

Министерство сельского хозяйства РФ

ФГОУ ВПО «БРЯНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

КАФЕДРА БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Лумисте Е.Г., Ляхова Л.А.

РАСЧЕТ ЗОН ПОРАЖЕНИЯ ПРИ ВЗРЫВАХ

Методические указания к практической работе

Брянск 2009

УДК 662.2
ББК 68.9
Л 82

Лумисте Е.Г., Ляхова Л.А. Расчет зон поражения при взрывах. Методические указания к практической работе.- Брянск, 2009. – 22 с.

Р е ц е н з е н т:
д.т.н., профессор Маркарянц Л.М.

В методических указаниях рассмотрены ядерные взрывы, взрывы взрывчатых веществ, зоны поражения, приведена методика определения радиусов зон поражения, степени разрушения зданий и сооружений и потерь среди населения.

Для студентов всех специальностей

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического факультета Брянской ГСХА, протокол № 2 от «24» марта 2009 г

© Брянская ГСХА, 2009
© Лумисте Е.Г., 2009
© Ляхова Л.А., 2009

Цель работы. Изучение методики расчета очага поражения при взрывах взрывчатых веществ и ядерных.

Содержание работы. Изучить порядок определения избыточного давления и радиусов зон поражения при взрыве взрывчатых веществ и ядерном, рассчитать основные характеристики очагов поражения и определить последствия для людей и сооружений.

Общие сведения. В классификации чрезвычайных ситуаций по причинам возникновения особую группу представляют социально-политические конфликты. Под социально-политическими конфликтами понимают крайне острую форму разрешения противоречий между государствами с применением современных средств поражения, а также межнациональные кризисы, сопровождающиеся насилием.

К современным средствам поражения относятся различные виды оружия, среди которых особую группу представляют основанные на взрывных явлениях - ядерное, нейтронное, тектоническое, боеприпасы объемного взрыва.

Под взрывом понимают широкий круг явлений, связанных с выделением за очень короткий промежуток времени большого количества энергии в ограниченном пространстве. Взрывы обычно связаны с превращениями вещества в результате химической реакции или ядерных превращений.

Очаг ядерного поражения и взрыва взрывчатых веществ может явиться следствием производственной аварии, например, при ядерных взрывах на радиационно-опасных объектах, при неправильной транспортировке и хранении ВВ.

Порядок выполнения работы

1. Изучить классификацию ядерных взрывов.
2. Изучить основные характеристики очага ядерного поражения.
3. Законспектировать методику определения радиусов зон поражения и избыточного давления ядерного взрыва.
4. Изучить виды взрывчатых веществ.
5. Законспектировать методику определения радиусов зон поражения и избыточного давления взрыва взрывчатых веществ.
6. Изучить методику определения последствий взрывов для людей и объектов.
7. Решить задачи по вариантам.
8. Ответить на контрольные вопросы.

1. Методика определения размеров зон поражения при взрывах

1.1. Ядерный взрыв

Боеприпасы, действие которых основано на использовании внутриядерной энергии, выделяющейся при взрывных ядерных реакциях, называются ядерным оружием (рисунок 1).



Рисунок 1 – Наземный ядерный взрыв

Ядерные боеприпасы, взрывы которых сопровождаются повышенным нейтронным излучением, называют нейтронными.

Ядерные взрывы могут быть высотными, воздушными, наземными, надводными, подземными, подводными. Подземный взрыв (тектонический) дает волну сжатия, распространяющуюся в грунте и приводящую к искусственным землетрясениям. Подводный взрыв вызывает цунами - мощную волну высотой до 40 метров, заходящую вглубь суши на расстояние до 3 км.

Размеры очага ядерного поражения зависят от мощности и вида ядерного взрыва, рельефа местности и метеоусловий, характера застройки. Граница очага ядерного поражения на равнинной местности условно ограничена радиусом с избыточным давлением во фронте ударной волны 10 кПа.

По характеру разрушений промышленных и жилых зданий, сооружений, величине избыточного давления во фронте ударной волны $\Delta P_{\text{ф}}$ очаг ядерного поражения делится на зоны: полных, сильных, средних и слабых разрушений (рисунок 2).

Зона полных разрушений r_1 имеет на границе избыточное давление во фронте ударной волны 50 кПа и характеризуется массовыми безвозвратными потерями среди незащищенного населения; полным разрушением зданий и сооружений, разрушением энергетических сетей и части убежищ, образованием сплошных завалов в населенных пунктах.

