

Составитель И.В.Михневич, С.Д.Николенко

Последствия применения ядерного оружия: метод. указания к решению задач по основам безопасности жизнедеятельности для студ. строительного-политехнического колледжа / ВГТУ; сост.:И.В.Михневич, С.Д.Николенко. – Воронеж, 2021. – 17 с.

Приведены исходные данные и порядок решения задач по прогнозированию и оценке вероятных последствий применения ядерного оружия, включая определение степени возможных разрушений зданий и сооружений, а также возможных потерь среди населения.

Предназначены для студентов строительного-политехнического колледжа.

Ил. 3. Табл. 8. Библиогр.: 6 назв.

Прогнозирование вероятных последствий применения ядерного оружия

Краткие теоретические сведения

Одной из наиболее разрушительных чрезвычайных ситуаций военного времени (характера) является применение противником ядерного оружия. Основными поражающими факторами ядерного взрыва являются: ударная волна, световое излучение, проникающая радиация и радиоактивное заражение местности, которые образуются при ядерных превращениях.

Воздушная ударная волна (ВУВ) образуется в момент развития ядерной реакции за счет быстрого расширения газов, находящихся в огненном шаре, и распространяется во все стороны от центра взрыва со скоростью, значительно превышающей скорость звука в воздухе. Граница, проходящая между слоями воздуха с повышенным давлением и невозмущенной средой, называется *фронтом воздушной ударной волны*.

Плотность воздуха во фронте воздушной ударной волны характеризуется избыточным давлением, которое обозначается ΔP_{ϕ} и обычно измеряется в кгс/см² или кПа.

Воздействие воздушной ударной волны ядерного взрыва на сооружение характеризуется сложным комплексом нагрузок (избыточное давление, давление отражения обтекания, скоростного напора и т.д.). При воздействии воздушной ударной волны ядерного взрыва здания и сооружения могут получить различные степени разрушений, которые принято делить на полные, сильные, средние и слабые.

Полные разрушения. Зона полных разрушений характеризуется разрушением всех основных несущих конструкций наземных зданий и сооружений. В этой зоне образуются завалы из обломков строительных конструкций, оборудования, мебели и других предметов. На образование завалов в этих зонах идет до 70% строительных материалов, оборудования и других предметов, находящихся в зданиях.

При полных разрушениях в убежищах происходит обрушение перекрытий, разрушение входов, защитных дверей и элементов внутреннего оборудования. Все укрывающиеся погибают преимущественно в момент разрушения убежищ.

Сильные разрушения. При сильных разрушениях происходит обрушение большей части несущих конструкций наземных зданий и сооружений. Могут сохраниться подвалы с наиболее прочными перекрытиями, часть каркаса и стены нижних этажей.

При сильных разрушениях в убежищах происходят значительные деформации основных конструктивных элементов. Входы и воздухозаборные устройства, как правило, разрушаются. Укрывающиеся чаще всего остаются живы, но получают поражения различной тяжести. Для эвакуации укрывающихся необходима помощь спасательных формирований. При сильных разрушениях на мостах наблюдаются разрушения или значительные деформации отдельных элементов пролетных строений и повреждения промежуточных опор. Движение по мостам может быть восстановлено после проведения работ по усилению деформированных конструкций и ремонту настила.

Средние и слабые разрушения. При средних и слабых разрушениях основные

конструкции зданий сохраняются, а разрушаются и повреждаются в основном только второстепенные элементы (двери, перегородки, крыши, легкие пристройки и т. п.). На наружных стенах зданий, обращенных к центру взрыва, возможно образование трещин, а в отдельных местах и отколы. В этой зоне образуются незначительные завалы, которые не являются препятствием для продвижения транспорта и ведения спасательных работ.

При средних и слабых разрушениях в убежищах основные конструктивные элементы подвергаются незначительным деформациям. Возможно частичное разрушение входов, образование в них завалов. Укрывающиеся в таких убежищах люди, как правило, не получают особых повреждений.

