

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ИНЖЕНЕРНАЯ  
ЭКОЛОГИЯ»**

**В.И. Растягаев**

**ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ  
МИРНОГО И ВОЕННОГО ВРЕМЕНИ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**для самостоятельной работы**

бакалавров

направления 280700 (20.03.01) Техносферная безопасность

Брянская область, 2015

УДК 614.8.(07)  
ББК 51.1 (2) 2:68.9  
Р 24

**Растягаев. В.И.** Защита населения в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени. Методические указания для самостоятельной работы. / В.И. Растягаев. – Брянск.: Изд-во Брянского ГАУ, 2015. – 60 с.

Методические указания по дисциплине «Чрезвычайные ситуации в мирное и военное время» составлены в соответствии с требованиями ФГОС ВПО, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 14.12.2009 г № 723.

Предназначены для студентов направления «280700 (20.03.01) Техносферная безопасность, слушателей факультета повышения квалификации и всем специалистам, занимающимся поросами защиты населения от чрезвычайных ситуаций.

*Рекомендован к изданию методической комиссией инженерно-технологического факультета БГАУ, протокол № 11 от 11.11. 2015 г.*

Рецензент: к.т.н., доцент Широбокова О.Е.

© ФГОУ ВО «БГАУ», 2015.  
© Растягаев В.И. 2015

## Содержание

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>РАЗДЕЛ 1. ОБСТАНОВКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ АВАРИЯХ СО ВЗРЫВОМ.....</b>	<b>5</b>
Практическая работа № 1. Взрыв газовоздушных смесей в открытом пространстве .Детонационный режим горения.....	7
Практическая работа №2. Взрывы газовоздушных и пылевоздушных смесей в производственных помещениях.....	12
Практическая работа № 3. Взрывы при аварийной разгерметизации магистрального газопровода.....	16
Практическая работа № 4. Взрыв конденсированных взрывчатых веществ.....	21
Практическая работа № 5. Показатели инженерной обстановки.....	23
<b>РАЗДЕЛ 2. ЗАВАЛЫ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ЗДАНИЙ В ЗОНАХ ПОРАЖЕНИЯ.....</b>	<b>30</b>
Практическая работа № 6. Расчетные схемы завалов.....	31
Практическая работа № 7. Высота завалов. Высота завалов при взрывах.....	36
<b>РАЗДЕЛ 3. РАСЧЕТ ПОТРЕБНЫХ СИЛ И СРЕДСТВ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ВОЗМОЖНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ.....</b>	<b>45</b>
Практическая работа № 8. Расчет сил и средств деблокирования пострадавших из-под завалов.....	46
Практическая работа № 9. Определение сил и средств для вскрытия убежищ и укрытий.....	52
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>57</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Современное развитие общества все в большей мере сталкивается с проблемой обеспечения безопасности и защиты человека и окружающей среды от воздействия техногенных и опасных природных факторов. Значительное число чрезвычайных ситуаций, связанных с человеческими жертвами, а также наметившаяся в последние годы тенденция к их увеличению, превращает сложившееся положение в социальную проблему.

Анализ чрезвычайных ситуаций показывает, что комплекс предупредительных мер, проводимых в целях повышения безопасности населения и территорий, сокращает количество этих событий, но не исключает их вовсе. Под руководством МЧС России создана и продолжает совершенствоваться Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), предназначенная для решения задач спасения населения, пострадавшего от аварий, катастроф и стихийных бедствий, осуществления заблаговременного комплекса мер, направленных на предупреждение и максимально возможное уменьшение рисков возникновения ЧС, на сохранение жизни людей, снижение материальных потерь и размеров ущерба окружающей природной среде.

В данном методическом пособии изложены основные положения по выполнению лабораторно-практических занятий для студентов направления подготовки – 280700.62 «Техносферная безопасность».

# РАЗДЕЛ 1. ОБСТАНОВКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ АВАРИЯХ СО ВЗРЫВОМ

## Общие положения

В результате разрушения резервуаров, трубопроводов и технологического оборудования с горючими веществами возможен их выброс внутрь здания или на открытую площадку с образованием газопаровоздушной смеси (ГПВС). Серьезную опасность для персонала, зданий, сооружений и технологического оборудования представляет взрыв образовавшейся ГПВС.

Особенно велика вероятность взрыва ГПВС на объектах нефтехимической и химической промышленности, где хранятся и используются значительные объемы горючих газов (ГГ) и легковоспламеняющихся жидкостей. В России доля таких аварий невероятно велика (почти 96%).

Суммарная протяженность магистральных продуктопроводов и газопроводов в России составляет более 130 тыс. километров. При аварийной разгерметизации отдельных их участков последствия могут быть очень трагичными.

В связи с высокой вероятностью аварий со взрывом ГПВС преследуется цель объяснить механизм взрывного горения и изложить методику прогнозирования параметров взрывного горения ГПВС.

Прежде чем приступить к изложению основного материала и методик, целесообразно уточнить основные понятия и определения.

Процесс горения со стремительным высвобождением энергии и образованием при этом избыточного давления (более 5 кПа) называется взрывным горением.

Различают два принципиально разных режима взрывного горения: дефлаграционный и детонационный.

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

При детонационном горении (детонации) распространение пламени происходит со скоростью, близкой к скорости звука или превышающей ее.

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

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

энергия зажигания от искры, горячей поверхности должна быть не ниже минимальной. Для большинства взрывчатых смесей энергия зажигания не превышает 30 Дж.

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

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

Минимальная энергия инициирования (зажигания) ( $\mathcal{E}_и$ ) – наименьшее значение энергии электрического разряда, способное воспламенить смесь стехиометрического состава.

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

При сгорании газовой смеси стехиометрического состава образуются только конечные продукты реакции горения и выделившаяся теплота их сгорания не расходуется на нагревание несгоревших окислителя или горючего – последних не образуется. По этой причине продукты сгорания нагреваются до максимальной температуры.

В случае дефлаграционного горения такой смеси в замкнутом герметичном и теплоизолированном объеме образуются максимальные температура и давление. Величина максимального давления является характеристикой соответствующей газовой смеси.

Режим дефлаграционного горения может переходить в режим детонационного горения (при быстром росте скорости распространения пламени). Такому переходу способствует турбулизация процесса горения при встрече фронта пламени с препятствиями. При этом поверхность фронта пламени становится неровной, а толщина пламени увеличивается – все это вызывает рост скорости распространения пламени.

В режиме детонационного горения нагрузки значительно возрастают. Поэтому режим детонационного горения принят за расчетный случай для прогнозирования инженерной обстановки при авариях со взрывом.

К основным факторам, влияющим на параметры взрыва, относят: массу и тип взрывоопасного вещества, его параметры и условия хранения или использования в технологическом процессе, место возникновения взрыва, объемно-планировочные решения сооружений в месте взрыва.

Взрывы на промышленных предприятиях и базах хранения можно разделить на две группы - в открытом пространстве и производственных помещениях.

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

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

## Практическая работа №1

### Взрыв газоздушных смесей в открытом пространстве Детонационный режим горения

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

Кратко рассмотрим модели воздействия, определяющие поля поражающих факторов (давлений) при прогнозировании последствий взрывов газоздушных смесей.

При взрыве газоздушных смесей различают две зоны действия: детонационной волны – в пределах облака ГВС и воздушной ударной волны - за пределами облака ГВС. В зоне облака действует детонационная волна, избыточное давление во фронте которой принимается постоянным в пределах облака ГВС и приблизительно равным  $\Delta P = 17 \text{ кгс/см}^2$  (1,7 МПа).

В расчетах принимают, что зона действия детонационной волны ограничена радиусом  $r_0$ , который определяется из допущения, что ГВС после разрушения емкости образует в открытом пространстве полусферическое облако.

Объем полусферического облака может быть определен по формуле

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

где  $\pi = 3,14$ .

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

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

где  $k$  - коэффициент, учитывающий долю активного газа (долю продукта, участвующего во взрыве);

$Q$  - количество сжиженных углеводородных газов в хранилище до взрыва, кг;

$C$  - стехиометрическая концентрация газа в % по объему (табл. 1.2);

$m_k$  - молярная масса газа, кг/кмоль.

Из условия равенства полусферы и объема образовавшейся смеси, получим

$$r_0 \approx 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q \cdot k}{m_k \cdot C}}, \text{ м.} \quad (1.1)$$

При подстановке значений для метана  $m_k = 16$  и  $C = 9.45$  (см. табл. 1.2), получим формулу

$$r_0 = 18,5 \cdot \sqrt[3]{k \cdot Q}, \text{ м,} \quad (1.2)$$

где  $Q$  - количество метана до взрыва в тоннах.

Эта формула получила широкое распространение при проведении расчетов по определению последствий взрывов для углеводородных газов.

Значение коэффициента  $k$  принимают в зависимости от способа хранения продукта:

$k = 1$  - для резервуаров с газообразным веществом;

$k = 0,6$  - для газов, сжиженных под давлением;

$k = 0,1$  - для газов, сжиженных охлаждением (хранящихся в изотермических емкостях);

$k = 0,05$  - при аварийном разливе легковоспламеняющихся жидкостей.

Зона действия воздушной ударной волны (ВУВ) начинается сразу за внешней границей облака ГВС. Давление во фронте ударной волны  $\Delta P_\phi$  зависит от расстояния до центра взрыва и определяется по рис.1.1 или таблице 1.1, исходя из соотношения

$$\Delta P_\phi = f(r / r_0), \quad (1.3)$$

где  $r$  - расстояние от центра взрыва до рассматриваемой точки.

Таблица 1.1

$r/r_0$	0 - 1	1,01	1,04	1,08	1,2	1,4	1,8	2,7
$\Delta P_\phi, \text{кПа}$	1700	1232	814	568	400	300	200	100

$r/r_0$	3	4	5	6	8	12	20
$\Delta P_\phi, \text{кПа}$	80	50	40	30	20	10	5

Таблица 1.1 и рис.1.1 аппроксимируют известные формулы, характеризующие зависимость давления от расстояния до центра взрыва.



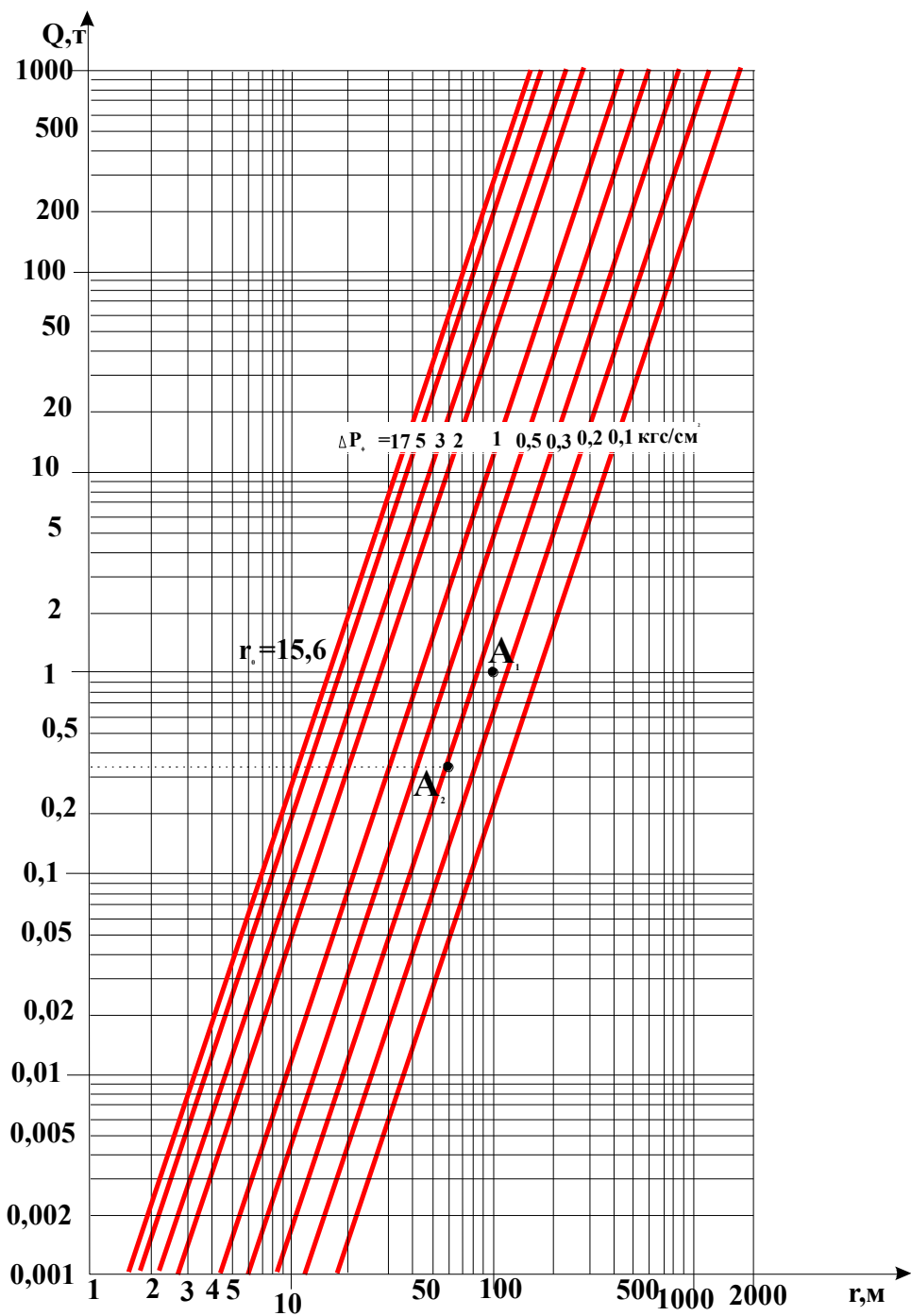


Рисунок 1.1- Изменение значений  $\Delta P_{\text{фв}}$  ( $\text{кгс/см}^2$ ) при взрыве пропанобутановых ГВС в зависимости от массы сжиженного газа  $Q$  (кг) и расстояния  $r$  (м)

