

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА ПОСЛЕ АВИАЦИОННОГО УДАРА

Исходные данные:

1. Тип боеприпаса – ФАБ-250 (тритонал).
2. Удаление взрыва от здания цеха – 15 м.
3. Здание цеха – тяжелый каркас с крановым оборудованием 60 – 100 т.
4. Технологическое оборудование цеха – тяжелые станки.
5. Длина здания – 100 м.
6. Вероятность непоражения рабочей смены цеха – 0,85.

Решение:

1. Для средней части здания

- 1.1. Избыточное давление во фронте воздушной ударной волны:

$$\Delta P_{\phi} = \frac{1,06}{\bar{R}} + \frac{4,3}{\bar{R}^2} + \frac{14}{\bar{R}^3} = \frac{1,06}{2,94} + \frac{4,3}{2,94^2} + \frac{14}{2,94^3} = 1,44 \text{ кгс/см}^2,$$

где $\bar{R} = \frac{R}{1,12 \sqrt[3]{C_{\text{эф}}}} = \frac{15}{1,12 \sqrt[3]{62 \cdot 1,53}} = \frac{15}{5,1} = 2,94 \text{ м/кг}^{1/3}$.

$$C_{\text{эф}} = C \cdot K_{\text{эф}}; C = 62 \text{ кг (табл. 2); } K_{\text{эф}} = 1,53 \text{ (табл. 1)}.$$

- 1.2. Эквивалентное избыточное давление во фронте воздушной ударной волны ядерного взрыва:

$$\Delta P_{\phi.\text{ЯВ.}} = \frac{\Delta P_{\phi}}{1,66} = \frac{1,44}{1,6} = 0,9 \text{ кгс/см}^2.$$

- 1.3. Обобщенный показатель устойчивости здания цеха:

$$\xi_{\text{зд}} = 1,25 \frac{\Delta P_{\phi.\text{ЯВ.}}}{\Delta P_{\phi.\text{зд}}^*} = 1,25 \frac{0,9}{0,55} = 2,04,$$

где $\Delta P_{\phi.\text{зд}}^* = 0,55 \text{ кгс/см}^2$ (табл. 3 для сильных разрушений).

- 1.4. Обобщенный показатель устойчивости технологического оборудования:

$$\xi_{\text{ТО}} = 1,25 \frac{\Delta P_{\phi.\text{ЯВ.}}}{\Delta P_{\phi.\text{ТО}}^*} K_1 K_2 = 1,25 \frac{0,9}{0,65} \cdot 2 \cdot 1 = 3,46.$$

где $\Delta P_{\phi.\text{ТО}}^* = 0,65 \text{ кгс/см}^2$ (табл. 3 для сильных разрушений).

В случае воздействия воздушной ударной волны взрыва взрывчатого вещества или газозвушной смеси изменение ее параметров при затекании в здание можно не учитывать, т. е. $K_2 = 1,0$, а величину K_1 принимают из следующих выражений:

$$K_1 = \begin{cases} 1, & \text{если } \xi_{\text{зд}} \leq 0,5; \\ 1,15, & \text{если } 0,5 \leq \xi_{\text{зд}} \leq 1,25; \\ K_T, & \text{если } \xi_{\text{зд}} \geq 1,25. \end{cases}$$

$K_T=1,2$ -для зданий с легкими ограждающими конструкциями (из асбестоцементных и металлических профилированных элементов);

$K_T=1,6$ -для зданий с облегченными ограждающими конструкциями (из ребристых плит, панелей);

$K_T=2$ -для зданий с тяжелыми ограждающими конструкциями (сплошных ж.б. плит, кирпичной и блочной кладки).

Так как выполняется условие $\xi_{\text{зд}} (2,04) > 1,25$, то $K_1 = K_T = 2$.

- 1.5. Вероятность выхода из строя здания:

$$P_{\text{вых.зд}} = P_{\text{сил}} + P_{\text{пол}} = 0,1 + 0,9 = 1,$$

где $P_{\text{сил}} = 0,1$, $P_{\text{пол}} = 0,9$ (рис.1 при $\xi_{\text{зд}} = 2,04$).