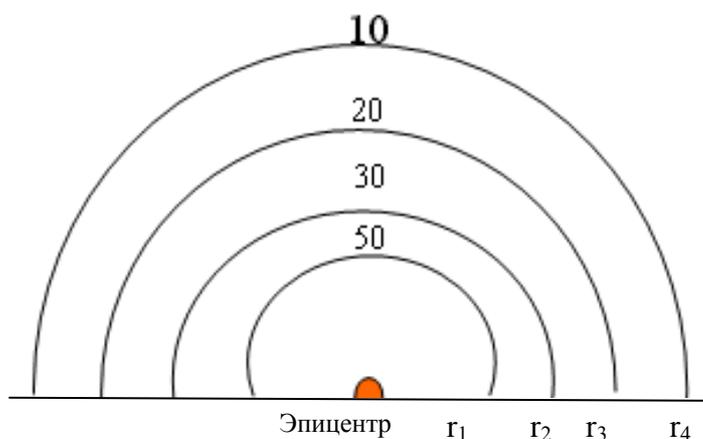


Рисунок 2 – Зоны очага ядерного поражения

Радиус зоны полных разрушений r_1 определяется по формулам:

$$\text{- для воздушного взрыва } r_1 = 0,35 \cdot \sqrt[3]{q} \quad (1)$$

$$\text{- для наземного взрыва } r_1 = 0,4 \cdot \sqrt[3]{q} \quad (2)$$

где q - мощность боезаряда, кт;

r_1 - радиус зоны, км.

Площадь зоны составляет 15% от площади всего очага.

Зона сильных разрушений r_2 с избыточным давлением во фронте ударной волны от 50 до 30 кПа характеризуется безвозвратными потерями (90%) среди населения, полным и сильным разрушением зданий и сооружений. Радиус зоны сильных разрушений r_2 определяется по формулам:

$$\text{- для воздушного взрыва } r_2 = 0,5 \cdot \sqrt[3]{q} \quad (3)$$

$$\text{- для наземного взрыва } r_2 = 0,55 \cdot \sqrt[3]{q} \quad (4)$$

Площадь зоны составляет 10% от площади очага.

Зона средних разрушений r_3 с избыточным давлением во фронте ударной волны от 30 до 20 кПа характеризуется безвозвратными потерями среди населения до 20%, средними и сильными разрушениями зданий и сооружений.

Радиус зоны средних разрушений r_3 определяется по формулам:

$$\text{- для воздушного взрыва } r_3 = 0,75 \cdot \sqrt[3]{q} \quad (5)$$

$$\text{- для наземного взрыва } r_3 = 0,7 \cdot \sqrt[3]{q} \quad (6)$$

Площадь зоны составляет 15% от площади очага.

Зона слабых разрушений r_4 с избыточным давлением во фронте ударной волны от 20 до 10 кПа характеризуется слабыми и средними разрушениями зданий и сооружений.

Радиус зоны слабых разрушений r_4 определяется по формулам:

$$\text{- для воздушного взрыва } r_4 = 1,4 \cdot \sqrt[3]{q} \quad (7)$$

$$\text{- для наземного взрыва } r_4 = 1,1 \cdot \sqrt[3]{q} \quad (8)$$

Площадь зоны составляет 60% от площади очага.

Площадь очага для равнинной местности можно принять за площадь круга и вычислять по формуле:

$$S = \pi \cdot r^2, \quad (9)$$

где r - радиус зоны с избыточным давлением 10 кПа (r_4), км.

Ударная волна характеризуется избыточным давлением ΔP_ϕ (кПа).

Избыточное давление - это разница между максимальным давлением воздуха во фронте ударной волны P_ϕ и атмосферным давлением P_0 .

Избыточное давление взрыва можно рассчитать по формуле:

$$\Delta P_\phi = P_\phi - P_0. \quad (10)$$

где P_ϕ - максимальное давление воздуха во фронте ударной волны, кПа;

P_0 - атмосферное давление, кПа.

Избыточное давление в данной точке зависит от расстояния до центра взрыва r и мощности ядерного боеприпаса q , измеряемой тротиловым эквивалентом (кг).

