

Тема 2.

Занятие 2

Прогнозирование возможной инженерной и взрывопожарной обстановки



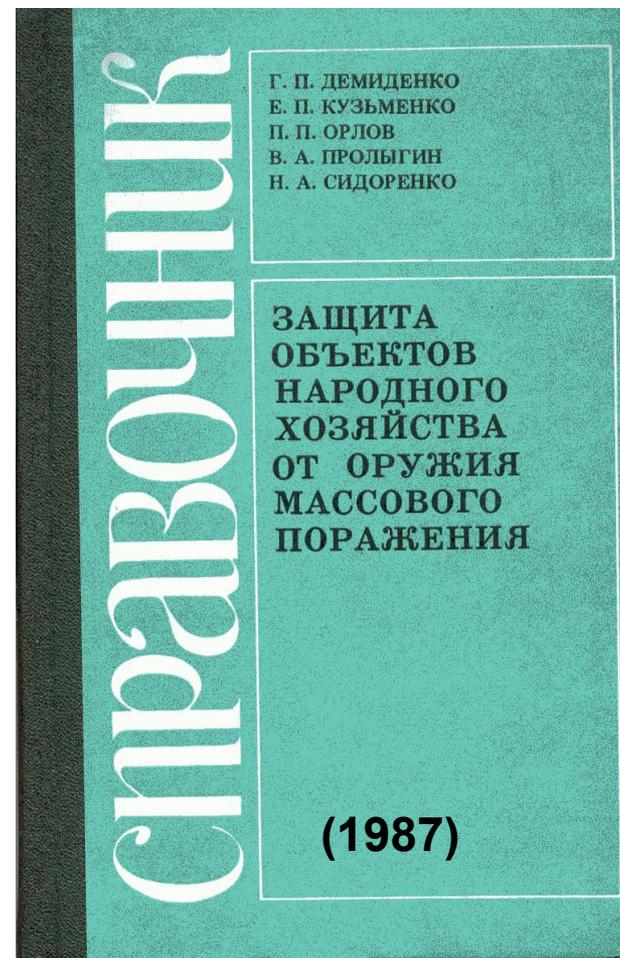
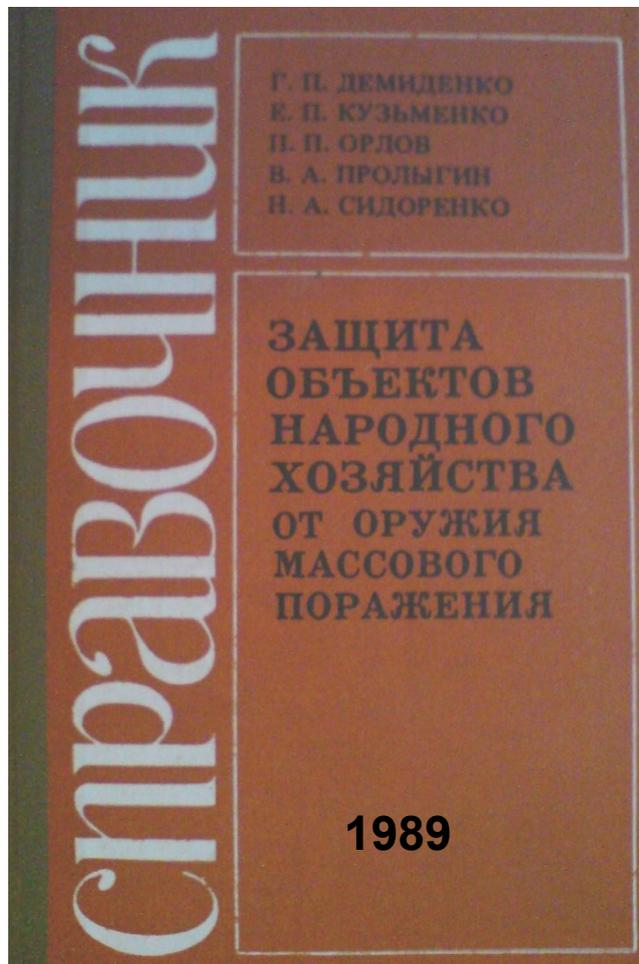
Текущий контроль знаний

№	Название темы	Σ
1	ТЕМА 2.2	5
2	ТЕМА 3.1	5
3	ТЕМА 3.2	10
4	ТЕМА 4.1	10
5	ТЕМА 4.2	10
6	ТЕМА 5.2	10
7	ТЕМА 7.2 – 7.5	30
8	ТЕМА 8.2 – 8.3	20
	Σ	(min 60) 100

Учебные вопросы

1. Прогнозирование возможной инженерной обстановки при ЧС.
2. Оценка степени поражения людей.
3. Общие выводы и рекомендации.

Рекомендуемая литература:



Взрыв

неконтролируемое резкое высвобождение энергии за короткий промежуток времени и в ограниченном пространстве

Источники опасности

- ✓ Склады для хранения артиллерийских боеприпасов
- ✓ *Образование облаков топливно-воздушных смесей или других химических газообразных, пылеобразных веществ, их быстрые взрывные превращения (объемный взрыв)*
- ✓ *Взрывы трубопроводов, сосудов, находящихся под высоким давлением или с перегретой жидкостью, прежде всего резервуаров со сжиженным углеводородным газом*

Основными поражающими факторами взрыва являются:

□ воздушная ударная волна (УВ)

□ осколочные поля,

создаваемые летящими обломками, строительными деталями и т.д.