Разрушения на коммунально-энергетических сетях (КЭС). Полные разрушения на сетях коммунально-энергетического хозяйства и технологических трубопроводах характеризуются разрывами электрических кабелей, разрушением на значительных участках трубопроводов, опор воздушных линий электропередач и т. п. Возможно затопление местности в результате прорыва водопроводов, а также загазованность отдельных участков территории жилых кварталов и промышленных объектов.

При сильных и средних разрушениях на сетях и трубопроводах происходят разрывы и деформации на отдельных участках подземных сетей, деформации и разрушения отдельных опор воздушных линий электропередач и связи, а также разрывы и повреждения технологических трубопроводов.

Слабые разрушения сетей и коммуникаций характеризуются незначительными разрушениями и поломками отдельных конструктивных элементов.

Воздействие светового излучения. В результате воздействия светового излучения, образующегося при ядерном взрыве, в зданиях и сооружениях могут возникнуть очаги возгораний. Мощность светового излучения обычно характеризуется количеством световой энергии, излучаемой огненным шаром, на 1 см^2 поверхности преграды, расположенной перпендикулярно направлению распространения светового потока. Эту энергию принято называть световым импульсом и измерять в калориях на квадратный сантиметр ($\text{кал}/\text{см}^2$).

Основными видами пожаров в городском очаге ядерного поражения принято считать отдельные и массовые пожары, которые при определенных условиях могут перерасти в сплошные.

Основными видами поражения людей в очагах ядерных взрывов мощностью будут: травмы от воздействия воздушной ударной волны, ожоги различной степени.

Задание

Спрогнозировать вероятную обстановку при возможном применении ядерного оружия по населенному пункту с характеристиками, указанными в табл.1.2. В табл. 1.1 приведены характеристики средств нападения и атмосферы во время их применения.

Степень поражения населенного пункта необходимо определить с учетом количества аварий на коммунально-энергетических сетях. Кроме этого, необходимо определить количество и структуру возможных людских потерь.

Таблица 1.1

Характеристики ядерного средства нападения и атмосферы

№ варианта	Вид взрыва	Мощность взрыва, Мт	Расстояние от эпицентра взрыва R, км	Степень прозрачности атмосферы K, км ⁻¹
1	воздушный	0,1	3	0,01
2		0,2	4	0,04
3		0,3	5	0,1
4		0,5	5	0,2
5		1,0	6	0,3
6		2,0	7	0,4
7		3,0	7	0,01
8		5,0	7	0,04
9		5,0	8	0,1
10		10,0	10	0,3
11		10,0	12	0,04
12		10,0	16	0,04
13		1,0	8	0,1
14	наземный	0,1	4	0,2
15		0,2	4	0,3
16		0,3	4	0,4
17		0,5	4	0,01
18		1,0	4	0,04
19		2,0	6	0,1
20		3,0	6	0,2
21		5,0	8	0,3
22		10,0	8	0,4
23		0,2	3	0,01
24		3,0	5	0,4
25		5,0	10	0,1
26		3,0	11	0,3
27		10	13	0,1
28		5,0	15	0,3
29		1,0	6	0,04
30		3,0	5	0,01

Характеристики населенного пункта

№ варианта	Площадь населенного пункта, км ² / Количество жителей, тыс. чел.	Вид здания	Этажность зданий	Вид защитного сооружения
1	40/40	Кирпичное многоэтажное	9	Подвальное убежище с защитой до 1кг/см ²
2	45/20	Кирпичное малоэтажное	2	Подвал без усиления несущих конструкций
3	50/30	Крупнопанельное	5	Подвальное убежище с защитой до 1кг/см ²
4	60/65	Крупнопанельное	9	Подвальное убежище с защитой до 1кг/см ²
5	180/100	Кирпичное многоэтажное	9	Подвальное убежище с защитой до 0,5кг/см ²
6	150/55	Кирпичное малоэтажное	2	Подвал без усиления несущих конструкций
7	200/120	Крупнопанельное	5	Подвальное убежище с защитой до 1кг/см ²
8	235/180	Крупнопанельное	9	Подвальное убежище с защитой до 0,5кг/см ²
9	292/210	Кирпичное многоэтажное	9	Отдельно стоящее убежище с защитой до 3,5кг/см ²
10	310/190	Крупнопанельное	5	Отдельно стоящее убежище с защитой до 1кг/см ²
11	390/250	Крупнопанельное	9	Подвал без усиления несущих конструкций
12	500/300	Кирпичное многоэтажное	9	Подвальное убежище с защитой до 1кг/см ²
13	190/120	Кирпичное малоэтажное	3	Подвал без усиления несущих конструкций
14	50/30	Крупнопанельное	5	Подвал без усиления несущих конструкций
15	80/50	Крупнопанельное	9	Подвальное убежище с защитой до 1кг/см ²

