грунта между подкладками в процессе производства работ и в последующее время рекомендуется в торцах подкладок предусмотреть ограждающие элементы (из досок). Высота подкладок должна составлять около 15 см (рисунок 13)



### Технико-экономические показатели убежищ

Планировочные решения быстровозводимых убежищ характерны своей простотой и отсутствием большого числа вспомогательных помещений. Кроме тамбуров во входах единственными изолированными вспомогательными помещениями являются санузлы, занимающие относительно небольшую площадь.

Коэффициент  $K_1$ , характеризующий отношение площади для размещения укрываемых к общей площади, колеблется для быстровозводимых убежищ от 0,7 до 0,85 (при стремлении коэффициента к 1). Коэффициент  $K_2$ , показывающий отношение общей площади убежища к его вместимости, также находится на пределах 0,7...0,8 (при стремлении коэффициента к 0,5). Коэффициент  $K_3$ , являющийся отношением строительного объема убежища к его площади, составляет приблизительно 2,5...3. Если сравнить эти показатели с аналогичными коэффициентами для заблаговременно возводимых убежищ, можно сказать, что с точки зрения эффективности использования защищенной площади и объемов, быстровозводимые убежища являются более рациональным типом защитных сооружений.

Технико-экономические показатели убежищ зависят от принятой планировочной схемы. Важно, чтобы размер пролёта сооружения соответствовал требованиям рационального размещения скамей для сидения укрываемых и габаритов прохода между ними. Очевидно, что каждому

пролёту соответствует определённая величина защищённой площади, приходящаяся на одного укрываемого и зависящая от характера размещения бытового оборудования (таблица 3).

Размещение мест в убежище	Величина пролёта, см								
	110	120	130	140	170	180	200	240	250
Однорядное	0,50	0,54	0,58	0,63	-	-	-	-	-
Двухрядное	-	-	-	-	0,39	0,45	0,495	0,54	0,58
Поперечное	-	-	-	-	-	-	-	-	0,47

Таблица 3. Площадь, м<sup>2</sup>, на одного укрываемого при различных пролётах убежища

Как видно из таблицы 3, отклонение от оптимально допустимого пролёта ведёт к увеличению площади на укрываемого, т.е. к ухудшению технико-экономических показателей убежища, прежде всего, за счёт удорожания стоимости покрытия и некоторого увеличения объёма земляных работ. Расчёты показывают, что при отклонении пролёта от оптимальных размеров стоимость покрытия может увеличиться на 60...85 %. В целом, удельная стоимость убежища (в расчёте на одного укрываемого) возрастёт при этом приблизительно на 25%.

Анализ типовых проектов быстровозводимых убежищ показывает, что расход материалов в однопролётных сооружениях на 15...20% выше, чем в двухпролётных.

Технико-экономические показатели убежищ зависят от конструктивного решения, вида применяемых материалов, вместимости и класса защитного сооружения. Для сопоставления и сравнительной оценки проектных решений убежища можно подразделить на следующие типы:

I – убежища, выполненные из сборных бетонных блоков и железобетонных изделий;

II – убежища, выполненные из отдельных сборных железобетонных изделий;

III – убежища, выполненные из железобетонных трёхзвенных плит;

IV – убежища, выполненные из отдельных железобетонных блоков круглого сечения;

V – убежища, выполненные из отдельных железобетонных блоков прямоугольного сечения;

VI – убежища, выполненные из лесоматериалов.

В таблице 4 приведены показатели расхода материалов на перечисленные типы убежищ, их стоимость и трудоёмкость возведения в зависимости от вместимости.

Конструкционный тип убежища	Вместимость, чел.	Применяемые материалы				Трудоёмкость возведения, чел-дн	Примечание
		Сталь, т	Бетонные блоки, м <sup>3</sup>	Сборный железобетон, м <sup>3</sup>	Лесоматериалы, м <sup>3</sup>		
I	50	0,6	61,2	41,9	0,92	152	Проект вместимостью на 100 и 50 (150) чел. Выполнен различными организациями
	100	5,9	68,6	24,3	9,6	185	
	150	0,68	142,2	50,6	1,5	299	
II	50	8,5	9,7	38,0	6,8	205	Проект убежища вместимостью на 150 чел. не разрабатывался
	100	14,4	10,5	71,5	5,4	564	
	150	15,7	19,3	89,2	7,4	632	
III	50	2,7	-	26,1		38,7	
	100	4,0	-	37,4		69,5	
IV	50	4,3	26,7	23,6	5,2	122	-
	80	12,6	-	50,1	-	-	
V	50	8,4	32,5	32,5	4,8	116	-
	100	15,0	37,5	64,5	9,6	213	
	150	20,1	37,5	87,6	10,4	247	
VI	50	-	-	-	-	36	Показатели даны для сооружений безврубочной конструкции
	100	-	-	-	-	50	
	160	-	-	-	-	69	

Таблица 4. Основные показатели быстровозводимых убежищ различной вместимости и конструкции

При определении технико-экономических показателей убежищ использованы данные одной проектной организации. Это уменьшило разброс показателей, более чётко прослеживались закономерности изменения входящих в таблицу параметров. В таблицу включены в основном показатели по однопролётным убежищам с пролётом не более 2 м. Показателем экономичности сопоставляемых конструктивных решений убежищ может служить расход основных материалов, стоимости и трудоёмкости возведения, отнесённый к одному укрываемому.

Наибольший расход материалов характерен для убежищ, в которых для устройства стен используют бетонные блоки. По трудоёмкости возведения наихудшие показатели у сооружений, возводимых из отдельных железобетонных элементов. Сравнительные технико-экономические показатели быстровозводимых убежищ (по расходу бетона и стали) в зависимости от возрастания степени защиты сооружения (класса убежища) практически не отличается от аналогичных величин, определяемых для заблаговременно возводимых убежищ.

Важным показателем эффективности проектного решения убежищ является количество применяемых типоразмеров железобетонных элементов в сооружении (с учётом входов).