Основными параметрами поражающих факторов взрыва воздушной ударной волны –

избыточное давление во фронте ΔP_{ϕ} , как определяющий параметр.

За единицу измерения ΔP_{ϕ}

- в системе СИ принят **Паскаль (Па)**
- внесистемная единица – **килограмм на квадратный сантиметр (кгс/см²)**

$$1\text{Па}=1\text{Н/м}^2=0,102\text{кгс/см}^2$$

$$1\text{кгс/см}^2=98,1\text{кПа}100\text{кПа.}$$

При возникновении аварий со взрывами возможно образование пожаров.

Пожар

**неконтролируемое горение,
причиняющее материальный ущерб,
вред жизни и здоровью граждан,
интересам общества и государству**

Причиной гибели людей может быть

- ✓ **общее повышение температуры**
- ✓ **и задымление среды.**

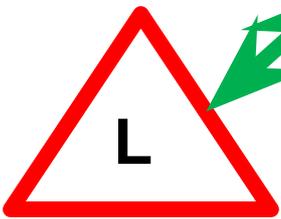
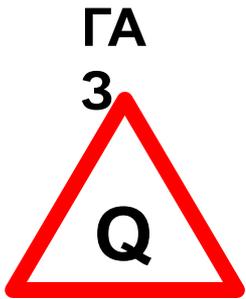
В результате воздействия высоких температур возможно сгорание и выход из строя предметов и объектов.

Энергетическая экспозиция – тепловой импульс, как основной поражающий параметр при горении

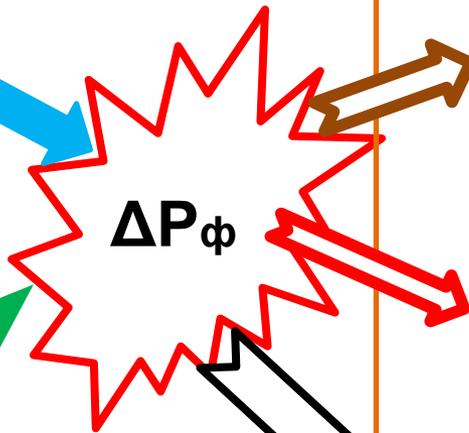
измеряется

- в системе СИ - Джоуль на квадратный метр (Дж/м²)
- внесистемная единица – калория на квадратный сантиметр (кал/см²)

$$1 \text{ кал/см}^2 = 4,1868 \cdot 10^4 \text{ Дж/м}^2 \approx 42 \text{ кДж/м}^2.$$



удаление
емкости
от
цеха
(здания)



ПРОИЗВОДСТВО



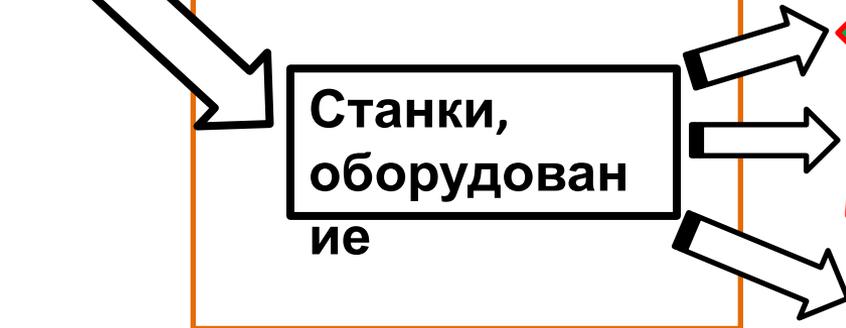
Пр.2-3
с. 230-237
(214-220)

Табл. 8.1 с.
72(70)

Пример 8.2
с. 82 (79)

Пример 8.3
с. 83-84 (81)

Пример 8.3
с. 85 (83)



1. Определение $\Delta P_{\text{ф}}$ с.96-99 (93-95)

- Зона детонационной волны r_{I} , м
- Зона действия продуктов взрыва r_{II} , м
- Относительная величина Ψ
(при условии $r_{\text{III}} = L$)
 - ✓ Ψ_1 - в районе цеха (Здания №1)
 - ✓ Ψ_2 - в районе жилого здания (Здания №2)
- Избыточное давление в зоне действия воздушной ударной волны:
 - в районе цеха (Здания №1)
$$\Delta P_{\text{ф}} = \Delta P_{\text{III}} = \Delta P_1$$
 - в районе жилого здания (Здания №2)
$$\Delta P_{\text{ф}} = \Delta P_{\text{III}} = \Delta P_2$$

$$r_I = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q}$$

$$r_{II} = 1,7 \cdot r_I$$

$$\psi = 0,24 \frac{l}{r_I}$$

Место для формулы.