Продолжение табл. 1.2

№ варианта	Площадь населенного пункта, км ² / Количество жителей, тыс. чел.	Вид здания	Этажность зданий	Вид защитного сооружения
16	95/60	Кирпичное многоэтажное	9	Подвальное убежище с защитой до 1кг/см ²
17	120/75	Кирпичное малоэтажное	2	Подвальное убежище с защитой до 0,5кг/см ²
18	180/95	Крупнопанельное	5	Подвальное убежище с защитой до 1кг/см ²
19	230/140	Кирпичное многоэтажное	9	Подвальное убежище с защитой до 1кг/см ²
20	300/120	Крупнопанельное	5	Подвальное убежище с защитой до 1кг/см ²
21	340/165	Крупнопанельное	9	Отдельно стоящее убежище с защитой до 1кг/см ²
22	380/195	Кирпичное многоэтажное	9	Отдельно стоящее убежище с защитой до 3,5кг/см ²
23	140/95	Кирпичное малоэтажное	5	Подвал без усиления несущих конструкций
24	390/210	Кирпичное многоэтажное	9	Подвальное убежище с защитой до 0,5кг/см ²
25	170/120	Крупнопанельное	5	Подвал без усиления несущих конструкций
26	330/200	Кирпичное многоэтажное	9	Отдельно стоящее убежище с защитой до 3,5кг/см ²
27	570/210	Кирпичное малоэтажное	2	Подвал без усиления несущих конструкций
28	440/295	Крупнопанельное	9	Подвальное убежище с защитой до 1кг/см ²

№ варианта	Площадь населенного пункта, км ² / Количество жителей, тыс. чел.	Вид здания	Этажность зданий	Вид защитного сооружения
29	400/300	Кирпичное многоэтажное	9	Подвал без усиления несущих конструкций
30	160/86	Кирпичное малоэтажное	5	Подвальное убежище с защитой до 0,5кг/см ²

Количество защитных сооружений принимаем самостоятельно, ориентировочно одно защитное сооружение на тысячу жителей.

Примечание: отдельно стоящие убежища с защитой до 1 кг/см² имеют вход без одежды крутостей, с защитой до 3,5 кг/см² - с одеждой крутостей.

3. Ход решения задачи

Определение характера разрушения населенного пункта

Степень поражения населенного пункта можно определить двумя способами: графическим и аналитическим.

При аналитическом способе степень поражения населенного пункта при одиночном ядерном ударе определяется в следующем порядке:

1. По номограмме (рис. 1.1) определяются радиусы поражения R_n - радиусы зон, в которых избыточное давление во фронте ВУВ принимает значение, характерное для n-ной зоны разрушений (рис. 1.2);

Пример. Требуется определить, на каком расстоянии от эпицентра воздушного взрыва мощностью 5 Мт создается давление во фронте ударной волны, равное 0,5 кгс/см².

На вертикальной шкале номограммы находим $\Delta P_{\phi} = 0,5 \text{ кгс/см}^2$ и проводим горизонтальную прямую до пересечения с кривой, соответствующей воздушному взрыву (точка а). Из точки а проводим вертикальную линию до пересечения с линией $q = 5 \text{ Мт}$ в нижней части номограммы (точка б). На шкале расстояний напротив точки б находим ответ — 7,5 км.