### **Заключение**

Убежища, возводимые в короткие сроки из имеющихся в наличии штучных материалов и изделий, не обладают достаточно высокой герметичностью из-за многочисленных швов в ограждающих конструкциях, а также отсутствия наружной оклеечной (обмазочной) гидроизоляции. Практически в процессе эксплуатации возможно лишь поддерживать минимально допустимый подпор (до 2...3 мм) внутри убежища. Следовательно, в районах с высокой степенью загазованности, например на участках нефтеперерабатывающих и химических предприятий, сооружать такие убежища не рекомендуется. Нельзя их размещать и в зонах возможного затопления, возникающего от разрушения плотин, ГЭС и т.д.

Все конструкции быстровозводимых убежищ рассчитывают с учётом упругопластической работы материалов. При расчёте материалов убежищ, выполненных из металла, дерева, тканей, следует принимать повышенные прочностные параметры материалов, вызванные их упрочнением при больших скоростях деформаций, а с учётом того, что убежища возводятся в особых условиях, следует учесть и климатические особенности региона, в котором возводятся убежища.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

№ варианта	Расстояние объекта до емкости с ГВС, м	Количество сжиженного бутан-пропана в емкости, т
1	310-1060	100
2	170-960	103
3	290-1040	115
4	250-1000	106
5	330-1080	110
6	150-1040	108
7	370-1120	101
8	180-930	107
9	220-1030	112
10	130-1070	116
11	240-970	102
12	260-1160	118
13	390-1140	105
14	160-1050	109
15	270-1020	120
16	350-1100	95
17	230-1200	113
18	300-1300	118
19	240-980	98
20	190-900	114

Таблица 2

№ варианта	Баллон	Расстояние от центра взрыва
1	Кислородный	10
2	Пропан-бутановый	50
3	Ацетиленовый	45
4	Кислородный	48
5	Ацетиленовый	20
6	Пропан-бутановый	15
7	Кислородный	52
8	Ацетиленовый	30
9	Пропан-бутановый	35
10	Кислородный	14

Окончание табл. 2

11	Ацетиленовый	25
12	Пропан-бутановый	40
13	Кислородный	55
14	Ацетиленовый	36
15	Пропан-бутановый	27
16	Ацетиленовый	10
17	Пропан-бутановый	18
18	Кислородный	13
19	Пропан-бутановый	20
20	Ацетиленовый	26

Таблица 5

№ варианта	Расстояние R, км	Мощность боеприпаса q, кг	Колебания в сети, %
1	4,1	20	±5
2	4,2	50	±6
3	4,3	100	±7
4	4,4	200	±8
5	4,5	300	±9
6	4,6	500	±10
7	4,7	1000	±11
8	4,8	2000	±12
9	4,9	3000	±13
10	5,0	5000	±14
11	5,1	10000	±16
12	5,3	100	±17
13	5,4	200	±18
14	5,5	300	±19
15	5,6	500	±20
16	5,7	1000	±5
17	5,8	2000	±6
18	5,9	3000	±7
19	6,0	5000	±8
20	6,1	500	±9

Таблица 6

№ варианта	Размеры участка			Вещество	V, м <sup>3</sup>
	длина, l, м	ширина, b, м	высота, h, м		
1	60	20	15	Аммиак	16
2	50	24	12	Ацетилен	10
3	40	15	10	Ацетон	8
4	70	30	16	Бутан	20
5	35	40	9	Водород	24
6	55	18	13	Метан	18
7	75	22	11	Метиловый спирт	12
8	25	37	17	Окись углерода	26
9	65	41	8	Пропан	14
10	45	35	12	Сероуглерод	22
11	20	20	15	Толуол	25
12	80	28	14	Этиловый спирт	9
13	30	34	9	Уайт-спирит	27
14	60	25	11	Бутан	21
15	52	40	12	Метан	17
16	38	22	10	Аммиак	30
17	46	37	13	Ацетон	10
18	77	32	8	Водород	20
19	28	18	9	Пропан	19
20	43	33	11	Толуол	21

Таблица 7

№ варианта	Плотность персонала на объекте				
	На открытой местности чел/м <sup>2</sup>	В промышленном здании чел/м <sup>2</sup>	В административном здании чел/м <sup>2</sup>	Количество взрывоопасного вещества в резервуаре т	Наименование взрывоопасного вещества
1	0,0002	0,2	0,1	50	Этилен
2	0,0003	0,1	0,3	60	Бутан
3	0,0004	0,3	0,2	70	Аммиак
4	0,0005	0,1	0,4	80	Ацетон
5	0,0006	0,2	0,5	90	Бензин
6	0,0007	0,4	0,2	100	Гексан
7	0,0008	0,1	0,2	50	Керосин

8	0,0009	0,5	0,4	60	Метан
9	0,0004	0,2	0,3	70	Ацетилен
10	0,0002	0,6	0,1	80	Водород
11	0,0005	0,3	0,6	90	Этилен
12	0,0001	0,1	0,7	100	Бутан
13	0,0004	0,5	0,1	50	Аммиак
14	0,0008	0,2	0,4	60	Ацетон
15	0,0009	0,6	0,2	70	Бензин
16	0,0006	0,3	0,5	80	Гексан
17	0,0004	0,7	0,1	90	Керосин
18	0,0003	0,2	0,1	100	Метан
19	0,0007	0,1	0,4	50	Ацетилен
20	0,0006	0,5	0,4	60	Водород