✓ если $\psi \leq 2$, то

$$\Delta P_{\text{ф}} = \Delta P_{\text{III}} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29,8\psi^3}-1)}$$

✓ если $\psi > 2$, то

$$\Delta P_{\text{ф}} = \Delta P_{\text{III}} = \frac{22}{\psi \sqrt{\lg \psi + 0,158}}$$

1.1. Определение ΔP_{ϕ}

(Рис.10.2, с. 99 (95))

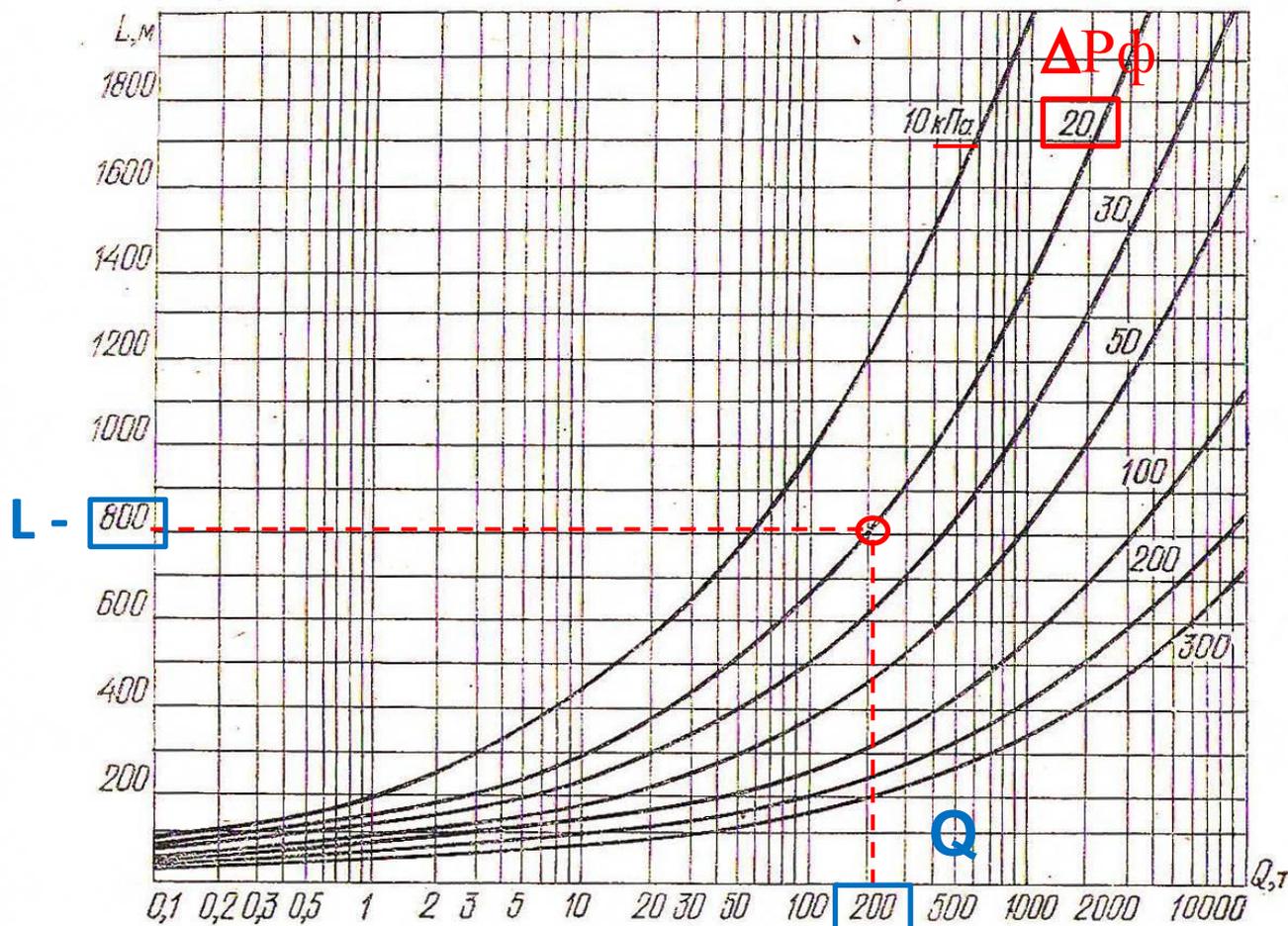


Рис. 10.2. Зависимость радиуса внешней границы зоны действия избыточного давления от количества взрывоопасной газовой смеси

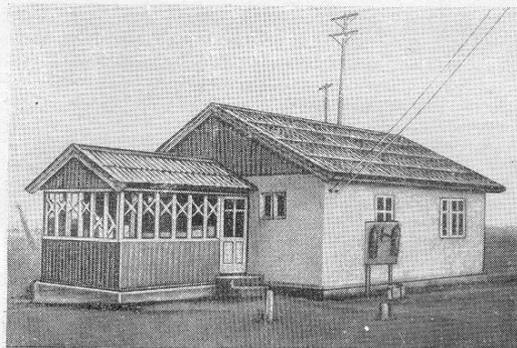
2. Определение степени разрушения элементов объекта при различных $\Delta P_{\text{ф}}$ (Пр.2-3, с. 230-237(214-220))

214

Приложение 2

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

№ п/п	Элементы объекта	Разрушение			
		слабое	среднее	сильное	полное
<i>1. Производственные, административные здания и сооружения</i>					
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	Здания из сборного железобетона	10...20	20...30	—	30...60
9	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

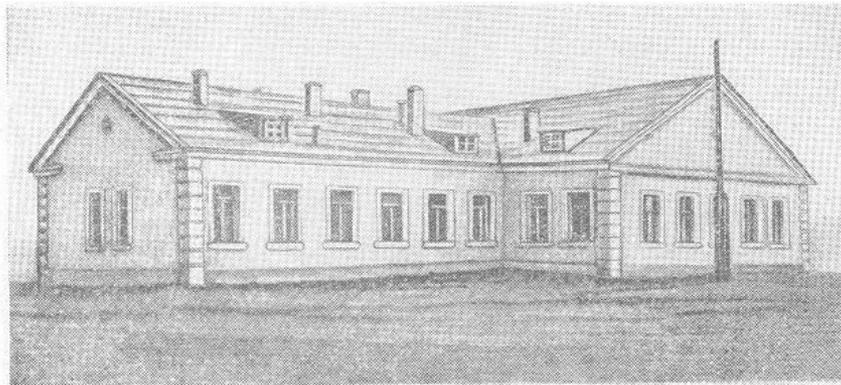


а



б

Рис. IV-16. Сборный деревянный жилой дом, получивший слабое разрушение:
а — до взрыва; *б* — после взрыва