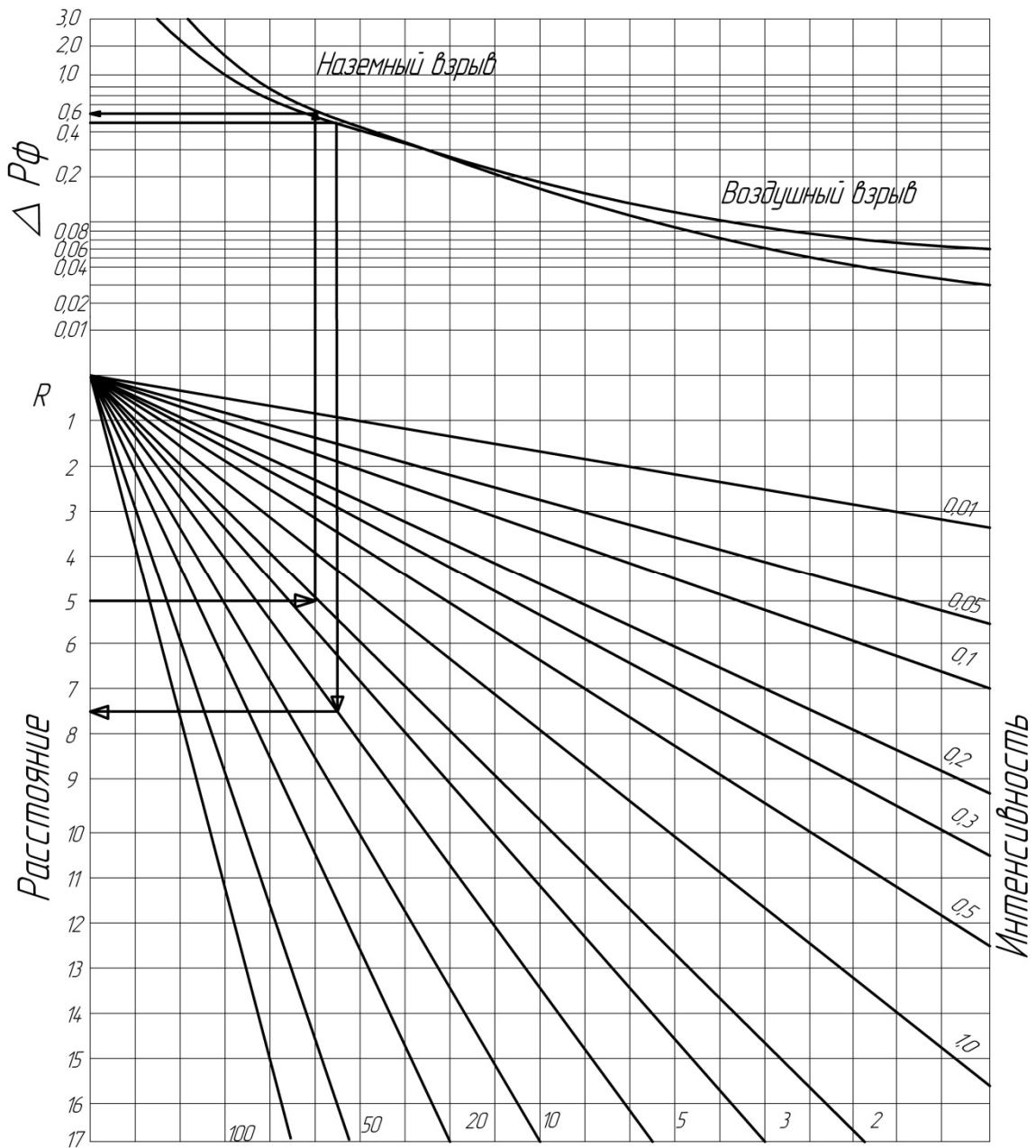


Рис. 1.1. Номограмма для определения величины давления во фронте ударной волны при наземных и воздушных ядерных взрывах

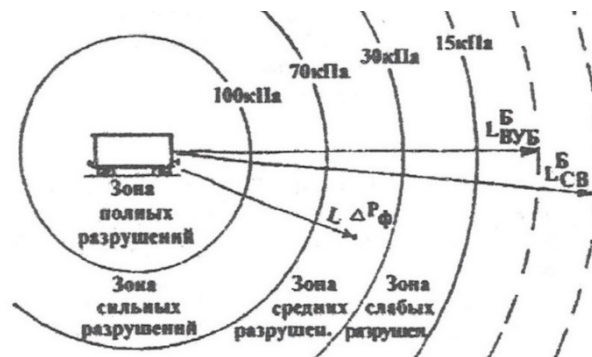


Рис. 1.2 Схема очага взрыва по совокупности зон разрушения.