Таблица 3

№ варианта	Кол-во АХОВ, т	Тип АХОВ	Скорость ветра, м/с	Направление ветра	Время после аварии, ч	Расстояние до предприятия, населённого пункта, км	Численность работающих, чел.	Обеспеченность противогАЗами, %	Метеоусловия	Вид хранилища
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	5	Цианистый водород	6	Западный	1	1	100	40	Ночь ясно	О
2	10	Хлор	5	Восточный	3	3	150	70	День полужасно	Н/о
3	25	Фосген	4	Северо-западный	5	5	70	30	Ночь пасмурно	О
4	50	Аммиак	3	Юго-восточный	2	2	90	50	День ясно	Н/о
5	75	Сернистый ангидрид	2	Западный	4	4	120	0	Ночь полужасно	О
6	100	Сероводород	1	Восточный	5	5	80	30	День пасмурно	О
7	5	Сероводород	2	Северо-западный	2	2	110	40	Ночь ясно	Н/о
8	10	Сернистый ангидрид	3	Юго-восточный	3	3	70	20	День полужасно	Н/о

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	25	Аммиак	4	Западный	1	1	100	80	Ночь пасмурно	Н/о
10	50	Фосген	5	Восточный	4	4	120	60	День ясно	О
11	75	Хлор	6	Северо-западный	5	5	80	40	Ночь полуясно	Н/о
12	100	Цианистый водород	5	Юго-восточный	3	3	150	50	Ночь пасмурно	О
13	5	Хлор	4	Западный	2	2	90	30	День ясно	О
14	10	Фосген	3	Восточный	1	1	110	0	Ночь полуясно	Н/о
15	25	Сероводород	4	Северо-западный	4	4	70	20	День пасмурно	О
16	50	Сернистый ангидрид	5	Юго-восточный	5	5	130	80	День ясно	Н/о
17	75	Сероводород	3	Западный	3	3	80	30	Ночь Полу-ясно	О
18	100	Аммиак	6	Восточный	4	4	120	50	День пасмурно	Н/о
19	5	Фосген	2	Северо-западный	2	2	100	60	День ясно	О
20	10	Цианистый водород	3	Юго-восточный	4	4	90	0	Ночь полуясно	О

Таблица 4

№ варианта	Скорость движения, км/ч	Протяженность участка, км	Время прошедшее после аварии, ч	Уровни радиации, Р/ч	Установленная доза облучения, Р	Транспортное средство
1	80	120	2	0,2;1,3;4,5;15;20;11;3,7	1,5	автомобиль
2	60	100	4	0,5;1,7;6;12;18;14;2,5	3	автобус
3	45	70	2,5	1,2;3,7;9;19;27;15;7,3	2,3	ж/д платформа
4	55	50	3,2	2,8;4,5;10;15;7;5;3,8	1,8	вагон пассажирский
5	70	90	5	0,7;1,9;3,6;9;14;7;5,2	2,5	автомобиль
6	57	80	7	10;15;19;29;24;18;12	4	автобус
7	40	60	1,5	3,5;5,2;6,8;15;21;17;9	4,6	ж/д платформа
8	67	130	6	0,6;1,4;2,5;7;9,3;8,0;4,7	2,8	вагон пассажирский
9	90	140	4,3	1,7;3,4;6,3;8,9;17;15;8	3,2	автомобиль
10	40	37	0,7	3,3;4,9;9,2;15;22;17;10	1,7	автобус
11	50	45	1,9	3;6;7,4;10,7;12;9,1;7,5;6	3,4	ж/д платформа
12	61	125	2,4	2;4,8;7,9;12;15,6;19;11	5	вагон пассажирский
13	75	98	10	0,6;1,2;1,8;3;5,2;3,8;2,1	1,7	автомобиль
14	52	138	6,5	12;14;18;26;38;22;16	7	автобус
15	35	65	12	19;24;29;35;40;33;17	10	ж/д платформа
16	48	85	7,5	1,4;2,7;4,9;5,2;7,3;6,5;1	3,8	вагон пассажирский
17	65	53	3,8	0,7;1,8;3,7;5,8;10;7;3	4,5	автомобиль
18	42	90	6,8	18;27;39;48;35;24;15	9	автобус
19	30	40	11,5	1;2,7;3,6;4,5;5,8;2,3;1,7	2	ж/д платформа
20	50	80	9	0,2;0,3;1,4;3,6;6;2,5;1,3	1,3	вагон пассажирский

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 1

Степени разрушения элементов объекта  
при различных избыточных давлениях ударной волны, кПа

№ п/п	Элементы объекта	Разрушение			
		Слабое	Среднее	Сильное	Полное
<b>1. Производственные, административные здания и сооружения.</b>					
1	Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25÷50 т	20÷30	30÷40	40÷50	50÷70
2	То же, с крановым оборудованием грузоподъемностью 60÷100 т	20÷40	40÷50	50÷60	60÷80
3	Бетонные и железобетонные здания и здания антисейсмической конструкции	25÷35	80÷120	150÷200	200
4	Здания с легким металлическим каркасом и бескаркасной конструкции	10÷20	20÷30	30÷50	50÷70
5	Промышленные здания с металлическим каркасом и бетонным заполнением с площадью остекления около 30%	10÷20	20÷30	30÷40	40÷50
6	Промышленные здания с металлическим каркасом и сплошным хрупким заполнением стен и крыши	10÷20	20÷30	30÷40	40÷50
7	Многоэтажные железобетонные здания с большой площадью остекления	8÷20	20÷40	40÷90	90÷100
8	Здание из сборного железобетона	10÷20	20÷30	-	30÷60