Избыточное давление для ядерных взрывов можно определить по формуле:

$$\Delta P_\phi = 84 \cdot (\sqrt[3]{c}/r) + 270 \cdot (\sqrt[3]{c}^2/r^2) + 700 \cdot (C/r^3), \quad (11)$$

где r - расстояние до центра взрыва, м;

C - тротиловый эквивалент;

для свободно распространяющейся ударной волны воздушного взрыва $C=0,5q$;

для наземного и подземного взрыва $C=2 \cdot 0,5 \cdot q$,

где q - мощность боеприпаса, кт.

Избыточное давление ΔP_ϕ можно определить по таблице 1. Для этого необходимо знать:

- вид взрыва;
- мощность боеприпаса;
- расстояние от эпицентра взрыва до рассматриваемой точки.

Например, необходимо определить избыточное давление для наземного ядерного взрыва мощностью 1 кт на расстоянии 0,4 км от эпицентра. Находим в столбце «мощность боеприпаса» 1 кт. В строке «расстояние до центра взрыва» находим дробь, где в знаменателе стоит 0,4 км, и определяем соответствующее значение избыточного давления – 50 кПа.

Таблица 1 - Избыточное давление ударной волны при различных мощностях ядерного боеприпаса и расстояниях до центра взрыва

Мощность бое- припаса Q , кГ	Избыточное давление ΔP_{ϕ} , кПа																
	2000	1000	500	250	200	150	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10
	Расстояние до центра (эпицентра) взрыва, км																
1	0,05/0,08	0,07/0,1	0,09/0,13	0,13/0,18	0,15/0,2	0,17/0,23	0,21/0,27	0,23/0,28	0,26/0,3	0,29/0,33	0,32/0,36	0,36/0,4	0,45/0,47	0,54/0,54	0,75/0,69	0,95/0,84	1,4/1,1
2	0,07/0,1	0,09/0,13	0,11/0,17	0,16/0,23	0,18/0,25	0,21/0,29	0,27/0,35	0,28/0,36	0,31/0,4	0,34/0,44	0,38/0,49	0,45/0,5	0,57/0,59	0,68/0,68	0,95/0,87	1,2/1,05	1,75/1,4
3	0,08/0,11	0,1/0,14	0,13/0,19	0,18/0,26	0,21/0,29	0,24/0,33	0,31/0,4	0,32/0,42	0,36/0,44	0,41/0,48	0,47/0,52	0,52/0,57	0,65/0,68	0,78/0,78	1,1/1	1,35/1,2	2/1,6
5	0,09/0,13	0,12/0,17	0,15/0,23	0,22/0,31	0,25/0,34	0,28/0,29	0,37/0,47	0,41/0,5	0,45/0,54	0,5/0,58	0,55/0,63	0,61/0,68	0,77/0,8	0,92/0,92	1,3/1,2	1,6/1,45	2,4/1,9
10	0,11/0,17	0,15/0,22	0,18/0,29	0,27/0,39	0,32/0,43	0,36/0,49	0,46/0,59	0,5/0,64	0,55/0,69	0,61/0,64	0,67/0,8	0,77/0,85	0,96/1	1,15/1,15	1,6/1,5	2/1,8	3/2,4
20	0,15/0,21	0,18/0,27	0,24/0,37	0,35/0,49	0,4/0,54	0,45/0,62	0,6/0,7	0,7/0,8	0,8/0,9	0,85/0,97	0,9/1	1/1,1	1,1/1,2	1,5/1,5	2/1,9	2,6/2,3	3,2/3
30	0,17/0,24	0,21/0,31	0,27/0,42	0,4/0,56	0,46/0,62	0,52/0,7	0,7/0,8	0,8/0,9	0,9/1	0,93/1,05	1/1,1	1,1/1,2	1,2/1,3	1,35/1,35	2,23/2,13	3/2,6	3,65/3,4
50	0,2/0,28	0,25/0,37	0,32/0,5	0,47/0,66	0,54/0,75	0,61/0,84	0,8/1	0,9/1,1	1/1,2	1,1/1,25	1,2/1,3	1,3/1,4	1,4/1,5	2/2	2,7/2,6	3,5/3,1	4,5/4,2
100	0,23/0,36	0,32/0,46	0,4/0,62	0,59/0,83	0,68/0,92	0,77/1,05	1/1,2	1,2/1,3	1,3/1,4	1,4/1,5	1,6/1,7	1,7/1,9	2,1/2,2	2,6/2,5	3,8/3,2	4,4/3,9	6,5/5,2
200	0,32/0,45	0,4/0,58	0,51/0,79	0,74/1,05	0,86/1,15	0,97/1,35	1,2/1,5	1,4/1,6	1,5/1,7	1,6/1,8	1,8/2	1,9/2,2	2,5/2,6	2,9/3	4,4/3,8	5,5/4,9	7,9/6,4
300	0,36/0,52	0,46/0,67	0,58/0,9	0,85/1,2	0,98/1,35	1,1/1,5	1,37/1,7	1,57/1,83	1,67/1,93	1,85/2,1	2,07/2,3	2,27/2,55	2,8/2,93	3,35/3,6	4,95/4,4	6,35/5,65	9,1/7,3
500	0,43/0,61	0,54/0,79	0,69/1,05	1/1,45	1,15/1,6	1,3/1,8	1,7/2,1	1,9/2,3	2/2,4	2,3/2,6	2,6/2,8	3/3,2	3,4/3,6	4,2/4,4	6/5,5	7,55/6,7	11,5/9
1000	0,5/0,77	0,9/1,35	0,9/1,35	1,3/1,8	1,5/2	1,7/2,3	2,2/2,9	2,4/3	2,7/3,4	3/3,5	3,3/3,6	3,6/4	4,3/4,5	5/5,4	7,5/7	9,5/8,4	14,3/11,2
2000	0,65/1	0,9/1,3	1,2/1,7	1,5/2,1	1,8/2,5	2,2/2,9	2,7/3,4	3/3,7	3,3/3,9	3,6/4,2	4,2/4,6	4,6/5,1	5,6/5,7	6,8/7	9,5/8,8	13/10,7	18/14,2
5000	0,85/1,3	1,3/1,8	1,6/2,4	2/2,9	2,5/3,4	3,1/4	3,7/4,7	4,2/5	4,4/5,4	5/5,7	5,6/6,2	6,5/6,8	7,6/7,8	9,2/9,3	13/12	14,6/14,3	24/19,5
10000	1,25/1,7	1,6/2,2	2/2,9	2,5/3,6	3,1/4,2	3,8/5,2	4,8/6	5,3/6,3	5,6/6,7	6,3/7,2	7/7,7	7,9/8,5	9,3/9,6	11,4/11,6	16,2/15,3	21,8/18	31,4/24,5