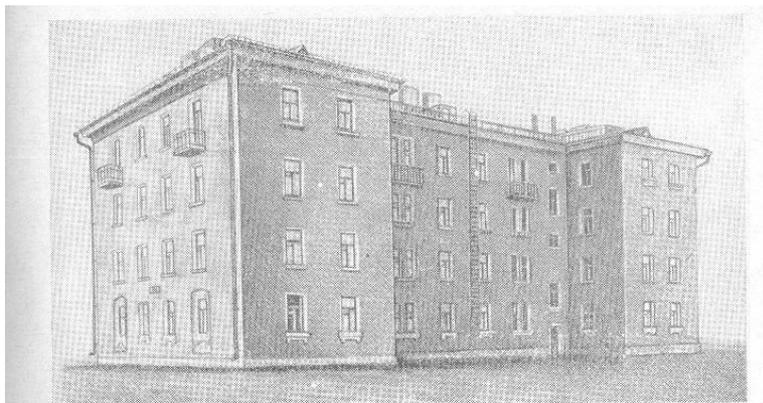


а

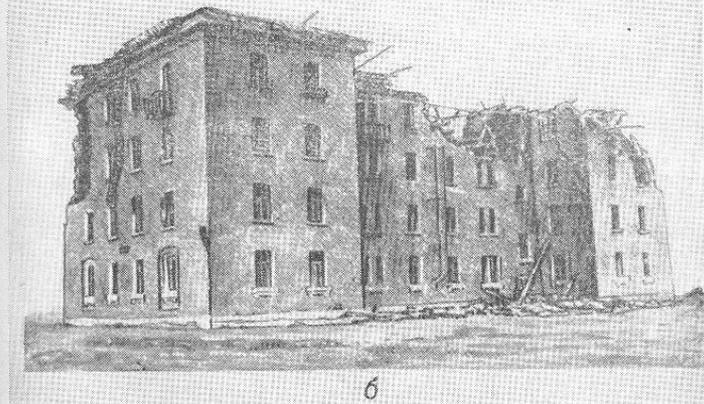


б

Рис. IV-17. Кирпичный одноэтажный жилой дом, получивший среднее разрушение:
а — до взрыва; *б* — после взрыва

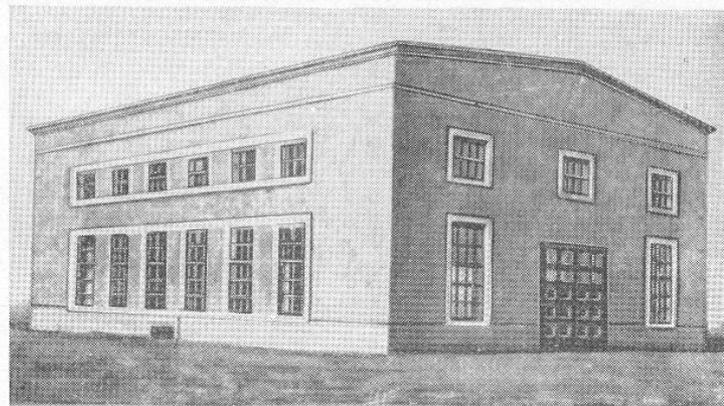


a

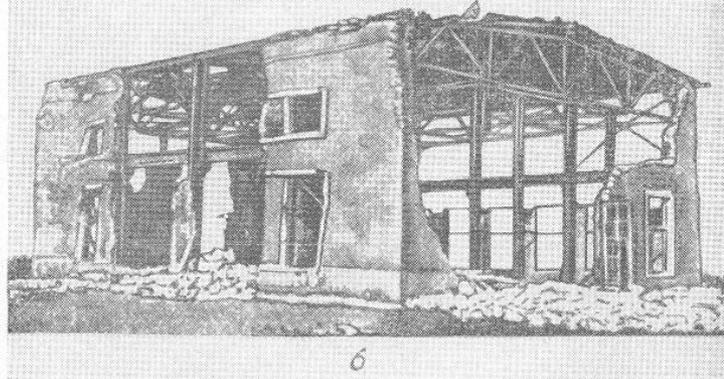


б

Рис. IV-18. Четырехэтажный кирпичный жилой дом, получивший сильное разрушение:
a — до взрыва; *б* — после взрыва



a



б

Рис. IV-19. Промышленное здание с металлическим каркасом, получившее сильное разрушение:
a — до взрыва; *б* — после взрыва

Определение степени поражения людей в зависимости от значения ΔP_{ϕ} (Табл. 8.1 с. 72 (70))

Таблица 8.1. Степень поражения незащищенных людей в зависимости от значения избыточного давления ΔP_{ϕ}

ΔP_{ϕ} , кПа	Поражения (травмы)	Характер поражения
20...40	Легкие	Легкая общая контузия организма, временное повреждение слуха, ушибы и вывихи конечностей
40...60	Средние	Серьезные контузии, повреждение органов слуха, кровотечение из носа и ушей, сильные вывихи и переломы конечностей
60...100	Тяжелые	Сильная контузия всего организма, повреждение внутренних органов и мозга, тяжелые переломы конечностей. Возможны смертельные исходы
Свыше 100	Крайне тяжелые	Получаемые травмы очень часто приводят к смертельному исходу