Таблица 1.2 - Характеристики газопаровоздушных смесей

Вещество, характеризующее смесь	Формула вещества, образующего смесь	Характеристики смеси			
		$m_k$ кг/кмоль	$\rho_{стх}$ , кг/м <sup>3</sup>	$Q_{стх}$ , МДж/кг	$C$ , об. %
Газовоздушные смеси					
Аммиак	$CH_3$	15	1,180	2,370	19,72
Ацетилен	$C_2H_2$	26	1,278	3,387	7,75
Бутан	$C_4H_{10}$	58	1,328	2,776	3,13
Бутилен	$C_4H_8$	56	1,329	2,892	3,38
Винилхлорид	$C_2H_3Cl$	63	1,400	2,483	7,75
Водород	$H_2$	2	0,933	3,425	29,59
Дивинил	$C_4H_6$	54	1,330	2,962	3,68
Метан	$CH_4$	16	1,232	2,763	9,45
Окись углерода	$CO$	28	1,280	2,930	29,59
Пропан	$C_3H_8$	44	1,315	2,801	4,03
Пропилен	$C_3H_6$	42	3,314	2,922	4,46
Этан	$C_2H_6$	30	1,250	2,797	5,66
Этилен	$C_2H_4$	28	1,285	3,010	6,54
Паровоздушные смеси					
Ацетон	$C_3H_6O$	58	1,210	3,112	4,99
Бензин авиационный		94	1,350	2,973	2,10
Бензол	$C_6H_6$	78	1,350	2,937	2,84
Гексан	$C_6H_{14}$	86	1,340	2,797	2,16
Дихлорэтан	$C_2H_4Cl_2$	99	1,49	2,164	6,54
Диэтиловый эфир	$C_4H_{10}O$	74	1,360	2,840	3,38
Ксилол	$C_6H_{10}$	106	1,355	2,830	1,96
Метанол	$CH_4O$	32	1,300	2,843	12,30
Пентан	$C_5H_{12}$	72	1,340	2,797	2,56
Толуол	$C_7H_8$	92	1,350	2,843	2,23
Циклогексан	$C_6H_{12}$	84	1,340	2,797	2,28
Этанол	$C_2H_6O$	46	1,340	2,804	6,54

### Задания для самостоятельного расчета:

1. Определить  $r_0$  и значения  $\Delta P_{\phi}$  на расстоянии 100 м при разлитии и взрыве ГВС  $Q=1000$  кг. (пользуясь рис. 1.1);

2. Определить значение  $Q$ , при котором объект, выдерживающий нагрузку  $\Delta P_{\phi} = 0,3$  кгс/см<sup>2</sup>, и удаленный на 60 м не будет разрушен. (пользуясь рис. 1.1);

3. Взрыв облака ГВС образовался при разрушении резервуара с  $Q$  кг сжиженного вещества. Определить давление ударной волны на расстоянии  $r$  м от центра взрыва.

### Данные для расчета:

№ Варианта	Вещество	$Q$ , кг	$k$	$r$ , м
1.	Аммиак	$10^6$	1	200
2.	Ацетилен	$10^5$	0,05	100
3.	Бутан	$10^4$	0,1	300
4.	Бутилен	$10^7$	0,6	1500
5.	Винилхлорид	$10^4$	1	250
6.	Водород	$10^3$	0,6	400
7.	Дивинил	$10^8$	0,05	1000
8.	Метан	$10^6$	1	200
9.	Окись углерода	$10^3$	0,1	100
10.	Пропан	$10^6$	0,6	200
11.	Пропилен	$10^5$	0,6	400
12.	Этан	$10^4$	1	150
13.	Этилен	$10^7$	0,05	370
14.	Ацетон	$10^3$	1	100
15.	Бензин авиационный	$10^6$	0,6	1680
16.	Бензол	$10^5$	1	200
17.	Гексан	$10^8$	0,05	500
18.	Дихлорэтан	$10^4$	0,1	200
19.	Диэтиловый эфир	$10^6$	1	1000
20.	Ксилол	$10^3$	0,6	250
21.	Метанол	$10^5$	0,6	300
22.	Пентан	$10^4$	0,05	50
23.	Толуол	$10^6$	0,1	800
24.	Циклогексан	$10^3$	1	150
25.	Этанол	$10^{10}$	0,05	2050

## Практическая работа №2

### Взрывы газовоздушных и пылевоздушных смесей в производственных помещениях

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

Последствия взрыва на пожаровзрывоопасных предприятиях определяются в зависимости от условия размещения взрывоопасных продуктов. Если продукты размещаются вне помещений, то принимается, что авария развивается по сценарию взрыва в открытом пространстве.

Если технологический аппарат со взрывоопасными продуктами размещен в зданиях, то авария развивается по сценарию взрыва в замкнутом объеме.

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

Наиболее типичными аварийными ситуациями в этом случае считаются:

- разрушение аппарата или трубопровода со смешанными газами или жидкостями;
- потеря герметичности трубопроводов (разрыв сварного шва, прокладки, отрыв штуцера);
- разлив жидкостей по полу помещения или по рельефу местности;
- образование или выброс горючей пыли.

В этом случае газо-, паро-, пылевоздушная смесь займет частично или полностью весь объем помещения. Затем этот объем заменяется расчетной сферой (в отличие от полусферы в открытом пространстве), радиус которой определяется с учетом объема помещения, типа и массы опасной смеси. При прогнозировании последствий считают, что процесс в помещении развивается в режиме детонации.

### Взрывы газопаровоздушных смесей

При взрыве газопаровоздушных смесей (ГВС) зону детонационной волны, ограниченную радиусом  $r_0$ , можно определить по формуле

$$r_0 = \frac{1}{24} \sqrt[3]{\mathcal{E}}, \text{ м}, \quad (1.4)$$

где  $1/24$  - коэффициент,  $\text{м/кДж}^{1/3}$ ;

$\mathcal{E}$  - энергия взрыва смеси, определяемая из выражения

$$\mathcal{E} = V_{\text{ГПВС}} \times \rho_{\text{стх}} \times Q_{\text{стх}}, \text{ кДж}, \quad (1.5)$$

где  $V_{\text{ГПВС}}$  - объем смеси, равный

$$V_{\text{ГПВС}} = 100 V_{\text{Г}} / C, \quad (1.6)$$

где  $V_{\text{Г}}$  - объем газа в помещении;  
 $C$  - стехиометрическая концентрация горючего в % (табл. 1.2);  
 $\rho_{\text{стх}}$  - плотность смеси стехиометрического состава,  $\text{кг}/\text{м}^3$  (табл. 1.2);  
 $Q_{\text{стх}}$  - энергия взрывчатого превращения единицы массы смеси стехиометрического состава,  $\text{кДж}/\text{кг}$ ;  
 $V_0$  - свободный объем помещения, равный  $V_0 = 0,8V_{\text{п}}$ ,  $\text{м}^3$ ;  
 $V_{\text{п}}$  - объем помещения;

При  $V_{\text{ГПВС}} > V_0$  объем смеси  $V_{\text{ГПВС}}$  принимают равным  $V_0$ .

В нормативной литературе по взрывозащите зданий взрывобезопасности производств существуют специальные методики по определению массы и объема газа, распространяющегося в помещении при аварийной ситуации. Эти методики предусматривают тщательное изучение технологического процесса. Для оперативного прогнозирования последствий взрыва в производственных помещениях расчеты целесообразно проводить для случая, при котором будут максимальные разрушения, то есть когда свободный объем помещения, где расположены емкости с газом, будет полностью заполнен взрывоопасной смесью стехиометрического состава.

Тогда уравнение (1.5) по определению энергии взрыва можно записать в виде

$$\mathcal{E} = \frac{100 \cdot V_0 \cdot \rho_{\text{стх}} \cdot Q_{\text{стх}}}{C}, \text{ кДж}, \quad (1.7)$$

Далее принимается, что за зоной детонационной волны с давлением  $17 \text{ кгс}/\text{см}^2$ , действует воздушная ударная волна. Давление во фронте воздушной ударной волны определяется с использованием данных табл. 1.1 или рис.1.1.

### **Взрывы пылевоздушных смесей**

При нарушении герметичности технологических аппаратов пыль выбрасывается в помещение, где вместе с накопившейся пылью смешивается с воздухом, образуя пылевоздушную смесь (ПВС), способную гореть. Искровой разряд приводит к взрывному горению смеси.

В отличие от газовых смесей образование взрывоопасного облака пыли в помещении может происходить в процессе самого горения. Взрыву в большинстве случаев предшествуют локальные микровзрывы (хлопки) в оборудовании, резервуарах и воспламенение в отдельных участках здания, что вызывает встряхивание пыли, осевшей на полу, стенах и других строительных конструкциях и

оборудовании. Это приводит к образованию взрывоопасных концентраций пыли во всем объеме помещения, взрыв которой вызывает сильные разрушения.

Взрывное горение может происходить по одному из двух режимов - дефлаграционному или детонационному.

При оперативном прогнозировании последствий принимают, что процесс развивается в детонационном режиме.

Зону детонационной волны, ограниченную радиусом  $r_0$ , можно определить по формуле (1.4), в которой энергия взрыва определяется из выражения

$$\mathcal{E} = m \cdot Q, \text{ кДж}, \quad (1.8)$$

где  $Q$  - удельная теплота сгорания вещества, образовавшего пыль, кДж/кг (табл. 1.3);

$m$  - расчетная масса пыли, кг.

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

$$m = \frac{V_0 \cdot C}{1000}, \text{ кг}, \quad (1.9)$$

где  $V_0$  - свободный объем помещения, ( $V_0 = 0,8 V_{\text{п}}$ ),  $\text{м}^3$ ;

$C$  - стехиометрическая концентрация пыли,  $\text{г} / \text{м}^3$ ,

$$C \approx 3 \cdot \varphi_{\text{нкпр}}, \quad (1.10)$$

где  $\varphi_{\text{нкпр}}$  - нижний концентрационный предел распространения пламени - это минимальное содержание пыли в смеси с воздухом, при котором возможно возгорание.

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

неорганических веществ (сера, фосфор)	$\varphi_{\text{нкпр}} = 2 - 30 \text{ г/м}^3$ ;
пластмасс	$\varphi_{\text{нкпр}} = 20 - 100 \text{ г/м}^3$ ;
пестицидов и красителей	$\varphi_{\text{нкпр}} = 30 - 300 \text{ г/м}^3$ ;
шерсти	$\varphi_{\text{нкпр}} = 100 - 200 \text{ г/м}^3$ .

Значения характеристик некоторых аэрозолей приведены в табл. 6.3.

Таблица 1.3 - Показатели взрывных явлений пыли

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

Давление во фронте воздушной ударной волны определяется с использованием данных табл. 1.1.

### **Задания для самостоятельного расчета:**

1. Произошел взрыв воздушной смеси определенного вещества при разгерметизации технологического блока внутри производственного помещения объемом  $V_{\text{п}}$ . Определить давление ударной волны на расстоянии R м от контура помещения при разрушении его ограждающих конструкций;

Данные для расчета:

№ варианта	вещество	$V_{\text{п}}, \text{М}^3$	R, м
1.	Аммиак	1296	20
2.	Ацетилен	1290	40
3.	Бутан	1295	50
4.	Бутилен	1300	10
5.	Винилхлорид	1280	60
6.	Водород	1285	40
7.	Дивинил	1270	20
8.	Метан	1275	35
9.	Окись углерода	1290	30
10.	Пропан	1300	40
11.	Пропилен	1305	20
12.	Этан	1280	45
13.	Этилен	1296	30
14.	Ацетон	1290	25
15.	Бензин авиационный	1285	35

Продолжение таблицы

16.	Бензол	1300	40
17.	Гексан	1305	30
18.	Дихлорэтан	1270	25
19.	Диэтиловый эфир	1275	20
20.	Ксилол	1285	30
21.	Метанол	1280	35
22.	Пентан	1296	40
23.	Толуол	1281	30
24.	Циклогексан	1297	45
25.	Этанол	1301	20

2. В цехе  $V_n$  по переработке определенного вещества при разгерметизации технологического блока возможно поступление пыли в помещение. Определить давление ударной волны на расстоянии  $R$  м от контура помещения при разрушении его ограждающих конструкций.

Данные для расчета:

№ варианта	Вещество	$V_n, \text{м}^3$	$R, \text{м}$
1.	Полистирол	4500	20
2.	Полиэтилен	4800	30
3.	Метилцеллюлоза	4300	40
4.	Полиоксадиазол	4250	60
5.	Пигмент зеленый (краситель)	4900	50
6.	Пигмент бордо на полиэтилене	4800	10
7.	Нафталин	5000	20
8.	Фталиевый ангидрид	4200	40
9.	Уротропин	4400	30
10.	Адипиновая кислота	4600	50
11.	Сера	5000	30
12.	Алюминий	4700	20

### Практическая работа №3

#### Взрывы при аварийной разгерметизации магистрального газопровода

Рассмотрим модели, используемые для определения параметров взрыва при авариях на газопроводах.

Аварии при разгерметизации газопроводов сопровождаются следующими процессами и событиями: истечением газа до срабатывания отсекающей арматуры (импульсом на закрытие арматуры является снижение давления продук-



та); закрытие отсекающей арматуры; истечение газа из участка трубопровода, отсеченного арматурой.

В местах повреждения происходит истечение газа под высоким давлением в окружающую среду. На месте разрушения в грунте образуется воронка. Метан поднимается в атмосферу (легче воздуха), а другие газы или их смеси оседают в приземном слое. Смешиваясь с воздухом газы образуют облако взрывоопасной смеси.