2. Далее определяем площади зон поражения (S_n) используя формулу площади круга

$$S = \pi R^2, (1.1)$$

3. Вычисляем степень поражения населенного пункта D по формуле (1.2);

$$D = \frac{S_{0,3}}{S_r}, \quad (1.2)$$

где $S_{0,3}$ - площадь зоны поражения населенного пункта, в которой избыточное давление во фронте ВУВ составляет $\Delta P_{\text{ф}} \geq 30$ кПа ($0,3$ кгс/см²), км²;
 S_r – площадь населенного пункта, км².

4. По табл. 1.3 определяется обобщенный характер разрушения застройки населенного пункта.

Таблица 1.3

Степень поражения населенного пункта и характер разрушения застройки

Степень поражения населенного пункта D	Характер разрушения застройки
$D < 0,2$	Слабый
$0,2 \leq D < 0,5$	Средний
$0,5 \leq D < 0,8$	Сильный
$D \geq 0,8$	Полный

5. Делаем заключение о характере разрушения населенного пункта.

Определение показателей инженерной обстановки

В учебных целях будем учитывать не все факторы, а использовать номограммы, таблицы и формулы, которые усреднено их учитывают. При необходимости значения величин выбирают с помощью интерполяции.

Определение степени разрушения заданных зданий и сооружений производится в следующей последовательности:

1. Для заданных вида и мощности взрыва, а также расстояния от центра взрыва до сооружения (табл. 1.1) по номограмме (рис.1.1) определяется величина избыточного давления во фронте воздушной ударной волны.

Пример. Требуется определить величину давления во фронте ударной волны на удалении 5 км от центра наземного взрыва мощностью 2 Мт.

На шкале расстояний находим $R = 5$ км и проводим от него горизонтальную прямую до пересечения с линией $q = 2$ Мт (точка в). Из этой точки проводим прямую линию до пересечения в верхней части номограммы с кривой, соответствующей наземному взрыву (точка г). Напротив точки г на шкале давлений определяем результат — $0,6$ кгс/см².

2. Для найденного избыточного давления и заданного (или аналогичного ему) здания, сооружения по табл. 1.4 определяется степень разрушения.

Выписываем из табл. 1.4 степень разрушения зданий и убежищ в соответствии

с заданием в исходных данных (табл. 1.2). Из пункта 1.1 (общие положения) выписываем характеристику, соответствующую такой степени повреждения.

Для крупнопанельных зданий степень разрушения принимаем как для бетонных и железобетонных зданий. Для всех видов зданий определяем степень разрушения остеклений по табл. 1.5.

Для отдельно стоящих убежищ определяем степень разрушений входов, чтобы определить, завалено убежище или нет. Встроенные убежища считаются заваленными при полных и сильных разрушениях. Подача воздуха требуется примерно в 15% заваленных убежищ. Количество убежищ принимаем самостоятельно, ориентировочно одно на тысячу жителей.

Таблица 1.4

Величины избыточного давления, кг/см², характеризующие степень разрушения сооружений