Продолжение табл. 1

	Одноэтажные здания с металлическим каркасом и стеновым заполнением из волнистой стали	5÷7	7÷10	10÷15	15
10	То же, с крышей и стеновым заполнением из волнистой стали	7÷10	10÷15	15÷25	25÷30
11	Кирпичные бескаркасные производственно-вспомогательные здания с перекрытием (покрытием) из железобетонных сборных элементов одно- и многоэтажные	10÷20	20÷35	35÷45	45÷60
12	То же, с перекрытием (покрытием) из деревянных элементов одно- и многоэтажные	8÷15	15÷25	25÷35	35
13	Здания фидерной или трансформаторной подстанции из кирпича или блоков	10÷20	20÷40	40÷60	60÷80
14	Складские кирпичные здания	10÷20	20÷30	30÷40	40÷50
15	Легкие склады-навесы с металлическим каркасом и шиферной кровлей	10÷25	25÷35	35÷50	50
16	Склады-навесы из железобетонных элементов	20÷35	35÷70	80÷100	100
17	Административные многоэтажные здания с металлическим или железобетонным каркасом	20÷30	30÷40	40÷50	50÷60
18	Кирпичные многоэтажные здания (один-два этажа)	8÷15	15÷25	25÷35	35÷45
19	Кирпичные многоэтажные здания (три этажа и более)	8÷12	12÷20	20÷30	30÷40
20	Деревянные дома	6÷8	8÷12	12÷20	20÷30
21	Доменные печи	20	40	80	100
22	Здания ГЭС	50÷100	100÷200	200÷300	300
23	Затворы плотин	20÷70	70÷100	100	-
24	Остекление зданий обычное	0,5÷1	1÷1,5	1,5÷3	-

Продолжение табл. 1

25	Остекление зданий из армированного стекла	1÷1,5	1,5÷2	2÷5	-
2. Некоторые виды оборудования					
1	Станки тяжелые	25÷40	40÷60	60÷70	-
2	Станки средние	15÷25	25÷35	35÷45	-
3	Станки легкие	6÷12	-	15÷25	-
4	Краны и крановое оборудование	20÷30	30÷50	50÷70	70
5	Подъемно- транспортное оборудование	20	50÷60	60÷80	80
6	Кузнечно-прессовое оборудование	50	100÷110	150÷200	-
7	Ленточные конвейеры в галерее на железобетонной эстакаде	5÷6	6÷10	10÷20	20÷40
8	Ковшовые конвейеры в галерее на железобетонной эстакаде	8÷10	10÷20	20÷30	30÷50
9	Гибкие шланги для транспортирования сыпучих материалов	7÷15	15÷25	25÷35	35÷45
10	Электродвигатели мощностью до 2 кВт, открытые	20÷40	40÷50	-	50÷80
11	То же, герметические	30÷50	50÷70	-	80÷100
12	Электродвигатели мощностью от 2 до 10 кВт, открытые	30÷50	50÷70	-	80÷90
13	То же, герметические	40÷60	60÷75	-	75÷110
14	Электродвигатели мощностью от 10 кВт и более, открытые	50÷60	60÷80	-	80÷120
15	То же, герметические	60÷70	70÷80	-	80÷120
16	Трансформаторы от 100 до 1000 кВ	20÷30	30÷50	50÷60	60
17	Трансформаторы блочные	30÷40	50÷60	-	-
18	Генераторы на 100...300 кВт	30÷40	50÷60	-	-
19	Открытые распределительные устройства	15÷25	25÷35	-	-
20	Масляные выключатели	10÷20	20÷30	-	-
21	Контрольно-измерительная аппаратура	5÷10	10÷20	20÷30	30
22	Магнитные пускатели	20÷30	30÷40	40÷60	-
23	Электrolампы в плафонах	-	-	-	10÷20

Продолжение табл. 1

24	Электролампы открытые	-	-	-	5÷7
25	Стеллажи	10÷25	25÷35	35÷50	50÷70
<b>2. Коммунально-энергетические сооружения и сети</b>					
1	Входы в убежище без одежды крутостей	30÷40	40÷60	60÷80	80
2	Подземные металлические и железобетонные резервуары	20÷50	50÷100	100÷200	200
3	Частично загубленные резервуары	40÷50	50÷80	80÷100	100
4	Наземные металлические резервуары и емкости	30÷40	40÷70	70÷90	90
5	Деревянные загубленные хранилища слойчатой конструкции	20÷40	40÷60	60÷100	100
6	Открыто расположенное оборудование артезианских скважин	70÷110	110÷180	130÷170	170
7	Водонапорные башни	10÷20	20÷40	40÷60	60
8	Котельные, регуляторные станции и другие сооружения в кирпичных зданиях	7÷10	13÷25	25÷35	35÷45
9	Металлические вышки сплошной конструкции	20÷30	30÷50	50÷70	70
10	Трансформаторные подстанции закрытого типа	30÷40	40÷60	60÷70	70÷80
11	Тепловые электростанции	10÷15	15÷20	20÷25	25÷40
12	Распределительные устройства и вспомогательные сооружения электростанций	30÷40	40÷60	60÷80	120
13	Кабельные подземные линии	200÷300	300÷600	600÷1000	1500
14	Кабельные наземные линии	10÷20	30÷50	50÷60	60
15	Воздушные линии высокого напряжения	25÷30	30÷50	50÷70	70
16	Воздушные линии низкого напряжения	20÷60	60÷100	100÷160	160
17	Воздушные линии низкого напряжения на деревянных опорах	20÷40	40÷60	60÷100	100

Продолжение табл. 1

18	Силовые линии электрифицированных железных дорог	30÷50	50÷70	70÷120	120
19	Подземные стальные сварные трубопроводы диаметром до 350 км	600÷1000	1000÷1500	1500÷2000	2000
20	То же, диаметром свыше 350 км	200÷350	350÷600	600÷1000	1000
21	Подземные чугунные и керамические трубопроводы на раструбах, асбестоцементные на муфтах	200÷600	600÷1000	1000÷2000	2000
22	Трубопроводы, заглубленные на 20 см	150÷200	250÷350	500	-
23	Трубопроводы наземные	20	50	130	-
24	Трубопроводы на металлических или железобетонных эстакадах	20÷30	30÷40	40÷50	-
25	Смотровые колодцы и задвижки на сетях коммунального хозяйства	200÷400	400÷600	500÷1000	1000
26	Сети коммунального хозяйства (водопровод, канализация, газопровод) заглубленные	100÷200	400÷1000	1000÷1500	1500
27	Сооружения коммунального хозяйства без ограждающих конструкций	50÷150	150÷250	250÷300	300
<b>4. Средства связи</b>					
1	Радиорелейные линии и стационарные воздушные линии связи	30÷50	50÷70	70÷120	120
2	Воздушные линии телефоно-телеграфной связи	0÷40	40÷60	60÷100	100
3	Шестовые воздушные линии связи	20÷30	30÷60	60÷100	100
4	Кабельные наземные линии связи	10÷30	30÷50	50÷60	60
5	Кабельные подземные линии связи	20÷30	-	50÷100	более 100