Статистика показывает, что примерно 80 % аварий сопровождается пожаром. Искры возникают в результате взаимодействия частиц газа с металлом и твердыми частицами грунта. Обычное горение может трансформироваться во взрыв за счет самоускорения пламени при его распространении по рельефу и в лесу.

Итак, взрывное горение при авариях на газопроводе может происходить также по одному из двух режимов - дефлаграционному или детонационному. При оперативном прогнозировании принимают, что процесс развивается в детонационном режиме.

Дальность распространения облака (рис 1.2) взрывоопасной смеси в направлении ветра определяется по эмпирической формуле

$$L = 25 \sqrt{M/W}, \text{ м}, \quad (1.11)$$

где  $M$  - массовый секундный расход газа, кг/с;  
25 - коэффициент пропорциональности, имеющий размерность  $\text{м}^{3/2} / \text{кг}^{1/2}$ ;  
 $W$  - скорость ветра, м/с.

Тогда граница зоны детонации, ограниченная радиусом  $r_0$ , в результате истечения газа за счет нарушения герметичности газопровода, может быть определена по формуле

$$r_0 = 12,5 \sqrt{M/W}, \text{ м}. \quad (1.12)$$

Массовый секундный расход газа  $M$  из газопровода для критического режима истечения, когда основные его параметры (расход и скорость истечения) зависят только от параметров разгерметизированного трубопровода, может быть определен по формуле

$$M = \Psi \cdot F \cdot \mu \sqrt{P_T/V_T}, \text{ кг/с}, \quad (1.13)$$

где  $\Psi$ - коэффициент, учитывающий расход газа от состояния потока (для звуковой скорости истечения  $\Psi=0,7$ );  
 $F$  - площадь отверстия истечения, принимаемая равной площади сечения трубопровода,  $\text{м}^2$ ;

$\mu$  - коэффициент расхода, учитывает форму отверстия ( $\mu = 0,7 \dots 0,9$ ), в расчетах принимается  $\mu = 0,8$ ;  
 $P_{\Gamma}$  - давление газа в газопроводе, Па;  
 $V_{\Gamma}$  - удельный объем транспортируемого газа при параметрах в газопроводе (определяется по формуле 1.14).

$$V_{\Gamma} = R_0 \frac{T}{P_{\Gamma}}, \text{ м}^3 / \text{кг}, \quad (1.14)$$

где  $T$  - температура транспортируемого газа, К;  
 $R_0$  - удельная газовая постоянная, определяемая по данным долевого состава газа  $q_k$  и молярным массам компонентов смеси из соотношения

$$R_0 = 8314 \sum_{k=1}^n q_k / m_k, \text{ Дж} / (\text{кг} \times \text{К}), \quad (1.15)$$

где 8314 - универсальная газовая постоянная, Дж / (кмоль $\times$ К);  
 $m_k$  - молярная масса компонентов, кг/кмоль;  
 $n$  - число компонентов.

В зоне действия детонационной волны давление принимается равным 1,7 МПа. Давление во фронте воздушной ударной волны на различном расстоянии от газопровода определяется с использованием данных табл. 1.1.

При прогнозировании последствий случившейся аварии на газопроводе зону детонации и зону действия воздушной ударной волны принимают с учетом направления ветра. При этом считают, что граница зоны детонации распространяется от трубопровода по направлению ветра на расстояние  $2r_0$  (рис. 1.2). В случае заблаговременного прогнозирования, зона детонации определяется в виде полос вдоль всего трубопровода шириной  $2r_0$ , расположенных с каждой из его сторон. Это связано с тем, что облако взрывоопасной смеси может распространяться в любую сторону от трубопровода, в зависимости от направления ветра. За пределами зоны детонации по обе стороны от трубопровода находятся зоны действия воздушной ударной волны. На плане местности эти зоны также имеют вид полосовых участков вдоль трубопровода.

При разработке разделов проекта ИТМ ГОЧС на планах местности вдоль магистральных нефте- и газопроводов наносятся зоны возможных сильных разрушений, границы которых определяются величиной избыточного давления 50 кПа.

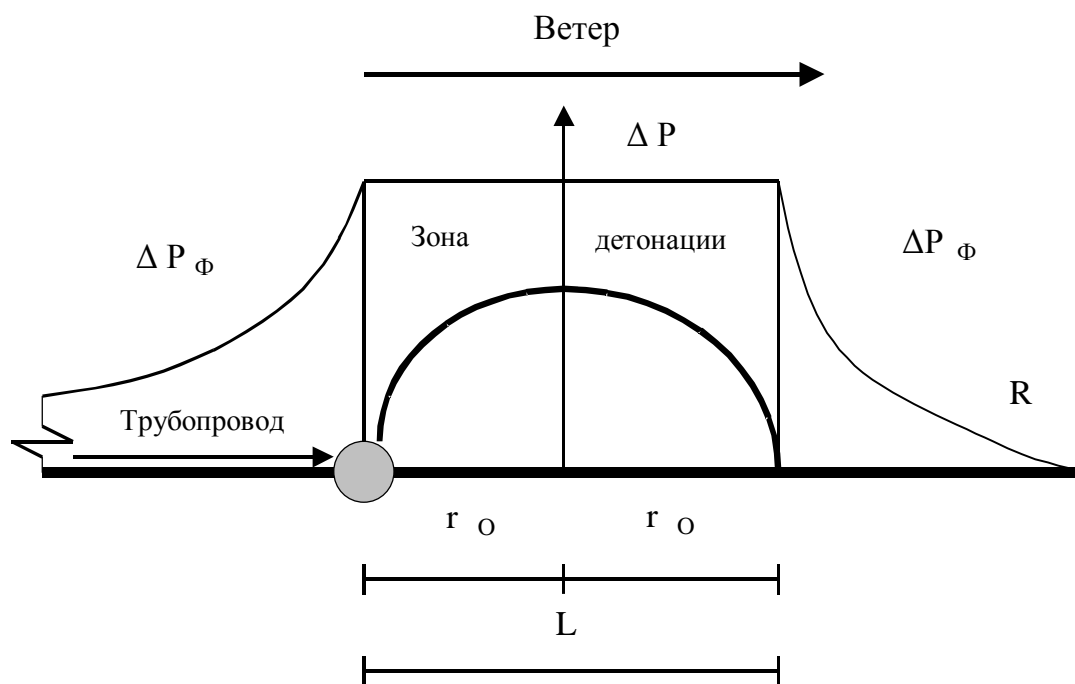


Рис. 1.2. Расчетная схема к определению давлений при аварии на газопроводе  
 $\Delta P$  - давление в зоне детонации;  $\Delta P_{\phi}$  - давление во фронте воздушной ударной волны;  $r_0$  - радиус зоны детонации;  $R$  - расстояние от расчетного центра взрыва; 1 - зона детонации; 2 - зона воздушной ударной волны ( $R > r_0$ )

При проведении оперативных расчетов следует учитывать, что в зависимости от класса магистрального трубопровода, рабочее давление газа  $P_r$  может составлять: для газопроводов высокого давления - 2,5 МПа; среднего давления - от 1,2 до 2,5 МПа; низкого давления - до 1,2 МПа. Диаметр газопровода может быть от 150 до 1420 мм.

Температура транспортируемого газа может быть принята в расчетах  $t = 40^{\circ}\text{C}$ . Состав обычного газа, при отсутствии данных, может быть принят в соотношении: метан ( $\text{CH}_4$ ) - 90 %; этан ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) - 4 %; пропан ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) - 2 %; Н-бутан ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) - 2 %; изопентан - ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ) - 2 %.

### Задание для самостоятельного расчета:

1. Рассчитать радиус зоны детонации  $r_0$  газа при  $W = 1$  м/с;  $\mu=0,8$ ,  $R_0=486$  Дж/(кг·К), учитывая следующие данные:

№ Варианта	d, м	$P_r$ , МПа	t, °С
1.	0,2	1,2	40
2.	0,25	1,25	40
3.	0,3	1,3	40
4.	0,35	1,35	40
5.	0,4	1,4	40
6.	0,45	1,45	40
7.	0,5	1,5	40
8.	0,55	1,55	40
9.	0,6	1,6	40
10.	0,65	1,65	40
11.	0,7	1,7	40
12.	0,75	1,75	40
13.	0,8	1,8	40
14.	0,85	1,85	40
15.	0,9	1,9	40
16.	0,95	1,95	40
17.	1	2	40
18.	1,05	2,05	40
19.	1,1	2,1	40
20.	1,15	2,15	40
21.	1,2	2,2	40
22.	1,25	2,25	40
23.	1,3	2,3	40
24.	1,35	2,35	40
25.	1,4	2,4	40

## Практическая работа №4

### Взрыв конденсированных взрывчатых веществ

Параметры взрыва конденсированных взрывчатых веществ (ВВ) определяются в зависимости от вида ВВ, эффективной массы, характера подстилающей поверхности и расстояния до центра взрыва. Расчет проводят в два этапа. Вначале определяют приведенный радиус  $\bar{R}$ , для рассматриваемых расстояний, а затем избыточное давление  $\Delta P_{\phi}$ .

Приведенный радиус зоны взрыва  $\bar{R}$  может быть определен по формуле

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

где  $r$  - расстояние до центра взрыва ВВ, м;

$\eta$  - коэффициент, учитывающий характер подстилающей поверхности, принимаемый равным: для металла - 1; для бетона - 0.95; для грунта и дерева - 0.6 ÷ 0.8;

$Q$  - масса ВВ, кг.

$k_{\text{эфф}}$  - коэффициент приведения рассматриваемого вида ВВ к тротилу, принимаемый по приведенной ниже таблице.

Значения коэффициента  $k_{\text{эфф}}$

Вид ВВ	Тротил	Тритонал	Гексоген	ТЭН	Аммонал	Порох	ТНР С	Тетрил
$k_{\text{эфф}}$	1	1.53	1.3	1.39	0.99	0.66	0.39	1.15

В зависимости от величины приведенного радиуса избыточное давление может быть определено по одной из следующих формул

$$\Delta P_{\phi} = \frac{700}{3 \cdot \left( \sqrt{1 + \bar{R}^3} - 1 \right)}, \text{ кПа, при } \bar{R} \leq 6.2; \quad (1.16)$$

$$\Delta P_{\phi} = \frac{70}{\bar{R} \cdot \left( \sqrt{\lg \bar{R}} - 0.332 \right)}, \text{ кПа, при } \bar{R} > 6.2; \quad (1.17)$$

Расчеты можно проводить также по графику (рис.1.3), построенному с использованием этих формул.

## Прогнозирование обстановки при авариях со взрывом на пожаровзрывоопасных объектах

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

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

Для прогнозирования обстановки на пожаровзрывоопасных объектах рекомендуется на план объекта нанести зоны с радиусами, соответственно равными  $\Delta P_{\phi} = 100; 50; 30; 20; 10$  кПа.

При оперативном прогнозировании можно выделить четыре зоны разрушений: полных разрушений ( $\Delta P_{\phi} \geq 50$  кПа);

сильных разрушений ( $30 \leq \Delta P_{\phi} < 50$  кПа);

средних разрушений ( $20 \leq \Delta P_{\phi} < 30$  кПа);

слабых разрушений ( $10 \leq \Delta P_{\phi} < 20$  кПа).

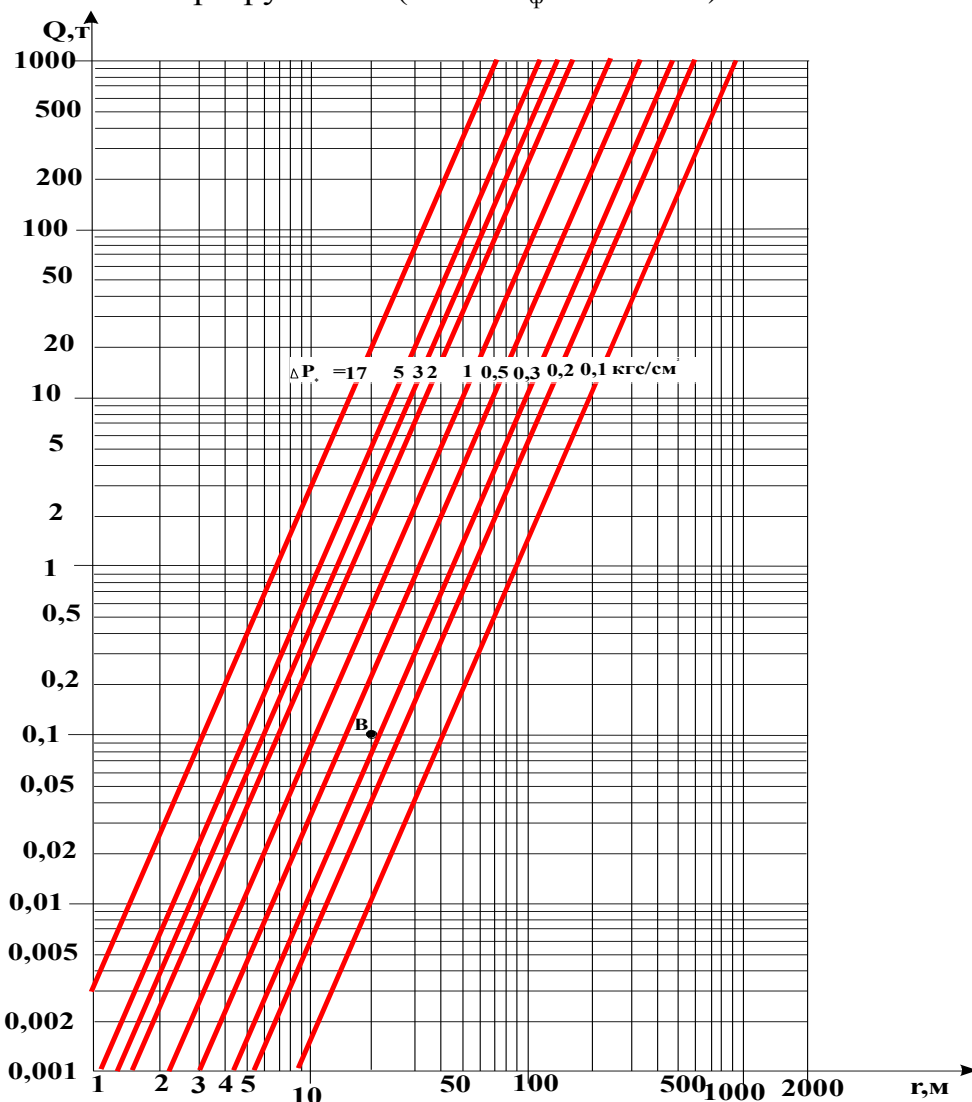


Рис. 1.3. Изменение значений  $\Delta P_{\phi в}$  (кгс/см<sup>2</sup>) при взрыве в зависимости от массы ВВ  $Q$  (кг) и расстояния  $r$  (м)

### Задания для самостоятельного расчета:

1. Определить (по рисунку 1.3 ) значение  $\Delta P_{фв}$  на расстоянии  $r = 20$  м при взрыве тротила  $Q = 100$  кг;
2. Определить значение  $\Delta P_{фв}$  на расстоянии  $r$  при взрыве ВВ массы  $Q$ . Определить зону разрушения.