Тип зданий и сооружений	Степень разрушения			
	Полное	Сильное	Среднее	Слабое
Жилые и промышленные здания				
Многоэтажные кирпичные	0,4-0,3	0,3-0,2	0,2-0,12	0,12-0,08
Малозэтажные кирпичные	0,45-0,35	0,35-0,25	0,25-0,15	0,15-0,08
Деревянные дома	0,3-0,2	0,2-0,12	0,12-0,08	0,08-0,06
Промышленные здания с тяжелым металлическим каркасом	>0,6	0,6-0,4	0,4-0,3	0,3-0,1
Промышленные здания с легким каркасом и без каркаса	>0,5	0,5-0,3	0,3-0,2	0,2-0,1
Бетонные и железобетонные здания антисейсмической конструкции	>2	2-1,5	1,5-0,8	0,8-0,3
Складские кирпичные здания	>0,4	0,4-0,3	0,3-0,2	0,2-0,1
Разрушение остекления зданий	0,07-0,02	0,07-0,02	0,02-0,01	0,02-0,01
Сооружения и сети коммунального хозяйства и энергетики				
Сооружения: Распределительные и трансформаторные подстанции	0,7	0,7-0,6	0,6-0,4	0,4-0,3
Котельные и другие сооружения в кирпичных зданиях	0,45-0,35	0,35-0,25	0,25-0,15	0,15-0,07
Заглубленные резервуары	>2	-	2-0,5	0,5-0,2
Сети коммунального хозяйства: Подземные сети (разводящие газовые, водопроводные, канализационные)	>15	15-10	10-6	6-1,3

Тип сооружений и сооружений	Степень разрушения			
	Полное	Сильное	Среднее	Слабое
Наземные трубопроводы	-	1,3	-	-
Трубопроводы, заглубленные на 20 см	-	-	3,5-2,5	-
Смотровые колодцы и задвижки коммунальных сетей	12-10	10	6	4-2
Электрические сети: Кабельные подземные линии	-	15-10	-	-
Кабельные наземные линии	-	-	0,5-0,3	-
Воздушные линии высокого напряжения	>1,2	1,2-0,8	0,7-0,5	-
Воздушные линии низкого напряжения	-	1,6-1	1-0,6	0,6-0,2
Защитные сооружения				
Отдельно стоящие убежища: рассчитанные на давление до 3,5 кг/см ² рассчитанные на давление до 1 кг/см ²	>7,5	-	7,5-6	6-0,4
	>2	-	2-1,5	1,5-1
Подвальные убежища: рассчитанные на давление до 1 кг/см ² рассчитанные на давление до 0,5 кг/см ²	>1,5	-	1,5-1	1-0,7
	>1	-	1-0,4	0,4-0,3
Подвалы (без усиления несущих конструкций)	>1	-	1-0,3	0,3-0,2
Укрытия простейшего типа с защитой 0,3 кг/см ²	>0,8	-	0,8-0,5	0,5-0,3
Входы в убежища с одеждой крутостей	>1,2	-	1,2-0,4	0,4-0,3
Входы в убежища без одежды крутостей	>0,8	-	0,8-0,4	0,4-0,3

3. Определяем количество аварий на коммунальных и энергетических сетях по формуле

$$P_{ав} = S_r \cdot C \cdot K_n, \text{ед}, \quad (1.3)$$

где S_r - площадь населенного пункта, км²;

C - коэффициент, принимаемый равным 0,28;

K_n - коэффициент пересчета, равный $D/0,7$, значение D по пункту 1.3.1.

1.3.3. Оценка пожарной обстановки при ядерном взрыве

Величина светового импульса зависит от вида и мощности ядерного взрыва, удаленности от его центра, а также от прозрачности атмосферы. Степень прозрачности атмосферы принято оценивать коэффициентом K , характеризующим степень ослабления светового потока.

Величина светового импульса определяется по номограмме (рис. 1.3), учитывающей все вышеперечисленные параметры.

Порядок пользования номограммой показан на примерах. Левая часть номограммы – шкала расстояний, км. Правая часть – шкала световых импульсов, кал/см². Прямые линии характеризуют мощность взрыва. Кривые линии характеризуют степень ослабления светового потока K .

Последовательность решения:

1) по номограмме (рис. 1.3), зная расстояние от эпицентра, мощность взрыва и степень прозрачности атмосферы, определяется величина светового импульса для наземного взрыва, импульс для воздушного взрыва получается умножением полученных значений на 1,8;

Пример. Определить величину светового импульса на расстоянии 10 км от центра наземного взрыва мощностью 5 Мт при значении $K=0,2$ км⁻¹.