- 1.6. Вероятность выхода из строя технологического оборудования:

$$P_{\text{вых.ТО}} = P_{\text{сил}} + P_{\text{пол}} = 0 + 1 = 1,$$

где $P_{\text{сил}} = 0$, $P_{\text{пол}} = 1$ (рис.1 при $\xi_{\text{ТО}} = 3,46$).

1.7. Проверка условия необходимости расчета для крайних участков здания:

$$l_{\text{зд}} \leq 0,8R.$$

Так как $l_{\text{зд}}$ (100 м) $> 0,8 \cdot 15 = 12$ м и условие не выполняется, то расчет для крайних участков здания нужен.

2. Для крайних участков здания

2.1. Избыточное давление во фронте ВУВ:

$$\Delta P_{\phi 1} = \frac{1,06}{\bar{R}} + \frac{4,3}{\bar{R}^2} + \frac{14}{\bar{R}^3} = \frac{1,06}{10,24} + \frac{4,3}{10,24^2} + \frac{14}{10,24^3} = 0,15 \text{ кгс/см}^2,$$

$$\text{где } \bar{R} = \frac{R_1}{1,12 \sqrt[3]{C_{\text{эф}}}} = \frac{52,2}{1,12 \sqrt[3]{62 \cdot 1,53}} = \frac{52,2}{5,1} = 10,24 \text{ м/кг}^{1/3}.$$

$$C_{\text{эф}} = C \cdot K_{\text{эф}}; C = 62 \text{ кг (табл. 2); } K_{\text{эф}} = 1,53 \text{ (табл. 1).}$$

где

$$R_1 = \sqrt{R^2 + \left[0,4R + \frac{1}{2}(l_{\text{зд}} - 0,8R)\right]^2} = \sqrt{15^2 + \left[0,4 \cdot 15 + \frac{1}{2}(100 - 0,8 \cdot 15)\right]^2} = 52,2 \text{ м.}$$

2.2. Эквивалентное избыточное давление во фронте воздушной ударной волны ядерного взрыва:

$$\Delta P_{\phi, \text{ЯВ.1}} = \frac{\Delta P_{\phi 1}}{1,66} = \frac{0,15}{1,6} = 0,1 \text{ кгс/см}^2.$$

2.3. Обобщенный показатель устойчивости здания цеха:

$$\xi_{\text{зд1}} = 1,25 \frac{\Delta P_{\phi, \text{ЯВ1}}}{\Delta P_{\phi, \text{зд}}^*} = 1,25 \frac{0,1}{0,55} = 0,23.$$

2.4. Обобщенный показатель устойчивости технологического оборудования:

$$\xi_{\text{Т10}} = 1,25 \frac{\Delta P_{\phi, \text{ЯВ1}}}{\Delta P_{\phi, \text{ТО}}^*} K_1 K_2 = 1,25 \frac{0,1}{0,65} \cdot 1 = 0,19,$$

где $K_1 = 1$, так как $\xi_{\text{зд1}} (0,23) < 0,5$; $K_2 = 1$, так как затекание воздушной ударной волны в здание не учитывается.

2.5. Вероятность выхода из строя здания:

$$P_{\text{вых.зд1}} = P_{\text{сил}} + P_{\text{пол}} = 0 + 0 = 0,$$

где $P_{\text{сил}} = 0$, $P_{\text{пол}} = 0$ (рис. 3.1 при $\xi_{\text{зд1}} = 0,23$).

2.6. Вероятность выхода из строя технологического оборудования:

$$P_{\text{вых.ТО1}} = P_{\text{сил}} + P_{\text{пол}} = 0 + 0 = 0,$$

где $P_{\text{сил}} = 0$, $P_{\text{пол}} = 1$ (рис. 3.1 при $\xi_{\text{ТО1}} = 0,19$).