Данные для расчета:

№ Варианта	$r$ , м	Тип подстилающей поверхности	Вид ВВ	$Q$ , кг
1.	5	металл	Тротил	100
2.	10	бетон	Тритонал	200
3.	15	грунт	Гексоген	300
4.	20	дерево	ТЭН	400
5.	25	металл	Аммонал	500
6.	30	бетон	Порох	600
7.	35	грунт	ТНРС	700
8.	40	дерево	Тетрил	800
9.	45	металл	Тритонал	900
10.	50	бетон	ТЭН	1000
11.	55	грунт	Порох	1100
12.	60	дерево	Тетрил	1200
13.	65	металл	Тротил	1300
14.	70	бетон	Тритонал	1400
15.	75	грунт	Гексоген	1500
16.	80	дерево	ТЭН	1600
17.	85	металл	Аммонал	1700
18.	90	бетон	Порох	1800
19.	95	грунт	ТНРС	1900
20.	100	дерево	Тетрил	2000

## Практическая работа №5

### Показатели инженерной обстановки

К основным показателям инженерной обстановки относят:

- количество зданий, получивших полные, сильные, средние и слабые разрушения;
- объем завала;
- количество участков, требующих укрепления (обрушения) поврежденных или разрушенных конструкций;
- количество аварий на коммунально-энергетических сетях (КЭС);
- протяженность заваленных проездов.

Кроме основных показателей, при оценке инженерной обстановки могут определяться вспомогательные показатели, к которым относятся:

- дальность разлета обломков от контура здания;
- высота завала;
- максимальный вес обломков;
- максимальный размер обломков.

Рассмотрим порядок определения показателей, характеризующих инженерную обстановку. Для чрезвычайных ситуаций, вызванных взрывами, при оперативном прогнозировании обстановки принято рассматривать четыре степени разрушения зданий - слабые, средние, сильные и полные (табл. 1.4).

*Количество зданий, получивших полные, сильные, средние и слабые разрушения* определяют путем сопоставления давлений, характеризующих прочность зданий и давлений, характеризующих воздействие взрыва.

В таблице 1.5 приведены интервалы давлений, вызывающих ту или иную степень разрушения жилых, общественных и производственных зданий при взрывах ВВ и горючих смесей. Данные, приведенные в таблице, представляют аппроксимацию законов определенных степеней разрушения зданий в виде ступенчатой функции.

Таблица 1.4 -Характеристика степеней разрушения зданий

Степени разрушения	Характеристика разрушения
1	2
Слабые	Частичное разрушение внутренних перегородок, кровли, дверных и оконных коробок, легких построек и др. Основные несущие конструкции сохраняются. Для полного восстановления требуется капитальный ремонт.
Средние	Разрушение меньшей части несущих конструкций. Большая часть несущих конструкций сохраняется и лишь частично деформируется. Может сохраняться часть ограждающих конструкций (стен), однако при этом второстепенные и несущие конструкции могут быть частично разрушены. Здание выводится из строя, но может быть восстановлено.
1	2
Сильные	Разрушение большей части несущих конструкций. При этом могут сохраняться наиболее прочные элементы здания, каркасы, ядра жесткости, частично стены и перекрытия нижних этажей. При сильном разрушении образуется завал. Восстановление возможно с использованием сохранившихся частей и конструктивных элементов. В большинстве случаев восстановление нецелесообразно.
Полные	Полное обрушение здания, от которого могут сохраниться только поврежденные (или неповрежденные) подвалы и незначительная часть прочных элементов. При полном разрушении образуется завал. Здание восстановлению не подлежит.



Таблица 1.5 - Степени разрушения зданий от избыточного давления при взрывах горючих смесей

Типы зданий	Степени разрушения и избыточные давления, кПа			
	слабые	средние	сильные	полные
1	2	3	4	5
Кирпичные и каменные:				
малоэтажные	8 - 20	20 - 35	35 - 50	50 - 70
многоэтажные	8 - 15	15 - 30	30 - 45	45 - 60
Железобетонные крупнопанельные:				
малоэтажные	10 - 30	30 - 45	45 - 70	70 - 90
многоэтажные	8 - 25	25 - 40	40 - 60	60 - 80
Железобетонные монолитные:				
многоэтажные	25 - 50	50 - 115	115 - 180	180 - 250
повышенной этажности	25 - 45	45 - 105	105 - 170	170 - 215
Железобетонные крупнопанельные с железобетонным и металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью, в тоннах:				
до 50	5 - 30	30 - 45	45 - 75	75 - 120
от 50 до 100	15 - 45	45 - 60	60 - 90	90 - 135
Здания со стенами типа "Сэндвич" и крановым оборудованием грузоподъемностью до 20 тонн	10 - 30	30 - 50	50 - 65	65 - 105
Складские помещения с металлическим каркасом и стенами из листового металла	5 - 10	10 - 20	20 - 35	35 - 45

Взрывы на объектах, содержащих менее 10 тонн горючих газов, воздействуют на ограниченной площади.

При этом, в большинстве случаев, здания полностью не разрушаются. К таким случаям относятся также взрывы в отдельных помещениях больших зданий. Оценку характера разрушения зданий в этом случае можно провести в следующей последовательности:

1. Определить расстояние  $r$  от предполагаемого места взрыва до основных несущих и ограждающих элементов здания.
2. Вычислить границы зоны  $r_0$  детонационной волны.
3. Определить значение избыточного давления  $\Delta P_{\phi}$  в местах размещения элементов конструкций.
4. Если  $\Delta P_{\phi} \geq |\Delta P_{\phi}|$ , то элемент считается вышедшим из строя. Значения  $|\Delta P_{\phi}|$  определяются по таблице 1.6.

Таблица 1.6. Предельные значения давлений  $|\Delta P_{\phi}|$ , вызывающих различные степени разрушений отдельных конструктивных элементов зданий

$ \Delta P_{\phi} $ , кПа	Элементы здания
0,5 - 3,0	Частичное разрушение остекления
3,0 - 7,0	Полное разрушение остекления
12	Перегородки, оконные и дверные рамы
15	Перекрытия
30	Кирпичные и блочные стены
70	Металлические колонны
90	Железобетонные колонны

Затем по характеру разрушения отдельных элементов здания судят о степени разрушения здания в целом. При этом используются известные описания степеней разрушения здания.

Могут также использоваться таблицы, приведенные в справочной литературе, по прочности зданий к воздействию воздушной ударной волны ядерного взрыва. В этом случае значения, вызывающие различные степени разрушения зданий, увеличивают в  $1,5 \div 1,7$  раза.

*Объем завала полностью разрушенного здания* определяют по формуле

$$V = \frac{\gamma \cdot A \cdot B \cdot H}{100}, \text{ м}^3, \quad (1.18)$$

где  $A, B, H$  - длина, ширина и высота здания, м;

$\gamma$  - объем завала на  $100 \text{ м}^3$  строительного объема здания, принимаемый:

для промышленных зданий -  $\gamma = 20 \text{ м}^3$ ;

для жилых зданий -  $\gamma = 40 \text{ м}^3$ .

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

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

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

*Протяженность заваленных проездов* оценивается с учетом ширины улиц и дальности разлета обломков. При отсутствии данных ширина улиц принимается равной:

30 м - для магистральных;  
 18 м - районных;  
 10 - 12 м - проездов и переулков.

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

*Высота завала* вычисляется для выбора способа проведения спасательных работ.

Если высота завала составляет 4 . . . 5 м, то более эффективной является проходка галерей в завале, при проведении спасательных работ из заваленных подвалов.

*Максимальный вес и размер обломков*, определяющих грузоподъемность и вылет стрелы кранов может быть принят в соответствии с табл. 1.7.

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

общая численность пострадавших людей; число пострадавших, оказавшихся в завале; число людей, оказавшихся без крова (для жилых районов); потребность во временном жилье; пожарная обстановка в зоне разрушений; радиационная и химическая обстановка в районе аварии.

Кратко рассмотрим рекомендации по прогнозированию этих показателей.

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

Таблица 1.7-Максимальный вес и размеры обломков зданий

Тип здания	Пролет здания, м	Максимальный вес, т	Максимальный размер, м
Производственное одноэтажное легкого типа	6	3	Колонны до 7,2 т
	12	5	
	18	12	
среднего типа	18	8	Колонны до 10,8 т
	24	20	
тяжелого типа	24	20	Колонны до 18 т
	36	35	
Производственное многоэтажное	6 - 9	10	Колонны до 14,8 т
Жилое	6	2,5	Колонны до 8 т Плиты - 6

Рекомендации по определению численности пострадавших в завалах, образованных при взрывах, разработаны доцентом Вороновым М.Н. На основа-

нии анализа материалов случившихся аварий основным фактором, определяющим потери, является степень повреждения зданий.

Принимается, что:

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

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

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

Тогда *максимальное количество людей, вышедших из строя* в зданиях, составит

$$N_{об.зд.} = N_{пол.р} + 0,6 N_{сил.р} + 0,15 N_{ср.р}, \quad (1.19)$$

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

*Общее число вышедших из строя людей, размещенных на открытой местности*, можно определить из выражения

$$N_{об.откр} = d \times \varphi \sum P_i F_i, \quad (1.20)$$

где  $d$  - доля людей, которые в момент взрыва могут оказаться в опасной зоне вне зданий (при отсутствии данных величина  $d$  может быть принята равной 0,05;

$\varphi$  - плотность людей, чел./км<sup>2</sup>;

$F_i$  - площадь территории объекта, где воздействует воздушная ударная волна с давлением  $\Delta P_{ф, i}$ ;

$P_i$  - вероятность выхода из строя персонала, находящегося в  $i$  - ой зоне воздействия ударной волны взрыва (табл. 1.8).

Таблица 1.8

$\Delta P_{ф}$ , кПа	< 13	13 - 35	35 - 65	65 - 120	120 - 400	$\geq 400$
$P_i$	0	0,75	0,35	0,13	0,05	0

Площадь  $F_i$  вычисляется путем поочередного вычитания из площади зоны поражения с давлением  $\Delta P_{ф, i}$  площади зоны поражения с давлением  $\Delta P_{ф, i+1}$ .

*Общие потери людей* на объекте будут суммироваться из чисел пострадавших в зданиях и вне зданий

$$N_{об} = N_{об.зд} + N_{об.откр}. \quad (1.21)$$

*Безвозвратные потери людей* на объекте составят

$$N_{б} = 0,6 N_{об}, \quad (1.22)$$

*а санитарные потери*

$$N_c = N_{об} - N_6. \quad (1.23)$$

Число пострадавших, оказавшихся в завалах, определяется из выражения

$$N_{зав} = N_{пол.р} + 0,3N_{сил.р}. \quad (1.24)$$

*Радиусы зон теплового поражения людей*, в случае горения смеси по дефлаграционному режиму, могут быть определены с использованием зависимостей, приведенных В.Маршаллом:

получение ожогов III степени

$$R_{п} = 80 Q^{0,42}, \text{ м}, \quad (1.25)$$

получение ожогов II степени

$$R_{п} = 150 Q^{0,42}, \text{ м}, \quad (1.26)$$

где  $Q$  - масса газа в смеси, т.

В последнем случае потери людей от разрушения зданий и воздействия воздушной ударной волны не рассчитываются.

*Число людей, оказавшихся без крова*, принимается равным численности людей, проживающих в зданиях, получивших средние, сильные и полные разрушения.

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

3 - 4 человека (или 1 семья) в комнате сборно-разборного домика, площадью 8 - 10 м<sup>2</sup>;

4 - 5 человек (или 1 семья) в одной лагерьной палатке;

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

*Радиационная и химическая обстановка* в районе аварии оценивается по соответствующим известным методикам. При этом учитывается, что незащищенные емкости со СДЯВ могут разрушаться от воздушной ударной волны при давлениях  $\Delta P_{\phi} = 70 \dots 75$  кПа.

*При заблаговременной оценке обстановки вдоль трассы магистрального газопровода* выделяют, как правило, четыре полосовых участка параллельно газопроводу (с каждой стороны). Эти полосовые участки соответствуют характерным зонам разрушений:

полных разрушений ( $\Delta P_{\phi} \geq 50$  кПа);

сильных разрушений ( $30 \leq \Delta P_{\phi} < 50$  кПа);

средних разрушений ( $20 \leq \Delta P_{\phi} < 30$  кПа);

слабых разрушений ( $10 \leq \Delta P_{\phi} < 20$  кПа).

Зоны определяют по методике, изложенной в практической работе №3, а затем наносят на схему вдоль трассы газопровода и определяют показатели обстановки с использованием табл.1.4 ...1.8.