Из точки $R=10$ км проводим горизонтальную прямую до кривой со значением $K=0,2$ км⁻¹ (точка В), а из нее проводим вертикальную прямую до прямой $q=5$ Мт в верхней части номограммы (точка Г). Напротив точки Г на шкале импульсов находим ответ—11 кал/см².

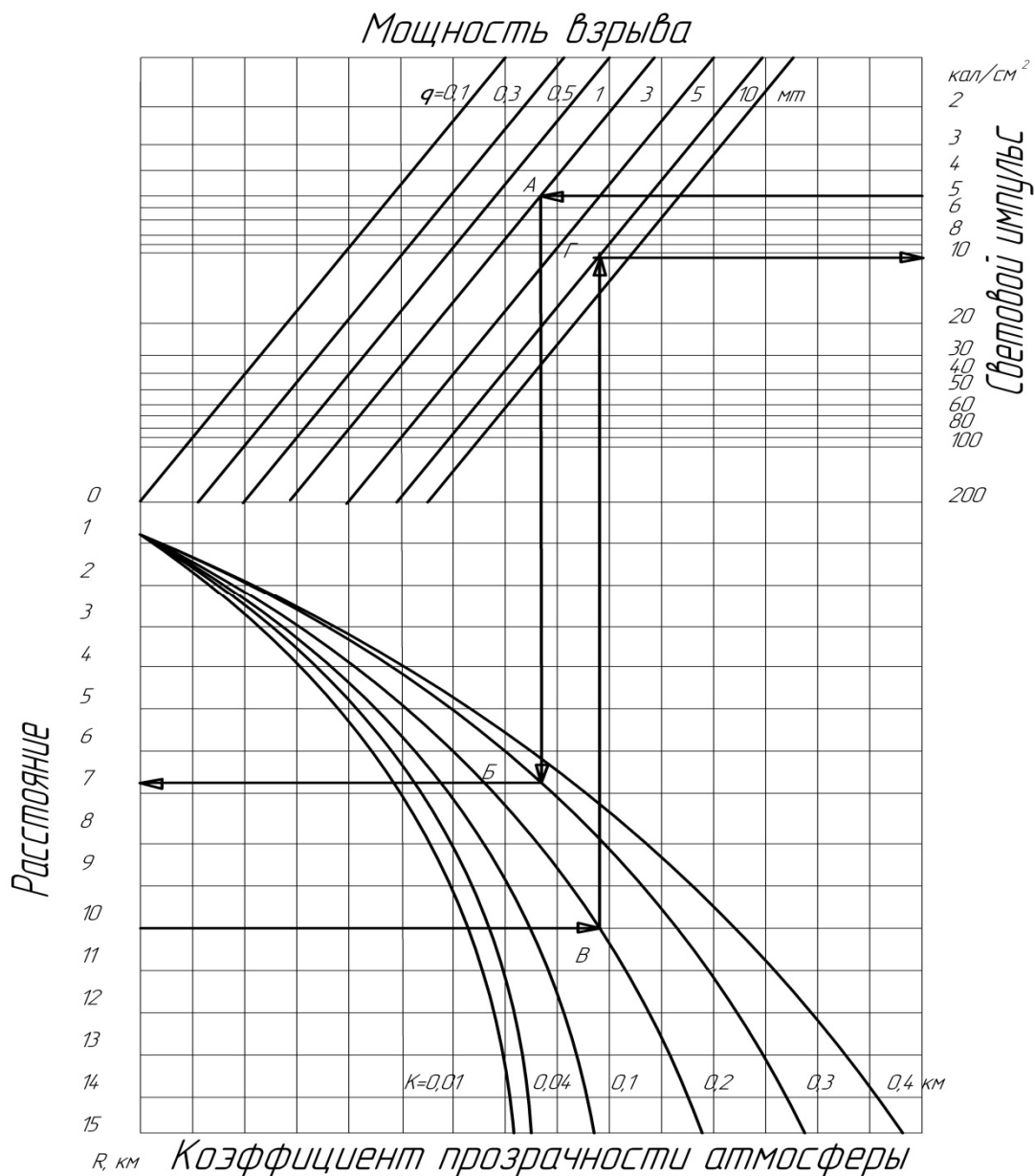


Рис. 1.3. Номограмма для определения величины светового импульса при наземных ядерных взрывах

2. По таблице (табл. 1.5) определяем материалы, которые будут устойчиво гореть в сухом состоянии и, следовательно, могут вызвать пожар.