2.7. Вероятность выхода из строя всего здания определяется пропорционально длинам среднего и крайних участков здания:

$$P_{\text{вых.зд1}}^* = \frac{0,8R}{l_{\text{зд}}} \cdot P_{\text{вых.зд}} + \frac{l_{\text{зд}} - 0,8R}{l_{\text{зд}}} \cdot P'_{\text{вых.зд}} = \frac{0,8 \cdot 15}{100} \cdot 1 + \frac{100 - 0,8 \cdot 15}{100} \cdot 0,5 = 0,56,$$

где $P'_{\text{вых.зд}}$ – средняя арифметическая вероятность выхода из строя здания:

$$P'_{\text{вых.зд}} = \frac{P_{\text{вых.зд}} + P_{\text{вых.зд1}}}{2} = \frac{1 + 0}{2} = 0,5.$$

2.8. Вероятность выхода из строя всего технологического оборудования:

$$P_{\text{вых.ТО}}^* = \frac{0,8R}{l_{\text{зд}}} \cdot P_{\text{вых.ТО}} + \frac{l_{\text{зд}} - 0,8R}{l_{\text{зд}}} \cdot P'_{\text{вых.ТО}} = \frac{0,8 \cdot 15}{100} \cdot 1 + \frac{100 - 0,8 \cdot 15}{100} \cdot 0,5 = 0,56,$$

где $P_{\text{вых.ТО}}^*$ – средняя арифметическая вероятность выхода из строя технологического оборудования:

$$P'_{\text{вых.ТО}} = \frac{P_{\text{вых.ТО}} + P_{\text{вых.ТО1}}}{2} = \frac{1 + 0}{2} = 0,5.$$

2.9. Производственные возможности цеха:

$$Q_{ц} = q_{пер} q_{ТО} = 0,85 \cdot 0,44 = 0,37,$$

где $q_{ТО}$ – вероятность непоражения технологического оборудования:

$$q_{ТО} = 1 - P^*_{вых.ТО} = 1 - 0,56 = 0,443.$$

Вывод: производственные возможности цеха составляют 37 % от нормативных.

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Таблица 1.

Коэффициент эффективности ВВ по отношению к тротилу

Вид ВВ	Тротил	Трионал	Гремучая смесь	ТНРС	Гексоген	ТЭН	Тетрил	Аммагол	АММОНИТ овая селитра	Дымный порошок
$K_{эф}$	1,0	1,53	0,41	0,39	1,3	1,39	1,12	0,66	0,34	0,66

Таблица 2.

Вес заряда взрывчатого вещества в боеприпасах С и число разрушаемых перекрытий $N_{пер}$

Калибр авиабомбы (фунтов). Индекс ракеты	Вес ВВ, кг (трионал)	Число разрушаемых перекрытий $N_{пер}$
100	28	1-2
250	62	1-2
500	128	2-3
750	177	3-4
1000	270	4-5
2000	536	4-5
3000	896	7-8
УР «Булапп»	170 (тротил)	4-5
УР «Мейверик»	-	1-2
УР «Мартель»	55	2-3