Примечание. Числитель – для воздушного взрыва, знаменатель – для наземного взрыва.

1.2. Взрывы взрывчатых веществ

Твердые и жидкие энергоносители химических взрывов относятся к классу конденсированных взрывчатых веществ (ВВ).

Конденсированными ВВ называют твердые вещества с плотностью от $1.5 \cdot 10^3$ до $1.8 \cdot 10^3$ кг/м³, содержащие в своем составе количество кислорода, достаточное для осуществления взрывной реакции.

Главной характеристикой ВВ считают теплоту взрыва Q_V - количество энергии, которое выделяется при взрыве 1 кг ВВ (кДж/кг).

Отношение теплоты взрыва любого вещества к теплоте взрыва тринитротолуола (ТНТ) называют *тротиловым эквивалентом* α .

Тротильный эквивалент определяется по формуле:

$$\alpha = Q_V / Q_{V \text{ ТНТ}}, \quad (12)$$

где $Q_{V \text{ ТНТ}}$ - энергия взрыва тринитротолуола, кДж/кг.

Энергия (теплота) взрыва ВВ приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Теплота взрыва взрывчатых веществ

Взрывчатое вещество	Теплота взрыва Q_V , кДж/кг	Тротильный эквивалент, α
Индивидуальные взрывчатые вещества		
1 тринитротолуол (тротил, ТНТ)	$4.52 \cdot 10^3$	1
2 гексоген	$5.36 \cdot 10^3$	1.19
3 октоген	$5.68 \cdot 10^3$	1.26
4 нитроглицерин	$6.7 \cdot 10^3$	1.48
5 тетрил	$4.5 \cdot 10^3$	1
6 гремучая ртуть	$1.79 \cdot 10^3$	0.395
7 пикриновая кислота	$4.18 \cdot 10^3$	0.926
8 азид свинца	$1.54 \cdot 10^3$	0.34
Смеси взрывчатых веществ		
1 амматол 80/20 (80% нитрата аммония + 20% ТНТ)	$2.65 \cdot 10^3$	0.51
2 60% нитроглицериновый динамит	$2.71 \cdot 10^3$	0.6
3 торпекс (42% гексогена + 40% ТНТ + 18% алюминия)	$7.54 \cdot 10^3$	1.67
4 пластическое взрывчатое вещество (90% нитроглицерина + 8% нитроцеллюлозы + 1% щелочи + 0.2% НО)	$4.52 \cdot 10^3$	1