В заключение отметим, что показатели аварийно-спасательных работ и жизнеобеспечения населения используются при определении состава сил и средств, привлекаемых для ликвидации последствий аварий.

### Задания для самостоятельного расчета:

1. Назовите основные показатели, характеризующие инженерную обстановку при авариях на пожаровзрывоопасных объектах и методические подходы к их определению;

2. Определить степень разрушения здания и последствия после взрыва гексогена массой  $Q$  кг, учитывая подстилающую поверхность из бетона.

Данные для расчета:

№ Варианта	г, м	Q, кг	Тип здания
1.	10	200	железобетонные многоэтажные
2.	20	400	Железобетонные повышенной этажности
3.	25	500	Железобетонные с крановым оборудованием грузоподъемностью от 50 до 100 т
4.	30	600	Железобетонные малоэтажные
5.	40	800	Здания со стенами типа " Сэндвич "
6.	55	1100	Кирпичные малоэтажные
7.	70	1400	Железобетонные с крановым оборудованием грузоподъемностью до 50 т
8.	85	1700	Железобетонные многоэтажные
9.	45	900	Складские помещения с металлическим каркасом
10.	105	2100	Каменные малоэтажные
11.	35	700	Кирпичные многоэтажные
12.	75	1500	Каменные многоэтажные

## РАЗДЕЛ 2. ЗАВАЛЫ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ЗДАНИЙ В ЗОНАХ ПОРАЖЕНИЯ

### Общие положения

При воздействии поражающих факторов взрывов, землетрясений, цунами и разрушения плотин здания могут получить ту или иную степень разрушения. Анализ характера разрушений зданий при чрезвычайных ситуациях показал,

что здания при полном разрушении практически полностью превращаются в обломки, образуя завалы. При разрушении зданий на ступень ниже полной в расчетах можно принять, что объем завалов составляет примерно 50% от объемов завалов зданий в случае их полного разрушения.

Завалы различных типов зданий характеризуются показателями. Показатели завалов зданий являются определяющими параметрами при выборе технологии спасательных работ.

Показатели можно свести к двум группам:

- показатели, непосредственно характеризующие завал;
- показатели, характеризующие обломки завала.

К показателям, непосредственно характеризующим завал, можно отнести:

- дальность разлета обломков;
- высоту завала;
- объемно-массовые характеристики завалов;
- структуру завалов по весу обломков, составу строительных элементов и арматуры.

К показателям, характеризующим обломки завала, относят:

- вес обломков;
- геометрические размеры;
- структуру и содержание арматуры.

## Практическая работа №6

### Расчетные схемы завалов

На основании анализа материалов натуральных завалов зданий установлено, что завалы зданий можно упрощенно представить как обелиски – геометрические фигуры с прямоугольными основаниями, расположенными в параллельных плоскостях (рис.2.1). Противоположные боковые грани обелиска наклонены к основанию. Основными данными для построения этой фигуры являются размеры основания здания  $A$  и  $B$ , высота завала  $h$  и дальность разлета обломков  $L$ . Характерными геометрическими показателями завала также являются длина и ширина завала.

**Длина завала** - геометрический размер завала в направлении наибольшего размера  $A$  здания

$$A_{\text{зав}} = 2 L + A. \quad (2.1)$$

**Ширина завала** – геометрический размер завала в направлении наименьшего размера  $B$  здания

$$B_{\text{зав}} = 2 L + B. \quad (2.2)$$

Расчетные схемы завалов зависят от воздействия поражающего фактора. Принимается, что при аварии со взрывом внутри здания, обломки разлетаются

в стороны равномерно, а при взрыве вне здания обломки смещаются по направлению действия воздушной ударной волны.

Характерный размер завала по направлению действия воздушной ударной волны в последнем случае равен

$$B_{\text{зав}} = B + L \quad \text{или} \quad A_{\text{зав}} = A + L. \quad (2.3)$$

Верхняя грань расчетного обелиска при авариях со взрывом принимается равной площади основания здания. При землетрясениях площадь верхней грани обелиска по размерам меньше площади основания здания. Длина и ширина верхней грани обелиска, для этого случая, соответственно равна

$$A_1 = A - 2L; \quad B_1 = B - 2L. \quad (2.4)$$

### **Дальность разлета обломков при взрывах**

Рассмотрим методику определения дальности разлета обломков при взрывах, приняв следующие предпосылки:

волна мгновенно обтекает обломки вследствие их небольших размеров; вращения обломков при разлете и изменения за счет этого лобовой площади  $F_{\text{л}}$  (миделя) не происходит.

Дальность разлета обломков ( $L$ ) - расстояние от контура здания до основной массы обломков.

Смещение обломков можно описать уравнениями движения в горизонтальном и вертикальном направлениях. Рассмотрим сначала горизонтальное движение обломков с учетом сопротивления воздуха.

Силу, создаваемую скоростным напором воздушной ударной волны действующим на обломок, вычисляют по формуле

$$F_{\text{ск}} = C_x \cdot F_{\text{л}} \cdot \frac{\rho_{\phi}(t) \cdot U_{\phi}^2(t)}{2}, \quad (2.5)$$

где  $C_x$  - коэффициент лобового сопротивления, который для обломков принимают равным 1.5;

$\rho_{\phi}(t)$  и  $U_{\phi}(t)$  - плотность и скорость воздушного потока в момент времени  $t$ ;

$F_{\text{л}}$  - площадь лобового сечения обломков.



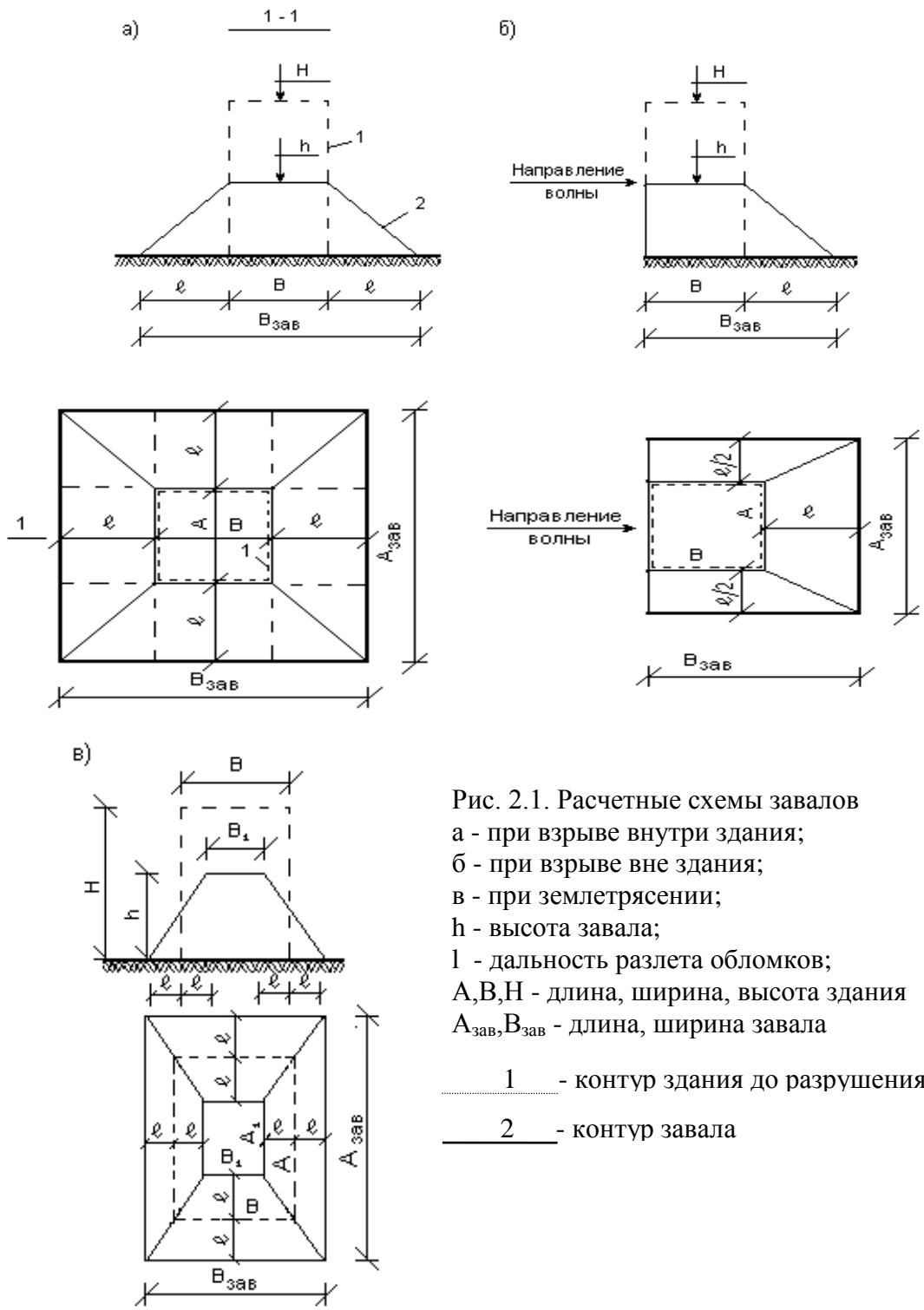


Рис. 2.1. Расчетные схемы завалов  
 а - при взрыве внутри здания;  
 б - при взрыве вне здания;  
 в - при землетрясении;  
 h - высота завала;  
 l - дальность разлета обломков;  
 A, B, H - длина, ширина, высота здания  
 A<sub>зав</sub>, B<sub>зав</sub> - длина, ширина завала  
 ..... 1 - контур здания до разрушения  
 \_\_\_\_\_ 2 - контур завала

По мере увеличения скорости обломков возрастает сопротивление воздушного потока горизонтальному движению обломка

$$F_x(t) = C_x \cdot F_{\text{л}} \cdot \frac{\rho_{\phi}(t) \cdot \dot{x}^2(t)}{2}, \quad (2.6)$$

где  $\dot{x}(t)$  - горизонтальная скорость обломка в момент времени t.

Теперь рассмотрим вертикальное движение обломков с учетом сопротивления воздуха. Нагрузка, создаваемая силой тяжести, составит

$$P = F_{\text{л}} \cdot d \cdot \rho \cdot q, \quad (2.7)$$

где  $d$  - толщина стены здания;  
 $\rho$  - плотность материала;  
 $q$  - ускорение свободного падения.

Сопротивление воздушного потока вертикальному движению можно описать зависимостью

$$F_y(t) = C_y \cdot F_n \frac{\rho_{\phi}(t) \cdot \dot{y}^2(t)}{2}, \quad (2.8)$$

где  $C_y$  - коэффициент сопротивления ( $C_y = C_x$ );  
 $F_n$  - площадь горизонтального сечения обломка;  
 $\dot{y}^2(t)$  - вертикальная скорость обломка в момент времени  $t$ .

Тогда движение обломка можно описать системой уравнений

$$\begin{cases} m\ddot{x} = C_x \cdot F_{\text{л}} \frac{\rho_{\phi}(t)}{2} \cdot [U_{\phi}^2(t) - \dot{x}^2(t)] \\ m\ddot{y} = F_{\text{л}} \cdot d \cdot \rho - C_y F_n \frac{\rho_{\phi}(t) \cdot \dot{y}^2(t)}{2} \end{cases}, \quad (2.9)$$

где  $m = F_{\text{л}} \cdot d \cdot \rho$  - масса обломка.

Расчеты по формуле (2.9) и данные натуральных завалов показывают, что дальность разлета обломков при минимальном давлении, вызывающем полное разрушение стен зданий, приближенно составляет  $L = \frac{H}{2} \div H$  ( $H$  - высота здания).

### Дальность разлета обломков при землетрясениях

При землетрясениях дальность разлета обломков рассчитывается из условия, что угол наклона боковых сторон обелиска равен углу естественного откоса. Исходя из этого условия, дальность разлета обломков составляет

$$L = \frac{H}{3} \div \frac{H}{4}, \text{ м (H - высота зданий).}$$

Подведя итоги, можно рекомендовать, при оперативном прогнозировании заваливаемости улиц и подъездных путей, дальность разлета обломков принимать равным (м):

$$\text{при авариях со взрывом} \quad - \quad L=H; \quad (2.10)$$

при землетрясениях -  $L = \frac{H}{3}$ . (2.11)

**Задания для самостоятельного расчета:**

1. Назовите основные предпосылки и силы, учитываемые при определении дальности разлета обломков;
2. Определить дальность разлета обломков при воздействии на здание поражающих факторов взрыва или землетрясения.

Данные для расчета:

№ Варианта	A <sub>зав</sub> , м	B <sub>зав</sub> , м	Зависимость между длиной и шириной здания	Характер взрыва
1.	26	16	Длина вдвое больше ширины	Взрыв внутри здания
2.	14	24	Длина вдвое меньше ширины	Взрыв вне здания
3.	33	23	Отношение длины к ширине равно 10	Взрыв внутри здания
4.	22	37	Отношение ширины к длине равно 15	Взрыв вне здания
5.	23	33	Длина меньше ширины в 10 раз	Землетрясение
6.	20	15	Ширина меньше длины в 5 раз	Взрыв внутри здания
7.	16	28	Ширина вдвое больше длины	Землетрясение
8.	21	30	Произведение длины и ширины равно 36	Взрыв вне здания
9.	17	22	Ширина больше длины в 5 раз	Землетрясение
10.	23	13	Ширина вдвое меньше длины	Взрыв внутри здания
11.	35	25	Длина больше ширины в 10 раз	Взрыв вне здания
12.	34	14	Отношение длины к ширине равно 3	Землетрясение

## Практическая работа №7

### Высота завалов Высота завалов при взрывах

Высота завала ( $h$ ) - расстояние от уровня земли до максимального уровня обломков в пределах контура здания.