Таблица 1.5

Величины световых импульсов, при которых происходит воспламенение различных материалов

Наименование материала	Величина светового импульса вызывающего устойчивое горение, кал/см ²
Белая бумага, хлопчатобумажная ткань темного света, трава	7-11
Лес и лесонасаждения при сухой погоде, без снегового покрова	4-9
Обрывки газет, черная бумага, сено	2-6
Сосновый и еловый лес	12-18
Шторы хлопчатобумажные, занавеси	15-17
Доски сосновые в штабелях	10-20

Брезент палаточный	15
Хлопчатобумажные белые накладки, простыни	33
Покрывала из грубошерстных тканей, одеяла	31
Доски, окрашенные в белый цвет	100-150

3. По величине светового импульса делаем вывод о возможности возникновения пожара при наличии конкретных материалов.

Определение количества и структуры возможных потерь населения в очаге ядерного взрыва

Потери в зоне ядерного взрыва подразделяются на безвозвратные и санитарные. К безвозвратным потерям принято относить убитых и умерших до оказания медицинской помощи. К санитарным потерям принято относить пораженных, поступающих на лечение в медицинские учреждения. Пораженные без утраты трудоспособности в число санитарных потерь не включаются. По тяжести поражения среди санитарных потерь различают: тяжелые (крайне тяжелые), средней тяжести (средние) и легкие поражения.

Тяжелые (к ним относятся и крайне тяжелые) поражения опасны для жизни. Они нередко сопровождаются осложнениями и приводят к смертельному исходу. Срок лечения пострадавших с тяжелыми поражениями - более 2 месяцев.

Средней тяжести (средние) поражения в большинстве случаев не представляют опасности для жизни, но при развитии осложнений могут наблюдаться и смертельные исходы. Срок лечения пострадавших с такими поражениями - 1 - 2 месяца.

Легкие поражения характеризуются незначительными повреждениями организма человека, срок лечения 7 - 15 дней, а в отдельных случаях - до 1 месяца.

Последовательность решения:

1. По табл. 1.6-1.8 в зависимости от степени разрушения застройки находим структуру возможных потерь для соответствующих заданию видов зданий и защитных сооружений (убежищ). Крупнопанельные дома относим к железобетонной застройке.

Таблица 1.6

Структура возможных потерь в зонах разрушения железобетонной городской застройки

Показатели	Потери, %, в зонах разрушения застройки			
	полного	сильного	среднего	слабого
Всего потерь	77	37	20	7
Безвозвратные	55	6	-	-
Санитарные	22	31	20	7
В том числе: тяжелые	12	-	-	-
средние	10	4	-	-
легкие	-	27	20	7

2. Выписываем процентные соотношения возможных потерь, делаем расчет потерь, беря процент от общего количества населения. Расчет оформляем в

табличной форме (см. табл. 1.7, 1.8). Выписываем краткую характеристику потерь из данного пункта.

Принимаем количество людей, находящихся в убежищах, равным 10 % от общего числа.

Таблица 1.7

Структура возможных потерь в зонах разрушения кирпичной городской застройки

Показатели	Потери, %, в зонах разрушения застройки			
	полного	сильного	среднего	слабого
Всего потерь	90	50	40	15
Безвозвратные	80	15	10	-
Санитарные	10	35	30	15
В том числе: тяжелые	5	15	10	-
средние	5	7	10	-
легкие	-	13	10	15

Таблица 1.8

Структура возможных потерь в зонах разрушения убежищ

Показатели	Потери, %, в зонах разрушения застройки			
	полного	сильного	среднего	слабого
Всего потерь	100	75	45	5
Безвозвратные	100	25	-	-
Санитарные	-	50	45	5
В том числе: тяжелые	-	50	15	-
средние	-	-	30	-
легкие	-	-	-	5