3. Оценка устойчивости сооружений и оборудования к воздействию скоростного напора ударной волны

3.1. Смещение оборудования

Пример **8.2.**, с. **82 (79)**

3.2. Опрокидывание оборудования

Пример **8.3.**, с. **83-84 (81)**

3.3. Инерционное разрушение элементов оборудования

Пример **8.4.**, с. **85 (83)**

3.1. Смещение оборудования

(Пример 8.2., с. 82-83(79))

Пример 8.2. Определить предельное значение избыточного давления, не вызывающее смещение незакрепленного вертикально-фрезерного станка относительно бетонного основания $\Delta P_{\text{ф lim см}}$.

Исходные данные: длина станка $l = 1000$ мм; ширина $b = 900$ мм; высота $h = 1800$ мм; масса $m = 800$ кг.

Решение. 1. Определяем предельное значение скоростного напора, не приводящее к смещению станка, по формуле

$$\Delta P_{\text{ск}} = \frac{fmg}{C_x bh}$$

По табл. 8.3 определяем коэффициент трения чугуна по бетону $f = 0,35$, а по табл. 8.4 — коэффициент аэродинамического сопротивления $C_x = 1,3$. Тогда

$$\Delta P_{\text{ск}} = \frac{0,35 \cdot 800 \cdot 9,8}{1,3 \cdot 0,9 \cdot 1,8} = 1300 \text{ Па} = 1,3 \text{ кПа.}$$

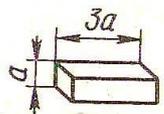
2. По величине $\Delta P_{\text{ск}} = 1,3$ кПа из графика рис. 8.3 находим $\Delta P_{\text{ф lim см}} = 20$ кПа.

Вывод. При $\Delta P_{\text{ф}} \geq 20$ кПа ударная волна вызовет смещение станка, соответствующее слабым разрушениям.

Таблица 8.3. Коэффициент трения между поверхностями различных материалов

Наименование трущихся материалов	Коэффициент трения
<i>Коэффициенты трения скольжения</i>	
	f
Сталь по стали	0,15
Сталь по чугуну	0,3
Металл по линолеуму	0,2...0,4
Металл по дереву	0,6
Металл по бетону	0,2...0,5
Резина по твердому грунту	0,4...0,6
Резина по линолеуму	0,4...0,6
Резина по дереву	0,5...0,8
Резина по чугуну	0,8
Дерево по дереву	0,4...0,6
Кожа по чугуну	0,3...0,5
Кожа по дереву	0,4...0,6

Таблица 8.4. Коэффициент аэродинамического сопротивления для тел различной формы при $\Delta P_{\phi} \geq 50$ кПа

Форма тела	Рисунок	C_x	Направление движения воздуха
Параллелепипед		0,85 1,3	Перпендикулярно квадратной грани Перпендикулярно прямоугольной грани
Куб		1,6	Перпендикулярно грани

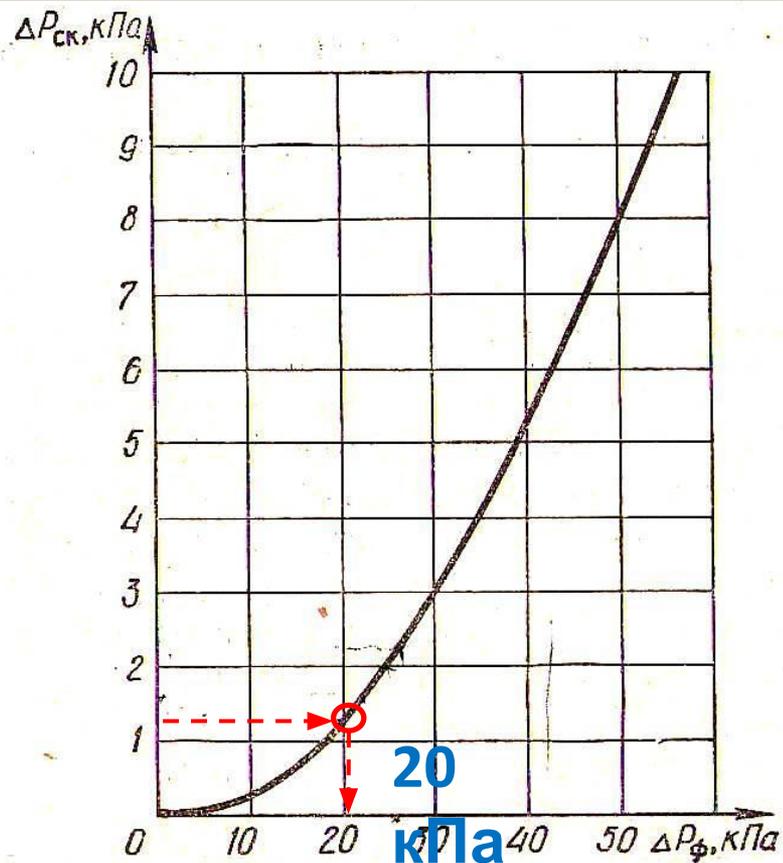


Рис. 8.3. Зависимость скоростного напора $\Delta P_{ск}$ от избыточного давления ударной волны ΔP_{ϕ}

3.2. Опрокидывание оборудования

(Пример 8.3., с.83-84(81))

Пример 8.3. Найти предельное значение избыточного давления, при котором станок не опрокинется.