Основными факторами, определяющими высоту завала, являются этажность здания и величина действующего давления во фронте воздушной ударной волны. Чем больше давление, тем дальше разлетаются обломки, что приводит к уменьшению высоты завала (рис.2.2). Максимальной по величине высота завала будет в том случае, если на здание подействует минимальное давление, вызывающее разрушение стен здания. За минимальное давление обычно принимают  $\Delta P_{\phi} = 0,05 \text{ МПа}$ .

Высоту завала можно определить из условия равенства объема образовавшегося завала

$$V = \frac{\gamma \cdot A \cdot B \cdot H}{100}, \quad (2.12)$$

и объема обелиска

$$V = \frac{h}{6} [AB + (A + A_{\text{зав}}) \cdot (B + B_{\text{зав}}) + A_{\text{зав}} \cdot B_{\text{зав}}], \quad (2.13)$$

где  $A, B, H$  - длина, ширина и высота здания;

$\gamma$  - объем завала на  $100 \text{ м}^3$  объема здания;

$h$  - высота завала;

$L$  - дальность разлета обломков;

$A_{\text{зав}}, B_{\text{зав}}$  - длина и ширина завала

$$\begin{aligned} A_{\text{зав}} &= A + 2L; \quad B_{\text{зав}} = B + 2L \quad (\text{при взрыве внутри здания}) \\ A_{\text{зав}} &= A + L; \quad B_{\text{зав}} = B + L \quad (\text{при взрыве вне здания}) \end{aligned} \quad (2.14)$$

При расчете высоты завала по формуле (2.13) дальность разлета обломков для аварий со взрывом рекомендуется принимать равные половины высоты здания ( $L = \frac{H}{2}$ ).

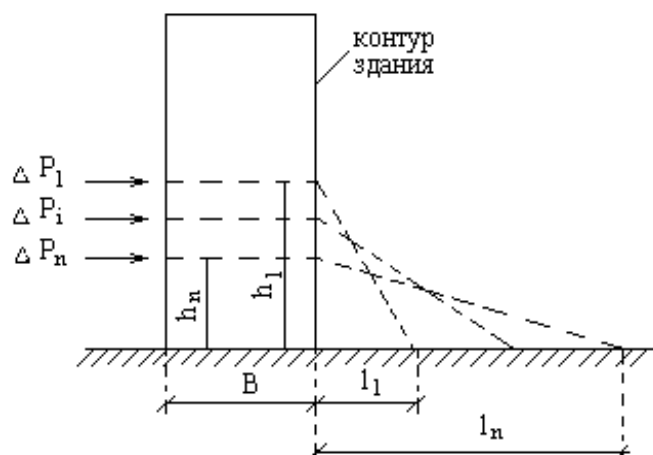


Рис. 2.2. Расчетная схема образования завала при различных давлениях во фронте воздушной ударной волны

$H_1, h_n, l_1, l_n$  - соответственно высота и длина завала;

$\Delta P_1, \Delta P_i, \Delta P_n$  - значения давлений ( $\Delta P_1 < \Delta P_i < \Delta P_n$ );

$B$  - размер здания

Высота завала на различных расстояниях  $x$  от здания зависит от высоты завала в пределах контура здания и дальности  $l$  разлета обломков

$$h(x) = h \left( 1 - \frac{x}{l} \right).$$

Показатель  $\gamma$  в формуле (2.12) при ориентировочных расчетах рекомендуется принимать равным:

для промышленных зданий  $\gamma = 20 \text{ м}^3$ ;

для жилых зданий  $\gamma = 40 \text{ м}^3$ .

Более точные значения показателей  $\gamma$ , с учетом различных типов и конструктивных решений зданий, приведены в табл. 2.1. Эти данные получены на основе статистической обработки соответствующих показателей натуральных завалов.

На основании обобщения расчетов получена формула для определения высоты завала при оперативном прогнозировании

$$h = \frac{\gamma \cdot H}{100 + \kappa H}, \text{ м}; \quad (2.15)$$

где  $H$  - высота здания в м;

$\gamma$  - объем завала на  $100 \text{ м}^3$  объема здания;

$\kappa$  - показатель, принимаемый равным:

для взрыва вне здания  $\kappa = 2$ ;

для взрыва внутри здания  $\kappa = 2,5$ .

Таблица 2.1- Объемно-массовые характеристики завала

Тип здания	Пустотность ( $\alpha$ ), м <sup>3</sup>	Удельный объем ( $\gamma$ ), м <sup>3</sup>	Объемный вес ( $\beta$ ), т/м <sup>3</sup>
Производственные здания:			
одноэтажное легкого типа	40	14	1.5
одноэтажное среднего типа	50	16	1.2
одноэтажное тяжелого типа	60	20	1
многоэтажное	40	21	1.5
смешанного типа	45	22	1.4
Жилые здания бескаркасные:			
кирпичное	30	36	1.2
мелкоблочное	30	36	1.2
крупноблочное	30	36	1.2
крупнопанельное	40	42	1.1
Жилые здания каркасные:			
со стенами из навесных панелей	40	42	1.1
со стенами из каменных материалов	40	42	1.1

- Примечания: 1. Пустотность завала ( $\alpha$ ) - объем пустот на 100 м<sup>3</sup> завала.  
 2. Удельный объем завала ( $\gamma$ ) - объем завала на 100 м<sup>3</sup> строительного объема.  
 3. Объемный вес завала ( $\beta$ ) - вес в т 1 м<sup>3</sup> завала.

### Высота завалов при землетрясениях

При землетрясениях высота завала рассчитывается по тем же формулам, но с учетом поправки на расчетную схему завала (рис. 2.1). Объем обелиска в этом случае равен

$$V = \frac{h}{6} [A_1 B_1 + (A_1 + A_{зав})(B_1 + B_{зав}) + A_{зав} \cdot B_{зав}], \quad (2.16)$$

где  $A_{зав}$ ,  $B_{зав}$  - размеры нижних граней обелиска (длина и ширина завала)

$$A_{зав} = A + 2L; \quad B_{зав} = B + 2L;$$

$A_1$  и  $B_1$  - размеры верхних граней обелиска

$$A_1 = A - 2L; \quad B_1 = B - 2L.$$

При оперативном прогнозировании высоту завала для землетрясения рекомендуется определять по формуле (2.15), в которой показатель  $K$  принимается равным  $K=0,5$ .

## Структура и объемно-массовые характеристики завалов

### Структура завалов

Структура завалов влияет как на способы выполнения спасательных работ, так и на состав сил и средств, привлекаемых для ликвидации последствий землетрясения. Основными показателями, характеризующими структуру завала, являются распределение обломков по весу, составу элементов (материала) и содержанию арматуры.

Структура завала по весу обломков - процентное содержание в завалах различных типов обломков - определяется по табл. 2.2. Эти показатели получены на основе анализа информации о завалах зданий, разрушенных при авариях и катастрофах, а также при проведении ряда натурных испытаний. При определении состава сил и средств следует иметь в виду, что очень крупные и крупные обломки весом более 2-х т, перемещаются с использованием инженерной техники, средние - весом до 2-х т, могут быть перемещены с помощью ручных лебедок, а мелкие – весом до 0,2 т, могут быть перемещены спасателями вручную.

Таблица 2.2- Структура завала по весу обломков, (%)

Тип здания	Тип обломков по весу			
	очень крупные больше 5 т	крупные от 2 до 5 т	средние от 0,2 до 2 т	мелкие до 0,2 т
Производственное одно-этажное	60	10	20/5	10/25
Производственное много-этажное и смешанного типа	10	40	40/10	10/40
Жилое здание бескаркасное	0	30	60/10	10/60
Жилое здание каркасное	0	50	40/10	10/40

Примечание: В числителе - значения для стен из крупных панелей, в знаменателе - значения для стен из каменных материалов (кирпича, мелких обломков).

Структура завала по составу элементов - процентное содержание в завалах обломков из различного материала - определяется по табл. 2.3. Эти показатели могут быть использованы при оценке объемов и видов работ.

Таблица 2.3- Структура завала по составу элементов (%) при разрушении зданий

Состав элементов	Здания жилые со стенами		Здания производственные со стенами	
	из кирпича (каменных материал.)	из крупных панелей	из кирпича	из крупных панелей
Кирпичные глыбы, битый кирпич	50	-	25	-
Обломки железобетонных и бетонных конструкций	15	75	55	80
Деревянные конструкции	15	8	3	3
Металлические конструкции (включая станочное оборудование)	5	2	10	10
Строительный мусор	15	15	7	7

Структура завала по составу арматуры – содержание арматуры в различных сечениях завала.

В настоящее время, в литературе отсутствуют какие-либо сведения по содержанию арматуры в сечениях завала. Эти показатели получены на основе анализа проектов производственных и жилых зданий. Результаты обобщения материалов приведены в табл. 2.4. Содержание арматуры в завале за пределами контура здания определяется по формуле

$$F_a(x) = F_a \left(1 - \frac{x}{l}\right), \text{ см}^2,$$

где  $F_a$  - содержание арматуры в пределах контура здания (табл. 2.4);  
 $x$  - рассматриваемое расстояние от контура здания;  
 $l$  - дальность разлета обломков.

Показатели по содержанию арматуры в завале могут быть использованы при планировании распределения технических средств, используемых для резки металла.

### Объемно-массовые характеристики завалов

Объемно-массовые характеристики завалов используются для обоснования состава транспортной и грузоподъемной инженерной техники. К этим ха-



рактеристикам отнесены: удельный объем завала, объем завала от разрушенного здания, объемный вес завала и пустотность.

Таблица 2.4- Структура завала по содержанию арматуры

Тип здания	Содержание арматуры в пределах контура здания на 1 пог. м. завала, ( $F_a$ ), см <sup>2</sup>	Сортамент арматуры на 1 пог. м. Завала
Производственные одноэтажные:		
легкого типа	20	Ø 12÷14 - 11 ед. Ø 28÷32 - 1 ед.
среднего типа	25	Ø 12÷14 - 12 ед. Ø 32÷36 - 1 ед.
тяжелого типа	30	Ø 12÷14 - 13 ед. Ø 36÷40 - 1 ед.
Производственное многоэтажное	15п (п-число этажей)	Ø 12÷14 - 16 ед. Ø 36÷40 - 1 ед.
Производственное смешанного типа	40	Ø 12÷14 - 16 ед. Ø 36÷40 - 1 ед.
Жилые здания бескаркасные:		
мелкоблочные	12п	Ø 12÷14 - 7 ед.
крупноблочные	12п	Ø 12÷14 - 7 ед.
крупнопанельные	14п	Ø 12÷14 - 9 ед.
Жилые здания каркасные	20п	Ø 12÷14 - 9 ед. Ø 25÷28 - 11 ед.

Удельный объем завала ( $\gamma$ ) – объем завала на 100 м<sup>3</sup> - определяется по табл. 2.1. Этот показатель используется при определении высоты завала (2.4) и объема завала.(2.1).

Объем завала ( $V_{зав}$ ) от обрушенного здания рассчитывается по формуле (2.12).

Объемный вес завала ( $\beta$ ) – вес в т 1 м<sup>3</sup> завала - определяется по табл. 2.1. Последние два показателя используются при планировании транспортных средств для разборки завалов.

Показатель пустотности завала ( $\alpha$ ) – используется при подготовке предложений по технологии спасательных работ, в частности, при проходке галерей в завалах. Анализ информации по разрушению зданий показал, что пустотность завалов промышленных зданий может быть почти в два раза больше жилых. Показатели пустотности завалов приведены в табл. 2.1.

## Показатели обломков

К показателям, характеризующим крупные обломки завалов, отнесены максимальный вес, размеры и структура обломка по составу арматуры. Максимальный вес обломков необходимо знать для подбора грузоподъемности крана, а их размеры – для подбора транспортных средств. Эти показатели получены на основе анализа проектов производственных и жилых зданий и могут быть приняты для производственных зданий по табл. 2.5, для жилых – по табл. 2.6.

Как видно из таблиц, для выполнения спасательных работ при разборке завалов производственных зданий может возникнуть потребность в кранах грузоподъемностью свыше 30-ти т. При ведении работ в районах размещения жилых зданий достаточно иметь грузоподъемные средства до 4-х тонн.