Продолжение табл. 1

6	Телефонно-телеграфная аппаратура вне укрытий	10÷30	30÷50	50÷60	60
7	Антенные устройства	10÷20	20÷30	30÷40	40
8	Переносные радиостанции	-	60÷70	70÷110	110
<b>5. Защитные сооружения</b>					
1	Отдельно стоящие убежища, рассчитанные на избыточное давление ударной волной 500 кПа	500÷600	600÷700	700÷900	900
2	Отдельно стоящие и встроенные убежища, рассчитанные на 300 кПа	300÷400	400÷550	550÷650	650
3	То же, на 200 кПа	200÷300	300÷750	370÷450	450
4	Отдельно стоящие и встроенные убежища, рассчитанные на 100 кПа	100÷140	140÷180	180÷220	220
5	То же, на 50 кПа	50÷70	70÷90	90÷110	110
6	Противорадиационные укрытия, рассчитанные на 30 кПа	30÷40	40÷60	60÷90	90
7	Подвалы без усиления несущих конструкций	20÷30	30÷60	60÷80	80
8	Входы в убежище с одеждой кругостей	30÷40	40÷80	80÷120	120
9	Входы в убежище без одежды кругостей	30÷40	40÷60	60÷80	80
<b>6. Средства транспорта, строительная техника, мосты, плотины, аэродромы</b>					
1	Грузовые автомобили и автоцистерны	20÷30	30÷55	55÷65	90÷130
2	Легковые автомобили	10÷20	20÷30	30÷50	50
3	Автобусы и специальные автомашины с кузовами автобусного типа	15÷20	20÷45	45÷55	60÷80
4	Гусеничные тягачи и тракторы	30÷40	40÷80	80÷100	110÷130
5	Шоссейные дороги с асфальтовым и бетонным покрытием	120÷300	300÷1000	1000÷2000	2000÷4000
6	Железнодорожные пути	100÷150	150÷200	200÷300	300÷500
7	Подвижной железнодорожный состав	30÷40	40÷80	80÷100	100÷200

Окончание табл. 1

8	Землеройные дорожно-строительные машины	50÷110	110÷140	170÷250	-
9	Металлические мосты с длиной пролета 30...45 м	50÷100	100÷150	150÷200	200÷300
10	То же, с пролетом 100 м и более	40÷80	80÷100	100÷150	150÷200
11	Мосты железнодорожные с пролетами 20 м	50÷60	60÷110	110÷130	200÷300
12	То же, с пролетами до 10 м	50÷100	100÷350	350÷380	380÷400
13	Деревянные мосты	40÷60	60÷110	110÷130	200÷250
14	Бетонные плотины	1000÷ 2000	2000÷ 5000	5000	10000
15	Земляные плотины шириной 80...100 м	150÷700	700÷ 1000	1000	Более 1000
16	Взлетно-посадочные полосы	300÷400	400÷ 1500	1500÷20 00	2000÷ 4000
17	Транспортные самолеты на стоянке	7÷8	8÷10	10÷15	15
18	Вертолеты на стоянке	3÷5	8÷10	10÷20	-
19	Торговые суда	80÷100	100÷130	130÷180	-

Таблица 2

Степень разрушения объектов при различном избыточном давлении взрыва

Ударная взрывная волна, кПа	Степень разрушения основных производственных фондов	Аварийно-спасательные и другие необходимые работы	Ущерб основных производственных фондов, %
10-20	Слабое разрушение	Малый и средний ремонт, локализация и тушение пожаров, разбор завалов	10-30
20-30	Среднее разрушение	Капитальный ремонт. Спасение людей, локализация и тушение пожаров, разбор завалов	30-60
30-50	Сильное разрушение	Разборка завалов, поиск людей. Локализация и тушение пожаров	50-90
>50 и более	Полное разрушение	Очистка территории, разбор завалов, поиск людей	90-100

Таблица 3

Степень тяжести поражения людей при взрыве газовой смеси

Величина избыточного давления, кПа	Тяжесть поражения
50-90	Крайне тяжелые и тяжелые травмы людей /50-60% из числа пораженных нуждается во врачебной помощи/.
20-50	Травмы средней тяжести /10-12% из числа пораженных нуждается в медицинской помощи/.
10-20	Легкие травмы /поражению не нуждаются в медицинской помощи/.

Таблица 4

Характеристики кислородных, ацетиленовых и пропан-бутановых баллонов

Показатель	Баллон		
	кислородный	ацетиленовый	пропан-бутановый
Предельное рабочее давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	15(150)	1,9(19)	1,6(16)
Испытательное давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	22,5(225)	3,0(30)	2,5(25)
Состояние газа в баллоне	Сжатый	Растворенный	Сжиженный
Цвет окраски	Голубой	Белый	Красный
Цвет надписи	Черный	Красный	Белый
Надпись на баллоне	Кислород	Ацетилен	Пропан-бутан
Количество газа в баллоне, л	6000	5520	12000
Жидкостная емкость, л	40	40	50
Резьба присоединительного штуцера, вентиля	$\frac{3}{4}$ трубная правая	присоединяется хомутом	левая 21,8x14 ниток на шаг
Размеры, мм:			
Высота	1390	1390	960
Диаметр	219	219	300
Толщина стенки, мм	8	7	3
Масса баллона без газа, кг	67	52	22
Показатель адиабаты	1,4	1,23	1,13

Таблица 5

## Степень вертикальной устойчивости воздуха

Скорость ветра, м/с	Ночь			День		
	Ясно	Полуясно	Пасмурно	Ясно	Полуясно	Пасмурно
0,5	Инверсия			Конвенкция		
0,6...2	Изотермия			Изотермия		
2,1...4						
Более 4						