Исходные данные: длина станка $l = 1000$ мм; ширина $b = 900$ мм; высота $h = 1800$ мм; масса $m = 800$ кг.

Решение. 1. Определяем предельное значение скоростного напора $\Delta P_{\text{ск lim оп}}$, при котором станок еще не опрокидывается, по формуле

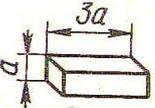
$$\Delta P_{\text{ск lim оп}} = \frac{mgl}{2C_x ZS} = \frac{mgl}{C_x h^2 b} = \frac{800 \cdot 9,8 \cdot 1}{1,3 \cdot 1,8^2 \cdot 0,9} = 2070 \text{ Па} =$$

принимая высоту приложения силы $Z = h/2$, площадь миделя $S = bh$.

2. По величине $\Delta P_{\text{ск lim оп}} = 2,07$ кПа на рис. 8.3 находим $\Delta P_{\text{ф lim оп}} = 25$ кПа.

Вывод. При $\Delta P_{\text{ф}} \geq 25$ кПа ударная волна опрокинет станок, что приведет к средним разрушениям.

Таблица 8.4. Коэффициент аэродинамического сопротивления для тел различной формы при $\Delta P_{\phi} \geq 50$ кПа

Форма тела	Рисунок	C_x	Направление движения воздуха
Параллелепипед		0,85	Перпендикулярно квадратной грани
		1,3	Перпендикулярно прямоугольной грани
Куб		1,6	Перпендикулярно грани

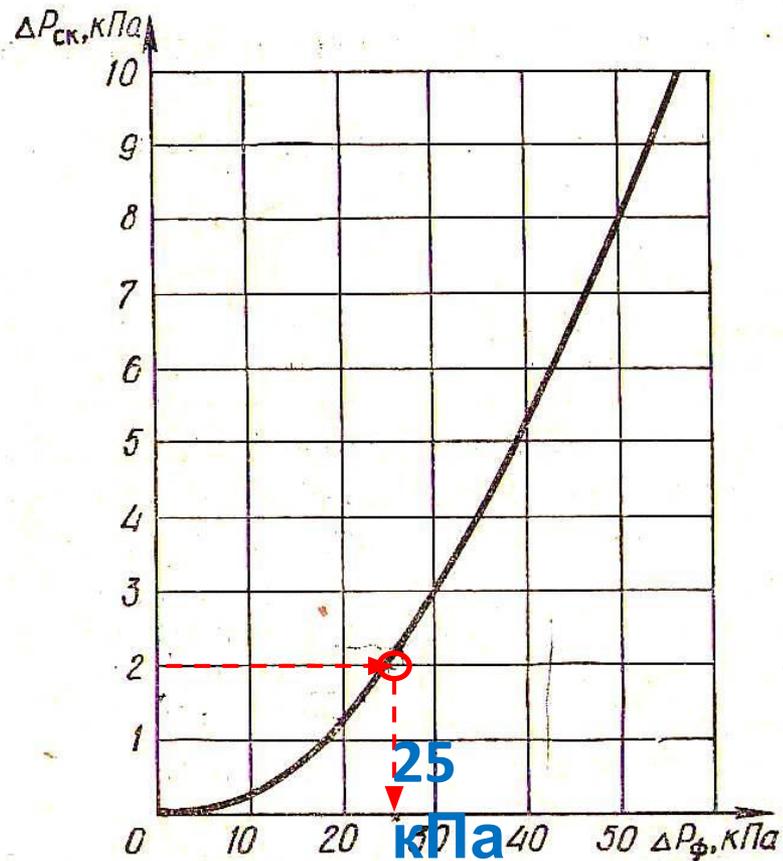


Рис. 8.3. Зависимость скоростного напора $\Delta P_{ск}$ от избыточного давления ударной волны ΔP_{ϕ}

3.3. Инерционное разрушение элементов оборудования

(Пример 8.2., с. 85(83))

Пример 8.4. Определить предельное значение избыточного давления, при котором прибор не получит инерционное разрушение $\Delta P_{\text{ф lim инерц}}$.

Исходные данные: длина прибора $l = 400$ мм; ширина $b = 420$ мм; высота $h = 720$ мм; масса $m = 60$ кг; допустимое ускорение при ударе $a_{\text{доп}} = 100$ м/с².

Решение. 1. Определяем лобовую силу, не приводящую к ударной перегрузке: $P_{\text{лоб}} = ma_{\text{доп}} = 60 \cdot 100 = 6000$ Н.

2. Находим избыточное лобовое давление, которое может выдержать прибор:

$$\Delta P_{\text{лоб}} = \frac{P_{\text{лоб}}}{S} = \frac{P_{\text{лоб}}}{bh} = \frac{6000}{0,42 \cdot 0,72} = 20000 \text{ Па} = 20 \text{ кПа.}$$

3. В графике (рис. 8.6) по $\Delta P_{\text{лоб}} = 20$ кПа находим избыточное давление $\Delta P_{\text{ф lim инерц}} = 18$ кПа. При $\Delta P_{\text{ф}} \geq 18$ кПа прибор получит сильные разрушения от инерционных перегрузок, вызываемых действием ударной волны ядерного взрыва.