Таблица 2.5- Вес основных конструктивных элементов производственных зданий и содержание арматуры

Тип здания	Конструктивные элементы и их размеры, м	Вес, т	Содержание арматуры, кг
1	2	3	4
Одноэтажное легкого типа	Н = 3.6	1	80
	Н = 7.2	4	300
	Балки покрытия: 1 = 6	3	200
	1 = 12	5	300
	1 = 18	12	1200
	Плиты покрытия: 6 x 1.5	1	130
	6 x 3	2	250
	12 x 1.5	3.5	200
	Полосовые панели Наружных стен: 6 x 1.2	2	60
	6 x 1.8	3	100
Одноэтажное среднего типа	Колонны: Н = 8.4	5	300
	Н = 10.8	12	600
	Фермы покрытия: 1 = 18	8	500
	1 = 24	20	1500
Одноэтажное	Колонны: Н = 10.8	10	600

Продолжение таблицы 2,5

тяжелого типа	Фермы покрытия:	H = 18	20	1500
		1 = 24	20	1200
	Плиты покрытия:	1 = 36	35	2500
		12 x 3	7	300
Многоэтажное	Колонны:	H = 6.2	3	660
		H = 10	5	1200
		H = 14.8	10	1500
	Балки перекрытий:	1 = 5	4	400
		1 = 9	7	700
	Плиты перекрытий:	6 x 0.75	0.5	65
6 x 2.5		1	130	
Смешанного типа	Строительная система включает элементы многоэтажного здания и здания среднего типа			

Таблица 2.6- Вес основных конструктивных элементов жилых зданий и содержание арматуры

Тип здания	Конструктивные элементы	Вес, т	Содержание арматуры, кг
Бескаркасное			
Кирпичное	Максимальный вес обломков стен	1.5	-
Мелкоблочное	Максимальный вес обломков стен	1	-
Крупноблочное	Максимальный вес обломков стен	2	-
Крупнопанельное	Панели наружных стен	4	140
Каркасное			
Со стенами из навесных панелей	Панели наружных стен	3	100
Со стенами из каменных материалов	Максимальный вес обломков стен	1	-
	Колонны: H = 8 м		

	сечением 30 x 30 см ( до 5 этажей) Н = 8 м	2	150
	сечением 40 x 40 см ( 5-12 этажей)	2.5	200
	Ригели каркаса 40 x 45 см	2	150
	Плиты перекрытий 6 x 1 м	2.5	150

### Задания для самостоятельного расчета:

1. Определить высоту завала, образовавшегося в результате взрыва или землетрясения, сравнить полученный результат с высотой завала, определенной по оперативному прогнозированию и оценить погрешность;

Данные для расчета:

№ Варианта	А, м	В, м	Н, м	Тип здания	Характер взрыва
1.	15	20	6	производственное здание одноэтажное легкого типа	Взрыв внутри здания
2.	20	35	8	производственное здание одноэтажное среднего типа	Взрыв вне здания
3.	30	35	8	производственное здание одноэтажное тяжелого типа	Взрыв внутри здания
4.	40	50	15	производственное здание многоэтажное	Взрыв вне здания
5.	35	45	12	производственное здание смешанного типа	Землетрясение
6.	14	17	4	жилое здание кирпичное бескаркасное	Взрыв внутри здания
7.	12	16	5	жилое здание мелкоблочное бескаркасное	Землетрясение
8.	15	17	6	жилое здание крупноблочное бескаркасное	Взрыв вне здания
9.	15	15	6	жилое здание крупнопанельное бескаркасное	Землетрясение
10.	11	13	3	жилое здание со стенами из навесных панелей каркасное	Взрыв внутри здания
11.	13	15	5	жилое здание со стенами из каменных материалов каркасное	Взрыв вне здания
12.	12	15	5	жилой дом каркасный	Землетрясение

2. Определить высоту завала, образовавшегося в результате взрыва внутри жилого здания, вне его и землетрясения, оценить полученные высоты завалов и дальности разлета обломков, сделать выводы.

Данные для расчета:

№ Варианта	А, м	В, м	Н, м	№ Варианта	А, м	В, м	Н, м
1.	14	16	6	7.	14	16	5
2.	18	22	5	8.	13	16	6
3.	20	23	6	9.	12	18	4
4.	15	18	6	10.	12	16	4
5.	17	20	6	11.	14	16	5
6.	16	18	6	12.	16	20	5

### **РАЗДЕЛ 3. РАСЧЕТ ПОТРЕБНЫХ СИЛ И СРЕДСТВ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ВОЗМОЖНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

#### **Общие положения**

Одной из важных задач, обеспечивающих условия своевременного и эффективного проведения мероприятий и работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций и спасению населения, является заблаговременное прогнозирование состава сил и средств спасения и жизнеобеспечения пострадавшего населения.

Расчеты по определению состава группировки сил и средств должны проводиться на основе прогнозирования обстановки, в том числе и инженерной, которая может сложиться в той или иной чрезвычайной ситуации.

Состав сил и средств должен обеспечивать круглосуточную работу в две смены в мирное время, а в условиях радиоактивного заражения местности в соответствии с режимами нахождения формирований на этой территории. Он должен обеспечивать выполнение спасательных работ в мирное время в пределах 5-ти суток, а в военное время - 2-х суток.

Состав сил и средств мирного времени должен обеспечивать проведение мероприятий по поиску пострадавших, их спасению, оказанию медицинской и других видов помощи, тушению пожаров, локализации и ликвидации очагов вторичных последствий на объектах со взрыво-, газо- и пожароопасной технологией.

Состав сил и средств инженерного обеспечения должен быть строго увязан с задачами инженерного обеспечения, их объемами, способами выполнения этих задач, условиями, в которых они выполняются, погодными и другими условиями.

## Практическая работа №8

### Расчет сил и средств деблокирования пострадавших из-под завалов

Опыт ликвидации чрезвычайных ситуаций последних лет показал, что разборку завала наиболее целесообразно проводить звеньями ручной разборки и спасательными механизированными группами. Состав звена и группы представлен в таблице 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1- Состав и средства механизированной группы

№ п/п	СИЛЫ		СРЕДСТВА		Выполняемые работы
	специальность	кол-во (чел.)	вид средства	кол-во (ед.)	
1.	Командир группы	1			
2.	Крановщик	2	Автокран (16-25т)	1	Подъем и перемещение ж/б конструкции и поддонов с мелкими обломками
	Стропальщик	4			
3.	Экскаваторщик	2	Экскаватор (0,65 куб.м)	1	Загрузка мелких обломков в самосвалы
4.	Компрессорщик	2	Компрессорная станция	1	Дробление ж/б конструкций
5.	Газосварщик	2	Керосинорез (САГ)	1	Резка арматуры
6.	Бульдозерист	2	Бульдозер (130-240 л.с)	1	Сдвигание обломков конструкций, подготовка мест для автокрана и экскаватора
7.	Водитель	4	Самосвал	2	Вывоз обломков конструкций
8.	Загрузчики	4	Поддон (емк. 1,5 куб.м.)	1	Загрузка поддонов мелкими обломками конструкции
<b>ИТОГО:</b>		23 чел.			

Таблица 3.2- Состав и средства звена ручной разборки завалов

№ п/п	С и л ы		С р е д с т в а		Выполняемые работы
	специальность	кол-во (чел.)	вид средства	кол-во (ед.)	
1.	Спасатель- разведчик	3	Прибор для определения местонахождения заваленного человека или группы людей ;	1	Выявляют местонахождение заваленных, производят разборку завала
			мотоперфораторы;	2	
			разжимной прибор;	1	
			спасательные ножницы ;	1	
			плунжерная распорка	1	
№ п/п	С и л ы		С р е д с т в а		Выполняемые работы
Специальность	Кол-во (чел.)	Вид средства	Кол-во (ед.)		
2.	Спасатель	3	Лебедка;	1	Убирают обломки и устанавливают крепления; извлекают пострадавших
			носилки;	1	
			молоток;	2	
			малая саперная лопата;	2	
			ножовка по дереву;	1	
пожарный топор	1				
3.	Спасатель-командир звена	1			Общее руководство работами и контроль за соблюдением мер безопасности
И Т О Г О :		7 чел.		14 ед.	

Количество личного состава для комплектования механизированных групп может быть определено по следующей зависимости.

$$N_{смг} = 0,15 \cdot \frac{W \cdot П_3}{T} \cdot K_3 \cdot K_c \cdot K_n, \text{ чел,} \quad (3.1)$$

где  $N_{смг}$  - численность личного состава, необходимого для комплектования спасательных механизированных групп;

$W$  - объем завала разрушенных зданий и сооружений,  $м^3$ ;

$П_3$  - трудоемкость по разборке завала, чел.ч/ $м^3$ , принимается равная 1,8 чел.ч/ $м^3$ ;

$T$  - общее время выполнения спасательных работ в часах;

$K_3$  - коэффициент, учитывающий структуры завала, принимаемый по табл. 3.3;

$K_c$  - коэффициент, учитывающий снижение производительности в темное время суток, принимается равным 1,5;

$K_n$  - коэффициент, учитывающий погодные условия, принимаемый по табл. 3.4.

Таблица 3.3

Значения коэффициента $K_3$ для завалов				
жилых зданий со стенами			промышленных зданий со стенами	
из местных материалов	из кирпича	из панелей	из кирпича	из панелей
0,1	0,2	0,75	0,65	0,9

Таблица 3.4

Температура воздуха, град.	> 25	25 ÷ 0	0 ÷ -10	-10 ÷ -20	< -20
$K_n$	1,5	1,0	1,3	1,4	1,6

Приведенная зависимость по определению личного состава для комплектования механизированных групп применима при условии, если неизвестно количество людей, находящихся в завале. Поэтому коэффициент 0,15 предполагает (по опыту) долю разбираемого завала от его общего объема. Эта формула применяется при большом объеме разрушений в городе (населенном пункте).

Если известно количество людей, находящихся в завале, то объем завала для извлечения пострадавших можно определить по формуле

$$V_{зав} = 1,25 \cdot N_{зав} \cdot h_{зав}, \text{ м}^3, \quad (3.2)$$

где  $N_{зав}$  - количество людей, находящихся в завале, чел;

$h_{зав}$  - высота завала, м;

$V_{зав}$  - объем завала, который необходимо разобрать для извлечения пострадавших.



Данная зависимость предполагает, что для извлечения одного пострадавшего требуется устроить в завале шахту (колодец) на всю высоту завала и размером в плане 1 x 1 м. Коэффициент 1,25 учитывает увеличение объема разбираемого завала за счет невозможности оборудования шахты указанных размеров (осыпание завала, извлечение крупных обломков, наклона шахты и т.п.).

Для определения количества формируемых спасательных механизированных групп необходимо общую численность личного состава разделить на численность одной группы (см. таблицу 3.1)

$$n_{смг} = \frac{N_{смг}}{23}, \text{ групп.} \quad (3.3)$$

Количество спасательных механизированных групп можно определить в прямой постановке, если в приведенные выше зависимости ввести производительность одной группы

$$n_{смг} = 0,15 \frac{W}{P_{смг} \cdot T}, \text{ групп, или}$$

$$n_{смг} = \frac{V_{зав}}{P_{смг} \cdot T}, \text{ групп} \quad (3.4)$$

где  $P_{смг}$  - производительность одной механизированной группы на разборке завала, принимается равная  $15 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

*Примечание:* Численность личного состава спасательной механизированной группы принята с учетом ее работы в две смены.

Общее количество спасательных звеньев ( $n_{р.з}$ ) ручной разборки, при этом составит

$$n_{р.з} = n * k * n_{смг}, \text{ ед,} \quad (3.5)$$

где  $n$  - количество смен в сутки при выполнении спасательных работ;  
 $k$  - коэффициент, учитывающий соотношение между механизированными группами и звеньями ручной разборки в зависимости от структуры завала, определяется по таблице 3.3.

Таблица 3.5 - Значение коэффициента k

Количество звеньев ручной разборки в смену на одну механизированную группу при ведении спасательных работ в завалах				
зданий жилых, со стенами			зданий производственных, со стенами	
из местных материалов	из кирпича	из крупных панелей	из кирпича	из крупных панелей
9	8	3	2	1

Количество личного состава для укомплектования звеньев ручной разборки ( $N_{pz}$ ), в этом случае, определяется как произведение их количества на численность

$$N_{pz} = 7 n_{p.z}. \quad (3.6)$$

Если все завалы разбираются только вручную, тогда необходимое количество звеньев ручной разборки можно определить по формуле

$$n_{p.z} = \frac{V_{зав} \cdot n}{\Pi_{зр} \cdot T}, \text{ ед}, \quad (3.7)$$

где  $\Pi_{зр}$  - производительность одного звена ручной разборки, принимаемая равной  $1,2 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  
 $n$  - количество смен в сутки при выполнении спасательных работ.

Количество личного состава для этих звеньев  $N_{pz}$  определяется по формуле (3.6).

*Примечание:* Производительность, принимаемая в вышеизложенных зависимостях при работе личного состава в средствах индивидуальной защиты уменьшается в 2 раза.

Численность разведчиков  $N_{раз}$  принимается из условия, что на 5 спасательных механизированных групп формируется одно разведывательное звено в составе 3 чел.

### Задания для самостоятельного расчета:

1. Сколько потребуется часов, чтобы механизированная группа разобрала завал разрушенных зданий и сооружений объемом  $W \text{ м}^3$ , учитывая погодные условия и отсутствие пострадавших под завалом;

Данные для расчета:

№ Варианта	$n_{\text{СМГ}}$	$W, \text{м}^3$	Температура воздуха, °С	Тип здания
1.	1	4056,4	-11	жилое здание со стенами из местных материалов
2.	2	1048,4	1	промышленное здание со стенами из кирпича
3.	2	631	-30	промышленное здание со стенами из панелей
4.	1	2621,1	-5	жилое здание со стенами из кирпича
5.	1	454,3	10	жилое здание со стенами из панелей
6.	3	2096,9	15	промышленное здание со стенами из кирпича
7.	1	3245,1	-15	жилое здание со стенами из кирпича
8.	2	2120,2	20	жилое здание со стенами из панелей
9.	1	631	23	промышленное здание со стенами из панелей
10.	3	11358	30	жилое здание со стенами из местных материалов
11.	3	2446,3	27	промышленное здание со стенами из кирпича
12.	2	5242,2	-8	жилое здание со стенами из кирпича

2. Определить высоту завала, если  $N_{\text{СМГ}}$  человек личного состава механизированной группы разбирали завал в течение  $T$  часов, чтобы извлечь из-под завала пострадавших.

Данные для расчета:

№ Варианта	$N_{\text{СМГ}}$	$T, \text{часов}$	$N_{\text{зав}}$	№ варианта	$N_{\text{СМГ}}$	$T, \text{часов}$	$N_{\text{зав}}$
1.	23	10	10	7.	23	16	15
2.	46	6	15	8.	46	14	30
3.	46	8	20	9.	23	10	18
4.	23	12	17	10.	69	10	23
5.	23	6	12	11.	92	14	37
6.	69	8	24	12.	46	12	35

## Практическая работа №9

### Определение сил и средств для вскрытия убежищ и укрытий

Вскрытие защитных сооружений может осуществляться расчисткой завала над аварийным выходом; разборкой завала над перекрытием убежища с пробивкой проема в перекрытии; расчисткой завала у наружной стены здания, с устройством приемка и пробивкой проема из него в стене, ниже перекрытия убежища (подвала); устройством вертикальной шахты и галереи до стены.

Вскрытие может осуществляться бульдозером, экскаватором, а в ряде случаев и вручную.