Таблица 6

Поправочные коэффициенты для учета влияния скорости ветра  
на глубину распространения зараженного воздуха

<i>V</i> , м/с	+1,6	+1,5	+1,4	+1,3	+1,2	+1,1	+1,0	+0,9	+0,8	+0,7	+0,6	+0,5	+0,4	+0,3	+0,2	+0,1	0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,4	-1,5	-1,6		
0,5																	1																		
1																	1																		
1,5																	1																		
2																	1																		
2,5																	1																		
3																	1																		
3,5																	1																		
4																	1																		
более 4																	1																		

Таблица 7

Глубина распространения облаков зараженного воздуха на открытой  
местности, емкости необвалованные, скорость ветра 1 м/с, км

Наименование АХОВ	Количество АХОВ в емкостях, т					
	5	10	25	50	75	100
При инверсии						
Цианистый водород	16	24	53,3	80	>80	>80
Хлор, фосген	23	49	80	>80	>80	>80
Аммиак	3,5	4,5	6,5	9,5	12	15
Сернистый ангидрид	4	4,5	7	10	12,5	17,5
Сероводород	5,5	7,5	12,5	20	25	61,6
При изотермии						
Цианистый водород	3,2	4,8	7,9	12	14,5	16,5
Хлор, фосген	4,6	7	11,5	16	19	21
Аммиак	0,7	0,9	1,3	1,9	2,4	3
Сернистый ангидрид	0,8	0,9	1,4	2	2,5	3,5
Сероводород	1,1	1,5	2,5	4	5	8,8

Окончание табл. 7

При конвекции						
Цианистый водород	0,7	1,1	1,58	1,8	2,18	2,47
Хлор, фосген	1	1,4	1,96	2,4	2,85	3,15
Аммиак	0,21	0,27	0,39	0,5	0,62	0,66
Сернистый ангидрид	0,24	0,27	0,42	0,52	0,65	0,77
Сероводород	0,33	0,45	0,65	0,88	1,1	1,5

Примечание: 1. Поправочный коэффициент для учета влияния глубин распространения зараженного воздуха при других ветрах приведены в таблице.

2. В течение суток продолжительность инверсии не превышает 9-11 часов; за это время облако зараженного воздуха не может распространяться более чем 80 км.

3. Для обвалованных или заглубленных емкостей АХОВ глубина распространения зараженного воздуха уменьшается 1,5 раза.

Таблица 8

Глубина распространения облаков зараженного воздуха на закрытой местности, емкости не обвалованные, скорость ветра 1 м/с, км

Наименование АХОВ	Количество АХОВ в емкостях, т					
	5	10	25	50	75	100
При инверсии						
Цианистый водород	4,57	5,68	15,22	22,85	29	33
Хлор, фосген	6,57	14	22,85	41,14	48,85	54
Аммиак	1	1,28	1,85	2,71	3,42	4,28
Сернистый ангидрид	1,14	1,28	2	2,85	3,57	5
Сероводород	1,57	2,14	3,57	5,71	7,14	17,6
При изотермии						
Цианистый водород	0,91	1,37	2,26	3,43	4,14	4,7
Хлор, фосген	1,31	2	3,28	4,57	5,43	6
Аммиак	0,2	0,26	0,37	0,54	0,68	0,86
Сернистый ангидрид	0,23	0,26	0,4	0,57	0,71	1,1
Сероводород	0,31	0,43	0,71	1,14	1,43	2,51
При конвекции						
Цианистый водород	0,273	0,411	0,59	0,75	0,91	1,03
Хлор, фосген	0,4	0,52	0,72	1	1,2	1,32
Аммиак	0,06	0,08	0,11	0,16	0,2	0,26
Сернистый ангидрид	0,07	0,08	0,12	0,17	0,21	0,3
Сероводород	0,093	0,13	0,21	0,34	0,43	0,55

Примечание: 1. Поправочные коэффициенты для учета влияния глубин распространения зараженного воздуха при других скоростях ветра приведены в таблице.

2. Для обвалованных и заглубленных емкостей АХОВ глубина распространения зараженного воздуха уменьшается в 1,5 раза.

Примечание: При скорости ветра более 1 м/с применяются поправочные коэффициенты.

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6
Поправочный коэффициент при:						
Инверсии	1	0,6	0,45	0,38	-	-
Изотермии	1	0,71	0,55	0,5	0,45	0,41
Конвекции	1	0,7	0,62	0,55	-	-

Таблица 9

Средняя скорость  $W$  переноса зараженного облака, м/с

Скорость ветра, м/с	Инверсия		Изотермия		Конвекция	
	R<10 км	R>10 км	R<10 км	R>10 км	R<10 км	R>10 км
1	2	2,2	1,5	2	1,5	1,8
2	4	4,5	3	4	3	3,5
3	6	7	4,5	6	4,5	5
4	-	-	6	8	-	-
5	-	-	7,5	10	-	-
6	-	-	9	12	-	-

Примечания:

1. Облако зараженного воздуха распространяется на значительные высоты, где скорость ветра больше, чем у поверхности земли. Вследствие этого средняя скорость распространения зараженного воздуха будет больше, чем скорость ветра на высоте 1 м.
2. Конвекция и инверсия при скорости ветра более 3 м/с наблюдается в редких случаях.