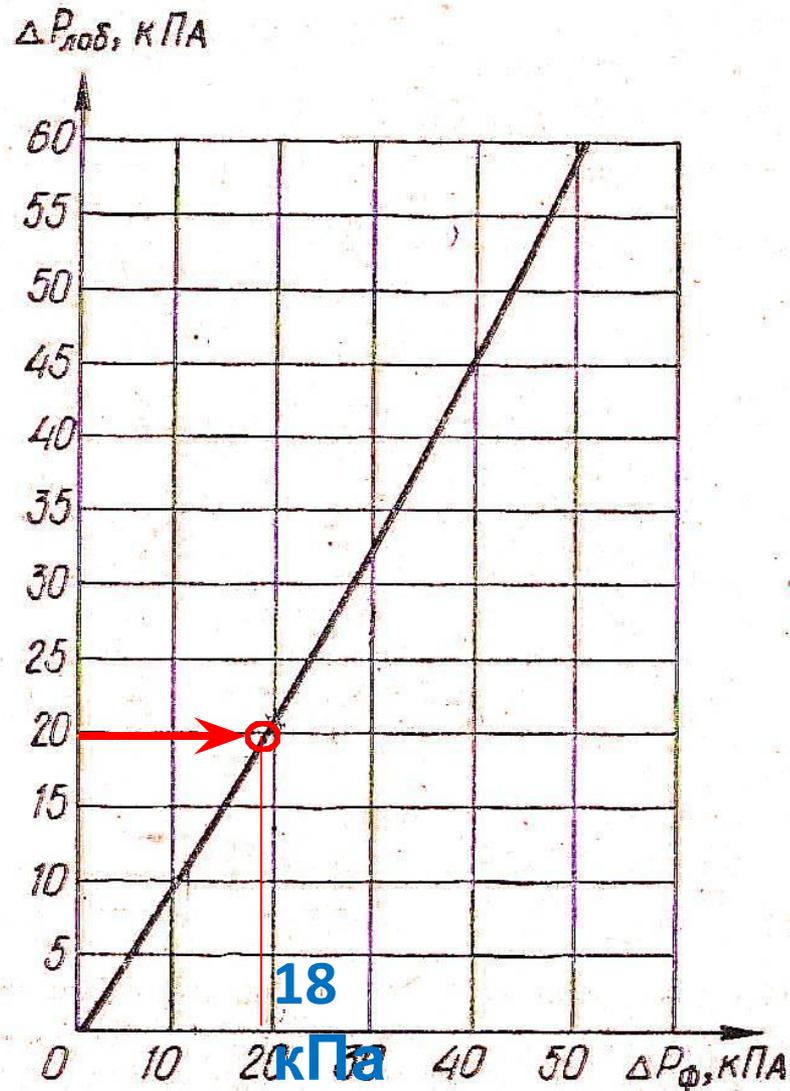


Рис. 8.6. Зависимость избыточного лобового давления $\Delta P_{\text{лоб}}$ от избыточного давления ударной волны $\Delta P_{\text{ф}}$

4. Оценка степени поражения людей

По международным нормам безопасности для человека является безопасным $\Delta P_{\phi} = 7$ кПа.

Косвенное влияние ударной волны проявляется через поражение людей обломками разрушенных зданий, разбитым стеклом и другими предметами.

Радиус косвенного влияния на людей превышает радиус непосредственного воздействия и достигается лишь с избыточным давлением ударной волны **3 кПа**

№.№ п/п	Степень разрушения здания	Степень поражения людей от общей численности, %				
		легкая	средняя	тяжелая	крайне тяжелая	Смертельная
1	слабая	10	5	-	-	-
2	средняя	10	5	5	3	-
3	сильная	4	6	10	20	50
4	полная	-	-	3	7	90

(Примечание)

- Вероятность поражения людей начинают с более тяжелой степени, при этом полученный результат округляется в большую сторону до целых.
- Легкая степень определяется как разность между количеством людей, находящихся в здании (очаге поражения) и количеством людей получивших поражение более тяжелой степени (по остаточному принципу).
- Суммарные потери при расчете не должны превышать количества людей, находящихся в здании (очаге поражения) .

5. Условия безопасности при косвенном воздействии ударной волны

- R_3 - граница зоны с избыточным давлением меньше 3 кПа

$$R_3 \approx 31 \cdot r_I$$

- Q_3 - количество сжиженного углеводородного газа в тоннах, при взрыве которого на заданном минимальном расстоянии (L_1 или $L_2 = L_{\min}$) избыточное давление будет меньше 3 кПа