Для вскрытия защитных сооружений каждый расчет бульдозера (экскаватора) усиливается обслуживающей бригадой в составе 3-х человек со средствами пожаротушения и ручным инструментом.

Следует отметить, что трудоемкость по вскрытию защитных сооружений расчетами в составе бульдозера или экскаватора примерно одинакова. Это связано с тем, что, имея разные производительности (у расчета бульдозера около 40 м<sup>3</sup>/час, а у экскаватора около 10-15 м<sup>3</sup>/час), бульдозеру для вскрытия убежища необходимо разобрать больший объем, чем экскаватору, что выравнивает их эффективность в выполнении работы.

Учитывая это, количество расчетов, необходимых для вскрытия защитных сооружений, можно определить по следующей зависимости

$$N_{рас} = \frac{K_{ззс} \cdot P_{зс}}{T}, \text{ ед.} \quad (3.8)$$

где  $K_{ззс}$  - количество заваленных защитных сооружений, шт.

$P_{зс}$  - трудоемкость вскрытия одного защитного сооружения, маш.ч./соор., принимается при высоте завала 2 м равной 0,8 маш.ч./соор., 3 м - 1,5 маш.ч./соор., 4 м - 3 маш.ч./соор.

$T$  - общее время вскрытия всех защитных сооружений, равное времени возможного пребывания людей в защитных сооружениях, т.е.  $T = 48$  часов.

*Примечание:* Потребность в личном составе для формирования этих расчетов определяется исходя из количества смен в сутки при выполнении работ.

### Расчет сил для оказания медицинской помощи, локализации и тушения пожаров и других работ

Количество отрядов первой медицинской помощи (ПМП), численность врачей и среднего медицинского персонала, общая численность личного состава для отрядов ПМП определяются

$$n_{\text{ПМП}} = N^{\text{СП}} / 100, \text{ ед.}; N_{\text{вр}} = 8 n_{\text{ПМП}}; N_{\text{см}} = 38 n_{\text{ПМП}}; N_{\text{ПМП}} = 146 n_{\text{ПМП}}, \quad (3.9)$$

где  $N^{\text{СП}}$  - численность санитарных потерь;

$N_{\text{вр}}$  - численность врачей;

$N_{\text{см}}$  - численность среднего медицинского персонала;

$N_{\text{ПМП}}$  - общая численность личного состава отрядов первой медицинской помощи.

Потребное количество пожарных отделений для локализации и тушения пожаров

$$n_{\text{Пож}} = n_{\text{СМГ}} / 5, \text{ ед,}$$

$$N_{\text{Пож}} = 6 n_{\text{Пож}}, \text{ чел,} \quad (3.10)$$

где  $n_{\text{Пож}}$  - количество пожарных отделений;

$N_{\text{Пож}}$  - численность пожарников.

Общая численность личного состава формирований, участвующих в спасательных работах, будет равна

$$N_{\text{л.с ср}} = N_{\text{СМГ}} + N_{\text{р.з}} + N_{\text{разв}} + N_{\text{ПМП}} + N_{\text{Пож}}, \text{ чел.} \quad (3.11)$$

Численность личного состава, участвующего в других неотложных работах, складывается из формирований, участвующих в расчистке завалов и ликвидации аварий на коммунально-энергетических сетях.

Расчистка подъездных путей

$$L_{\text{ПП}} = 0,6 S_{\text{раз}}, \text{ км,}$$

$$N_{\text{ПП}} = \frac{n}{T} (30 \cdot L_{\text{ПП}}) \cdot k_c \cdot k_n, \quad (3.12)$$

(0,6 км заваленных маршрутов на 1 км<sup>2</sup> разрушенной части города)

где  $T$  - общее время проведения работ;

$L_{\text{ПП}}$  - протяженность заваленных подъездных путей, км;

$N_{\text{ПП}}$  - численность личного состава, участвующего в расчистке подъездных путей;

$K_c, K_n$  - коэффициенты, учитывающие погодные условия и время суток (см. ф.10.1).;

$n$  - количество смен работы в сутки.

Ликвидация аварий на КЭС

$$K_{\text{КЭС}} = 8 S_{\text{разр}}, \text{ ед,}$$

(8 аварий на 1 км<sup>2</sup> разрушенной части города)

$$N_{кэс} = \frac{n}{T} (50k_{кэс}) \cdot k_c \cdot K_{II}, \quad (3.13)$$

где  $k_{кэс}$  - количество аварий на КЭС, ед;

$N_{кэс}$  - численность личного состава аварийно-технических команд.

Численность личного состава, участвующего в проведении неотложных работ

$$N_{лс,днр} = N_{пп} + N_{кэс}, \text{ чел.} \quad (3.14)$$

Общая численность личного состава формирований для проведения АС-ДНР будет составлять

$$N_{л.с,сднр} = N_{л.с,ср} + N_{л.с,днр} \quad (3.15)$$

Количество патрульных постовых звеньев для охраны общественного порядка ( $n_{ооп}$ ) и численность личного состава охраны ( $N_{ооп}$ ) определяются

$$n_{ооп} = N_{лс,сднр} / 100, \text{ ед}; \quad N_{ооп} = 7 \cdot n_{ооп}, \text{ чел.} \quad (3.16)$$

Количество и наименование основной инженерной техники, привлекаемой для проведения непосредственно спасательных работ, определяется оснащением спасательных механизированных групп из расчета, что каждая группа укомплектовывается бульдозером, экскаватором, автокраном и компрессором.

Количество бульдозеров для расчистки подъездных путей определяется по формуле

$$N_{б.пп} = \frac{1,2}{T} (10L_{пп}) \cdot k_{усл},$$

где  $L_{пп}$  - протяженность заваленных подъездных путей, км;

$T$  - время выполнения работ в очагах, ч;

$k_{усл}$  - коэффициент условий выполнения задачи.

Инженерная техника для оснащения аварийно-технических команд определяется потребностью в укомплектовании аварийно-технических команд из расчета по одному бульдозеру, экскаватору и автокрану в каждую команду.

Потребное количество инженерной техники для ликвидации аварий на КЭС можно определить по формуле

$$N_{\text{тех.КЭС}} = \frac{1,2}{T} (2,5 \cdot k_{\text{КЭС}}) \cdot k_{\text{усл.}}, \text{ ед.} \quad (3.17)$$

где  $k_{\text{КЭС}}$  - количество аварий на коммунально-энергетических сетях.

Для определения количества другой инженерной техники можно воспользоваться ориентированными нормативами: на 100 чел, участвующих в ликвидации чрезвычайной ситуации, потребуется по одной силовой и осветительной электростанции, по две компрессорных станции и по два сварочных аппарата.

### Задания для самостоятельного расчета:

1. Найти площадь разрушенной части города, если  $N$  человек личного состава расчищали подъездные пути посменно при нормальных погодных условиях в течение  $T$  часов;

Данные для расчета:

№ Варианта	$N_{\text{нн}}$	$T$ , часов	$n$	№ Варианта	$N_{\text{нн}}$	$T$ , часов	$n$
1.	46	18	2	7.	23	9	1
2.	69	24	3	8.	46	18	2
3.	23	8	1	9.	46	19	2
4.	46	19	2	10.	92	33	4
5.	46	20	2	11.	46	17	2
6.	69	25	3	12.	92	35	4

2. Определить количество расчетов, необходимых для вскрытия защитных сооружений, если известны параметры здания до разрушения и его характер.

Данные для расчета:

№ Варианта	$A$ , м	$B$ , м	$H$ , м	Тип здания	Характер разрушения	$K_{\text{зс}}$
1.	30	28	8	производственное здание одноэтажное легкого типа	Взрыв внутри здания	60
2.	44	38	14	производственное здание одноэтажное среднего типа	Взрыв вне здания	60
3.	30	32	7	производственное здание одноэтажное тяжелого типа	Взрыв внутри здания	60
4.	40	50	18	производственное здание многоэтажное	Взрыв вне здания	64

Продолжение таблицы

5.	30	40	12	производственное здание смешанного типа	Землетрясение	83
6.	25	30	13	жилое здание кирпичное бескаркасное	Взрыв внутри здания	64
7.	24	30	12	жилое здание мелкоблочное бескаркасное	Землетрясение	48
8.	15	17	7	жилое здание крупноблочное бескаркасное	Взрыв вне здания	60
9.	15	15	6	жилое здание крупнопанельное бескаркасное	Землетрясение	83
10.	45	40	20	жилое здание со стенами из навесных панелей каркасное	Взрыв внутри здания	48
11.	44	40	8	жилое здание со стенами из каменных материалов каркасное	Взрыв вне здания	64
12.	12	15	5	жилой дом каркасный	Землетрясение	60



## ЛИТЕРАТУРА

1. Юртушкин В. Н. Чрезвычайные ситуации. Защита населения и территорий. М.: Кнорус, 2014.
2. Михайлов Л. А. Социальные опасности и защита от них. М.: Академия, 2012.
3. Белов С.В. БЖД и защита окружающей среды. М.: Юрайт, 2013
4. Никифоров Л. Л. Безопасность жизнедеятельности. М.: Инфра-М, 2014
5. Масленникова И. С. Безопасность жизнедеятельности . М.: Инфра-М, 2014.
6. Микрюков В. Ю. Безопасность жизнедеятельности. М. КноРус, 2013.
7. Каракеян В. И. Безопасность жизнедеятельности. М.: Юрайт, 2014
8. Вишняков Я. Д. Безопасность жизнедеятельности. М.: Юрайт, 2014
9. Белова, Т.И. Исследование систем автоматизированного удаления вредных веществ из воздуха производственных помещений в учебном процессе [Текст] / Е.М. Агашков, Т.И. Белова, В.И. Гаврищук, Д.А. Кравченко // Научно-педагогические проблемы транспортных учебных заведений: материалы международной научно-практической конференции. – М.: МИИТ, 2010. – Выпуск 2. – С.11 – 14.
10. Белова, Т.И. Классификация систем автоматического удаления вредных веществ из воздуха производственного помещения [Текст] / Е.М. Агашков, Т.И. Белова, В.Е. Бурак и др. // Вестник МАНЭБ. – СПб, 2010. – Т.15, № 4. – С. 116 – 118.
11. Белова, Т.И. Промышленная экология. Исследования параметров удаления и очистки воздуха: лабораторный практикум для высшего профессионального образования [Текст] / Т.И. Белова, В.И. Гаврищук, Е.М. Агашков, Т.А. Дмитриевская. – Брянск: ФГБОУ ВПО Брянская ГСХА, 2014. – 118 с.
12. Белова, Т.И. Обеспечение безопасности при производстве кормов в агропромышленном комплексе [Текст] / Т.И. Белова, С.В. Букин. Вестник МАНЭБ.-С- Петербург.-Т17.-№3, 2012.- С. 151-155
13. Менякина, А.Г. Методические указания к лабораторным занятиям по Безопасности жизнедеятельности. Студентам направления 260800 Технология продукции и организации общественного питания. (Профиль Технология продуктов общественного питания) и направления 151000 Технологические машины и оборудование. (Профиль Машины и оборудование для пищевой инженерии малых предприятий.) [Текст] - Брянск: Брянский ГАУ, 2015 - 36 с.
14. Менякина, А.Г., Методические указания «Памятка по охране труда при проведении учебной практики» для студентов всех специальностей. [Текст] / А.Г. Менякина, Е.Г. Лумисте - Брянск, Изд-во Брянской ГСХА, 2011 г.
15. Менякина, А.Г. Курс лекций Медико-биологические основы безопасности для студентов по направлению «Техносферная безопасность», 260с.
16. Менякина, А.Г. «Медико-биологические основы безопасности» Методические указания к лабораторно-практическим занятиям для студентов

направления 280700 (20.03.01) Техносферная безопасность. - Брянск: Брянский ГАУ, 2015 - 120 с.

**17.** Менякина, А.Г. Методическое пособие по выполнению курсовых работ и самостоятельного изучения дисциплины «Медико- биологические основы безопасности». Для студентов инженерно- технологического факультета очной и заочной форм обучения для бакалавров направления 280700 Техносферная безопасность по специальности 280700 «Безопасность технологических процессов и производств». - Брянск, изд-во Брянской ГСХА, 2014 г.

**18.** Менякина, А.Г. Основные формы самостоятельной работы студентов в процессе подготовки студентов в процессе подготовки специалистов./ Л.Н. Гамко, Г.Г. Нуриев // Материалы Международной научно- практической конференции «Актуальные проблемы повышения качества подготовки специалистов в вузе» Сборник научных трудов. – Брянск, Изд-во Брянской ГСХА, 2005. с.261-263.

**19.** Менякина, А.Г. «Сортировка пострадавших»: Методическое пособие по выполнению практической работы по «Медицине катастроф» для бакалавров. Направление 280700 Техносферная безопасность по специальности 280700 «Безопасность технологических процессов и производств». - Брянск, изд-во Брянской ГСХА, 2014 г.

**20.** Менякина, А.Г. Учебное пособие к практическим занятиям по дисциплине «Медицина катастроф» для студентов направления 280700 (20.03.01) Техносферная безопасность. - Брянск: Брянский ГАУ, 2015 - 120 с.

**21.** Осипенко В.В. Промышленная экология: Практические работы по промышленной экологии: учеб. Пособие. / - Брянск: Издательство Брянская ГСХА. 2013. - 73 с.

**22.** Панова Т.В. Практикум для выполнения лабораторных работ на лабораторном стенде «Электробезопасность» / Т.В. Панова, В.В. Осипенко. / - Брянск: Издательство Брянск: Брянский ГАУ, 2015. - 50 с.



Учебное издание

Растягаев Владимир Иванович

## **ЗАЩИТА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**к выполнению практических работ**

---

Подписано к печати 26.11.2015 г. Формат 60x84 1/16.  
Бумага печатная. Усл. п. л. 3,49. Тираж 25 экз. Изд. № 3957

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