Таблица 10

Время испарения некоторых АХОВ, ч

Аварийно химически опасные вещества	Виды хранилищ	
	необвалованные	обвалованные
Цианистый водород	3,4	57
Хлор, фосген	1,3	22
Аммиак	1,4	23
Сернистый ангидрид	1,2	20
Сероводород	1,3	20

Примечания:

1. Принимается, что разрушении необвалованной емкости АХОВ разливается свободно на поверхности, высота слоя разлившегося вещества составляет 0,054 м.
2. В случае разрушения обвалованной емкости вещество разливается в пределах обваловки, высота слоя разлившегося АХОВ условно принимается 0,85 м.
3. Значения приведены при скорости ветра 1 м/с. При больших скоростях ветра вводят поправочные коэффициенты:

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6
Поправочный коэффициент	1	0,7	0,55	0,43	0,37	0,3

Таблица 11

Возможные потери рабочих, служащих и населения от АХОВ  
в очаге заражения, %

Места нахождения людей	Без противоголозов	Обеспеченность людей противоголозами, %								
		20	30	40	50	60	70	80	90	100
На открытой местности	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: Ориентировочная структура потерь людей в очаге поражения составит: легкой степени – 25%; средней и тяжелой степени (с выходом из строя не менее чем на 2-3 недели и нуждающихся в госпитализации) – 40%; со смертельным исходом – 35%.

Таблица 12

Коэффициент ослабления экспозиционной дозы радиации

Наименование укрытый и транспортных средств или условия действия населения	$K_{осл}$
<i>Открытое расположение на местности</i>	1
<i>Транспортные средства:</i>	2
Автомобили и автобусы	1,5
Железнодорожные платформы	2
Крытые вагоны, пассажирские вагоны, локомотивы	3

<i>Промышленные и административные здания:</i>	
Производственные и одноэтажные здания (цеха)	7
Производственные и административные трехэтажные здания	6
<i>Жилые деревянные дома:</i>	
Одноэтажные	2
Подвалы	7
Двухэтажные	8
Подвалы	12
<i>Жилые каменные дома:</i>	
Одноэтажные	10
Подвалы	40
Двухэтажные	15
Подвалы	100
Трехэтажные	20
Подвалы	400
Пятиэтажные	27
Подвалы	400
<i>В среднем для населения:</i>	
Городского	8
Сельского	4

Таблица 13

Коэффициент пересчета уровня радиации  $K_1$  на любое время  $t$  суток  
после аварии на АЭС с разрушением реактора

t, час	$K_1$						
1	1	5	0,525	9	0,417	20	0,303
1,5	0,58	5,5	0,508	9,5	0,408	24	0,282
2	0,76	6	0,49	10	0,40	48	0,213
2,5	0,7	6,5	0,477	10,5	0,39	72	0,182
3	0,645	7	0,465	11	0,385	96	0,162
3,5	0,610	7,5	0,447	11,5	0,377	120	0,146
4	0,575	8	0,434	12	0,370	144	0,137
4,5	0,545	8,5	0,427	16	0,330	-	-

Таблица 14

## Классификация технологических блоков по взрывоопасности

Категория взрывоопасности	$Q_B$	m, кг
I	$> 37$	$> 5000$
II	27-37	2000-5000
III	$< 27$	$< 2000$

Таблица 15

## Категорирование помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении
А взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б взрывопожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1-В4 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б

Окончание табл. 15

Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Таблица 16

Категорирование пожароопасных помещений по пожарной нагрузке

Категория	Удельная пожарная нагрузка $q$ на участке, МДж/м <sup>2</sup>	Способ размещения
В1	Более 2200	Не нормируется
В2	1401-2200	Допускается несколько участков с пожарной нагрузкой, не превышающей указанных значений
В3	181-1400	То же
В4	1-180	На любом участке площадью 10 м <sup>2</sup> , расстояния между участками должны быть более $L_{пр}$

Таблица 17

Коэффициент участия горючего во взрыве,  $z$

Вид горючего вещества	$z$
Горючие газы	0,5
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые до температуры вспышки и выше	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при возможности образования аэрозвеси	0,3
Указанные выше жидкости и условия без возможности образования аэрозоля	0

Таблица 18

## Показатели взрывобезопасности некоторых веществ и материалов

Вещество	Пожаро- опасность	Формула	М	$t_{всп}; ^\circ\text{C}$	$t_{с.в.}, \text{C}$	НКПР, %	ВКПР, %	$W_{\min},$ мДж	$P_{\max},$ кПа	$H_T,$ МДж/ кг	$\rho_{п.г.},$ кг/м <sup>3</sup>	$P_H,$ кПа
Аммиак	ГГ	$\text{NH}_3$	17,03	-	650	15,0	28,0	680	588	18,29	0,706	-
Ацетилен	ВГ	$\text{C}_2\text{H}_2$	26,04	-	335	2,5	81,0	0,011	1009	49,96	1,079	-
Ацетон	ЛВЖ	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	58,08	-18	540	1,43	13,0	0,41	572	31,36	2,408	24,35
Бутан	ГГ	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	58,12	-69	405	1,80	8,5	0,25	843	44,17	2,410	-
Водород	ГГ	$\text{H}_2$	2	-	510	4,09	75,0	0,017	730	120,8	0,083	-
Метан	ГГ	$\text{CH}_4$	16,04	-181	537	5,28	14,1	0,28	706	50,0	0,665	-
Метиловый спирт	ЛВЖ	$\text{CH}_4\text{O}$	32,04	6	440	6,70	35,5	0,14	620	23,84	1,382	12,69
Окись углерода	ГГ	$\text{CO}$	28,01	-	605	12,5	74,0	8,0	730	10,10	1,161,	-
Пропан	ГГ	$\text{C}_3\text{H}_8$	44,1	-	470	2,31	9,4	0,25	843	46,35	1,828	-
Сероуглерод	ЛВЖ	$\text{CS}_2$	76,13	-43	102	1,33	50,0	0,09	780	14,02	3,156	39,49
Толуол	ЛВЖ	$\text{C}_7\text{H}_8$	92,14	4	536	1,25	6,8	0,26	634	40,94	3,820	2,9
Этиловый спирт	ЛВЖ	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	46,07	13	400	3,61	17,8	0,246	682	30,56	1,910	5,76
Уайт - спирт	ЛВЖ	$\text{C}_{10,5}\text{H}_{21}$	147,3	33-36	250	0,7	5,6	0,33		43,62	6,140	0,37

Обозначения: М – молекулярная масса;  $t_{всп}$ - температура вспышки;  $t_{с.в.}$ - температура самовоспламенения; ГГ – горючий газ; ВГ – взрывчатый газ; ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость;  $W_{\min}$  – минимальная энергия зажигания;  $P_{\max}$  – максимальное давление взрыва;  $H_T$ - теплота сгорания;  $\rho_{п.г.}$ - плотность пара или газа при  $P = 101$  кПа и ;  $t = 20$   $^\circ\text{C}$ ;  $P_H$ - давление насыщенного пара при  $t = 20$   $^\circ\text{C}$ .