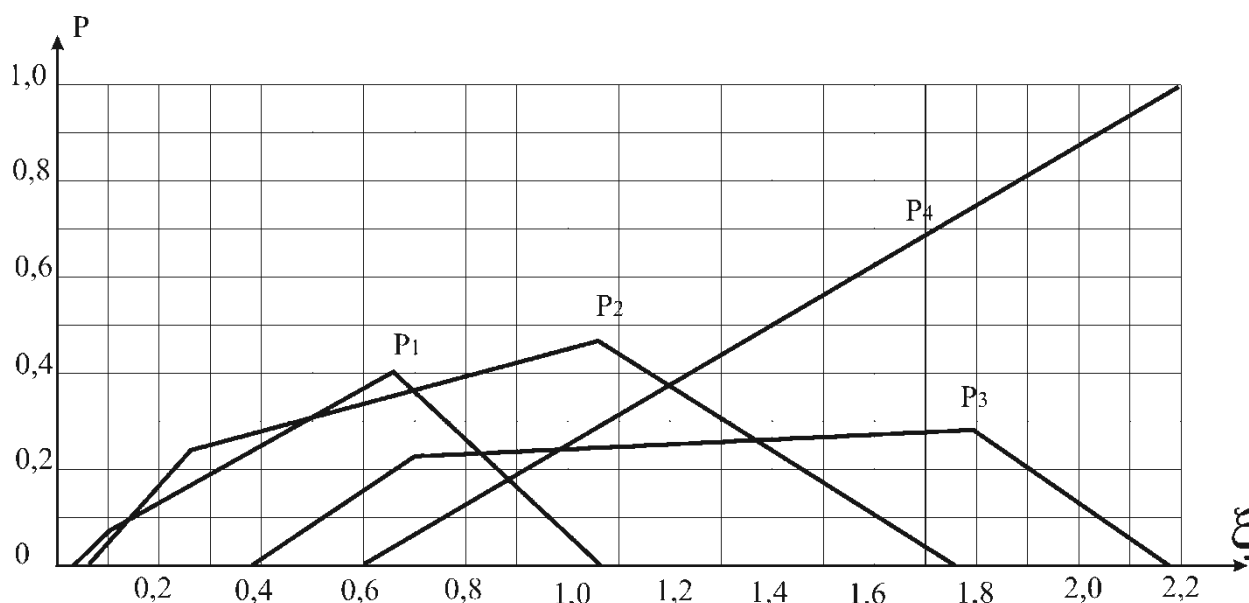


Рис. 1. Вероятности разрушения здания (сооружения) и повреждения технологического оборудования различной степени в зависимости от величины обобщенного показателя устойчивости $\xi_{зд}$ ($\xi_{ТО}$): P_1 – слабая; P_2 – средняя; P_3 – сильная; P_4 – полная степень разрушения

Таблица 3.

Степени разрушения сооружений, зданий и технологического оборудования объектов экономики при воздействии ударной волны ядерного взрыва

№ п/п	Сооружения, здания, технологическое оборудование	Избыточное давление во фронте ударной волны $\Delta P_{\text{ф.зд}}^*$, $\Delta P_{\text{ф.ТО}}^*$, кгс/см ² , вызывающее разрушения		
		слабое	среднее	сильное
1	Производственное здание с тяжелым каркасом и крановым оборудованием: до 50 т; 60-100 т.	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5
2		0,2-0,4	0,4-0,5	0,5-0,6
3	Производственное и жилое здание с тяжелым каркасом (металлическим или железобетонным)	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5
4	Производственное здание: с легким металлическим каркасом; кирпичное бескаркасное.	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4
5		0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4
6	Кирпичные здания: малоэтажные (один-два этажа); многоэтажные (три и более)	0,1-0,15	0,15-0,25	0,25-0,35
7		0,08-0,12	0,12-0,20	0,2-0,3
8	Станки тяжелые	0,25-0,40	0,4-0,6	0,6-0,7
9	Станки средние	0,15-0,25	0,25-0,35	0,35-0,45
10	Станки легкие	0,06-0,12	-	0,15-0,25
11	Краны и крановое оборудование	0,2-0,3	0,3-0,5	0,5-0,7
12	Подъемно-транспортное оборудование	0,2	0,5-0,6	0,6-0,8
13	Гидравлические прессы	0,3-0,4	0,4-0,6	0,6-0,7
14	Трансформаторы от 100 до 1000 кВ	0,2-0,3	0,3-0,5	0,5-0,6
15	Турбины электростанций	0,4-0,5	0,5-0,8	0,8-0,9
16	Котлы электростанций	0,5-0,6	0,6-0,9	1
17	Котельные, регуляторные станции в кирпичных зданиях	0,07-0,13	0,13-0,25	0,25-0,35
18	Турбины электростанций	0,4-0,5	0,5-0,8	0,8-0,9
19	Воздушные линии: низкого напряжения;	0,2-0,4	0,6-1	1-1,6