$$Q_3 \approx \left(\frac{L_{\min}}{530} \right)^3$$

Пусть: $Q = 100$ т, $L_1 = L_{\min} = 300$ м, $L_2 = 400$ м

Параметры зон	Элементы объектов	Степень разрушений	Степень поражения людей
<p><i>Параметры зон взрыва.</i></p> <p>1. $r_I \approx 80$ м</p> <p>2. $r_{II} \approx 136$ м</p> <p>3. $\psi_1 \approx 09$</p> <p>4. $\psi_2 \approx 1,2$</p> <p><i>Избыточное давление в зонезданий.</i></p> <p>4. $\Delta P\phi_1 \approx 60$ кПа</p> <p>5. $\Delta P\phi_2 \approx 38$ кПа</p> <p><i>Условия безопасности</i></p> <p>6. $R_3 \approx 2480$ м</p> <p>7. $Q_3 \approx 0,18$ т</p>	<p>Здание №1 склад-навес из ж/б элементов</p> <p>Здание №2 кирпичное одноэтажное</p>	<p>среднее</p> <p>полное</p>	<p><u>Здание №1</u> - 100 чел. легкие - 10 % = 10 чел средние - 5 % = 5 чел тяжелые - 5 % = 5 чел крайне тяжелые - 3 % = 3 чел смертельные ---</p> <p><u>Здание №2</u> - 10 чел. легкие ---- средние ---- тяжелые - 3 % = 0 чел крайне тяжелые - 7 % = 1 чел смертельные - 90 % = 9 чел</p>
	<p>Станок №1 <i>l- , b- , h- , m-</i> (Задача №1)</p>	<p>$\Delta P\phi_{\text{см}} = 22 < \Delta P\phi_1$</p> <p>станок сместится</p>	<p>смертельные ---</p>
	<p>Станок №2 <i>l- , b- , h- , m-</i> (Задача №2)</p>	<p>$\Delta P\phi_{\text{опр}} = 25 < \Delta P\phi_1$</p> <p>станок опрокинется</p>	<p><u>Здание №2</u> - 10 чел. легкие ---- средние ---- тяжелые - 3 % = 0 чел крайне тяжелые - 7 % = 1 чел смертельные - 90 % = 9 чел</p>
	<p>Станок №3 <i>l- , b- , h- , m- , a-</i> (Задача №3)</p>	<p>$\Delta P\phi_{\text{разр}} = 30 < \Delta P\phi_1$</p> <p>станок будет разрушен</p>	<p><u>Всего, поражено - 33 чел.</u> Поражено по степени травм: легкие - 10 чел средние - 5 чел тяжелые - 5 чел крайне тяжелые - 4 чел смертельные - 9 чел</p>

Вывод:

Подводя итоги проведенной оценки, необходимо ответить на вопросы:

- В какую зону разрушений могут попасть здания?
- Какие разрушения зданий ожидаются?

(раскрыть используя Приложение 3)

- Что произойдет со станками?
- Характер возможного поражения людей

Характеристика степеней разрушений ударной волной элементов объектов

Элементы объекта	Разрушение		
	слабое	среднее	сильное
Производственные, административные и жилые здания	Разрушение наименее прочных конструкций зданий, сооружений и агрегатов: заполнений дверных и оконных проемов, срыв кровли; основное оборудование повреждено незначительно, восстановительные работы сводятся к среднему восстановительному ремонту	Разрушение кровли, перегородок, а также части оборудования, повреждение подъемно-транспортных механизмов; восстановление возможно при капитальном восстановительном ремонте с использованием сохранившихся основных конструкций и оборудования	Значительные деформации несущих конструкций, разрушение большей части перекрытий, стен и оборудования. Восстановление элемента возможно, но сводится по существу к новому строительству с использованием некоторых сохранившихся конструкций и оборудования
Промышленное оборудование (станки, прессы, конвейеры, насосы, компрессоры, генераторы и т. п.)	Повреждение шестерен и передаточных механизмов, обрыв маховиков и рычагов управления. Разрыв приводных ремней. Восстановление возможно без полной разборки, с заменой поврежденных частей	Повреждение и деформация основных деталей, повреждение электропроводки, приборов автоматики. Использование оборудования возможно после капитального ремонта	Смещение с фундаментов, деформация станин, трещины в деталях, изгиб валов и осей, повреждение электропроводки. Ремонт и восстановление, как правило, нецелесообразны
Газгольдеры, резервуары и емкости для нефтепродуктов и сжиженных газов	Небольшие вмятины на оболочке, деформация трубопроводов, повреждение запорной арматуры. Использование возможно после среднего (текущего) ремонта и замены поврежденных деталей	Смещение на опорах, деформация оболочек, подводящих трубопроводов, повреждение запорной арматуры. Использование возможно после капитального ремонта	Срыв с опор, опрокидывание, разрушение и деформация оболочек, обрыв трубопроводов и запорной арматуры. Использование и восстановление невозможно

При взрыве **100** т сжиженного углеводородного газа в заданных условиях:

1. Цех (Здание №1) может оказаться под воздействием воздушной ударной волны с избыточным давлением **60** кПа, что приведет к **среднему** разрушению здания (**Приложение 2**). В здании цеха будут разрушены кровля, перегородки а также части оборудования, повреждены подъемно -транспортные механизмы. Восстановление возможно при капитальном восстановительном ремонте с использованием сохранившихся основных конструкций и оборудования (**Приложение 3**).
2. Жилое здание (Здание №2)...
3. Люди, находящиеся в зданиях получают травмы различной степени тяжести. Пострадавшими могут оказаться **33** человека. Безвозвратные (смертельные) потери могут составить **9** (не ожидаются). Структура потерь приведена в таблице.

Мероприятия по повышению устойчивости
(Д-1987, с.203-206)

Рекомендации,

направленные на уменьшение возможных последствий при взрыве

1. Для исключения косвенного воздействия ударной волны на людей необходимо:
 - разместить емкость, содержащую **100** тонн сжиженного углеводородного газа, на расстояние не ближе **2480** метров от зданий;
 - при нахождении емкости на удалении **300** метров от зданий, уменьшить содержание углеводородов в емкости, до **0,18** тонн;
 - установить на окнах защитные металлические сетки (жалюзи).
2. Предусмотреть установление (заключение) необходимых договоров страхования рисков.
3. Укрепить конструкцию зданий установлением дополнительных колонн, ферм, подкосов и контрфорсов.
4. Изменить способ прокладки коммуникаций. Трубопроводы и кабельные сети прокладывать под землёй.