Таблица 19

Топливо	$E_t$ , кВт/м <sup>2</sup>					m, кг/м <sup>2</sup> ·с
	d=10 м	d=20 м	d=30 м	d=40 м	d=50 м	
Метан	220	180	150	130	120	0,08
Пропан-бутан	80	63	50	43	40	0,10
Бензин	60	47	35	28	25	0,06
Дизельное топливо	40	32	25	21	18	0,04
Нефть	25	19	15	12	10	0,04

Примечание:

Для диаметров очагов менее 10 или более 50 м следует принимать величину  $E_t$  такой же, как и для очагов диаметром 10 м и 50 м соответственно.

Таблица 20

Условная вероятность поражения	Величина $P_t$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,90	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
-	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

Таблица 21

Степень поражения	Интенсивность теплового облучения, кВт/м <sup>2</sup>
Без негативных последствий в течение длительного времени	1,4
<i>Безопасно для человека в брезентовой одежде</i>	4,2
Непереносимая боль через 20-30 с	7,0
Ожог 1-й степени через 15-20 с	7,0
Ожог 2-й степени через 30-40 с	7,0

Окончание табл. 21

<i>Воспламенение хлопка-волокна через 15 мин</i>	7,0
Непереносимая боль через 3-5 с	10,5
Ожог 1-й степени через 6-8 с	10,5
Ожог 2-й степени через 12-16 с	10,5
<i>Воспламенение древесины с шероховатой поверхностью (влажность 12%) при длительности облучения 15 мин</i>	12,9
<i>Воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по строганной поверхности, воспламенение фанеры</i>	17,0

Таблица 22

Характеристика классов пространства, окружающего место аварии

№ класса	Характеристики пространства
1	Наличие труб, полостей и т.д.
2	Сильнозагроможденное пространство: наличие замкнутых объемов, высокая плотность размещения технологического оборудования, лес, большое количество повторяющихся препятствий.
3	Сильнозагроможденное пространство: отдельно стоящие технологические установки, резервуарный парк.
4	Слабозагроможденное пространство и свободное пространство.

Таблица 23

Классификация взрывоопасных веществ

Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4
Ацетилен	Акрилонитрат	Ацетальдегид	Бензол
Винилацетилен	Акролеин	Ацетон	Дизтопливо
Водород	Аммиак	Бензин	Дихлорбензол
Гидразин	Бутан	Винилацетат	Додекан
Метилацетилен	Бутилен	Винилхлорид	Керосин
Нитрометан	Пентадиен	Гексан	Метан
Окись пропилена	Пропан	Генераторный газ	Метилбензол
Озопропилнитрат	Пропилен	Изооктан	Метилмеркаптан
Окись этилена	Сероуглерод	Метиламин	Метилхлорид
Этилнитрат	Этан	Метилацетат	Нафталин
	Этилен	Метилбутил	Окись углерода
		Кетон	Фенол
		Метилпропил	

Окончание табл. 23

	эфиры: деметиловый девиниловый метилбутиловый	Метилэтил Октан Пиридин Сероводород спирты: метиловый этиловый пропиловый амиловый изобутиловый изопропиловый гексан этилформиат этилхлорид	Хлорбензол Этилбензол
--	--	--	--------------------------

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

Таблица 24

Режимы взрывного превращения облаков топливно-воздушных смесей

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

Таблица 25

Вспомогательные коэффициенты ( $a$ ) для определения размеров зон разрушений и расстекления зданий от ударной воздушной волны при авариях на пожаровзрывоопасных объектах

Степень разрушения	Тип зданий	Режим взрывного превращения					
		1	2	3	4	5	6
Полная	П	1,71	1,66	1,58	1,52	1,42	1,32
	Ж	1,91	1,82	1,67	1,62	1,52	1,42
Сильная	П	2,06	1,96	1,82	1,77	1,67	1,57
	Ж	2,16	2,06	1,92	1,87	1,77	1,67

Окончание табл. 25

Средняя	П	2,26	2,21	2,02	1,97	1,82	1,77
	Ж	2,36	2,35	2,27	2,17	2,02	1,97
Слабая	П	2,53	2,46	2,42	2,32	2,22	2,17
	Ж	2,71	2,66	2,62	2,52	2,42	2,32
Расстекление		2,91	2,76	2,66	2,62	2,6	2,51

Примечание: П - промышленные здания, Ж - жилые и административные здания.

Таблица 26

Вспомогательные коэффициенты ( $a$ ) для определения размеров зон поражения людей воздушной ударной волной при авариях на пожаровзрывоопасных объектах

Номер зоны и вероятность поражения людей, %	Режим взрывного превращения					
	1	2	3	4	5	6
99	1,51	1,43	1,41	1,38	1,35	1,34
90	1,60	1,46	1,45	1,44	1,43	1,42
50	1,66	1,52	1,50	1,49	1,48	1,47
10	1,72	1,62	1,60	1,59	1,58	1,57
1,0	1,79	1,70	1,69	1,68	1,65	1,64
Порог поражения	1,85	1,78	1,76	1,74	1,72	1,70

Таблица 27

Значение теплового потока на поверхности огненного шара диаметром более 10 м

Вещество	Тепловой поток кВт/м <sup>2</sup>
Бутан	170
Этан	190
Этилен	180
Метан	200
Пропан	195