В мировой практике выведена формула, устанавливающая зависимость массы заряда от расстояния до объекта с соответствующим уровнем разрушения:

$$r = k \cdot \sqrt[3]{G}, \quad (13)$$

где G - масса заряда, кг;

k - константа разрушений; k = 4,7 - полные разрушения; k = 6,4 - сильные разрушения; k = 8,2 - средние разрушения; k = 13,5 - слабые разрушения (без учета подстилающей поверхности).

Избыточное давление при взрыве ТНТ определяют по формулам:

$$\text{- воздушный взрыв } \Delta P_{\phi} = 84 \cdot (\sqrt[3]{G}/r) + 270 \cdot (\sqrt[3]{G^2}/r^2) + 700 \cdot (G/r^3), \quad (14)$$

$$\text{- наземный взрыв } \Delta P_{\phi} = 100 \cdot (\sqrt[3]{G}/r) + 430 \cdot (\sqrt[3]{G^2}/r^2) + 1400 \cdot (G/r^3), \quad (15)$$

где G - масса тротилового заряда, кг;

r - расстояние до объекта, м.

Для взрывчатых веществ, кроме тротила, вместо G в формулах (13), (14) и (15) следует подставлять значение тротилового эквивалента $G_{\text{эkv}} = G \cdot \alpha$.

2. Методика определения последствий воздействия ударной волны

2.1. Воздействие ударной волны на людей

Ударная волна поражает незащищенных людей в результате прямого и косвенного воздействия. При косвенном воздействии люди поражаются обломками разрушенных зданий, осколками стекла и другими предметами, перемещающихся под действием скоростного напора.

Характеристика поражений людей представлена в таблице 3.

Таблица 3 - Степень поражения незащищенных людей

Избыточное давление ΔP_{ϕ} , кПа	Травмы	Характер поражения
от 20 до 40	Легкие	Легкая общая контузия организма, временное повреждение слуха, ушибы и вывихи конечностей
от 40 до 60	Средние	Серьезные контузии, повреждение органов слуха, кровотечение из носа и ушей, сильные вывихи и переломы конечностей
от 60 до 100	Тяжелые	Сильная контузия всего организма, повреждение внутренних органов и мозга, тяжелые переломы конечностей, возможен смертельный исход
свыше 100	Крайне тяжелые	Получаемые травмы часто приводят к смертельному исходу

За пределами зоны слабых разрушений возможны косвенные поражения людей при избыточном давлении 3 кПа, а ранения глаз осколками стекла при 1 кПа.

Возможные потери людей на объекте определяются по формуле:

$$P = \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i \quad (16)$$

где N_i - число людей на объекте, чел.;
 C_i - процент потерь, % (таблица 4);
 n - число зданий на объекте.

Таблица 4 - Потери рабочих и служащих на объекте в зависимости от степени защищенности персонала, %.

Степень разрушения зданий, сооружений	Степень защищенности персонала					
	персонал не защищен		персонал находится в зданиях		персонал находится в защитных сооружениях	
	общие	санитарные	общие	санитарные	общие	санитарные
слабая	8	3	1,2	0,4	0,3	0,1
средняя	12	9	3,5	1,0	1,0	0,3
сильная	80	25	30	10	2,5	0,8
полная	100	30	40	15	7,0	2,5

Число безвозвратных потерь при взрывах в населенных пунктах определяют по формуле:

$$N_{\text{безв}} = P \cdot G^{0.666}, \quad (17)$$

где P - плотность населения, тыс.чел./км²;
 G - масса взрывчатого вещества, т.

2.2. Воздействие ударной волны на объекты, здания и сооружения

На разрушающее действие ударной волны ядерного взрыва оказывает существенное влияние:

- рельеф местности;
- метеоусловия.

Рельеф местности может усилить или ослабить действие ударной волны.

На обращенных в сторону взрыва склонах и в лощинах давление выше, чем на равнинной местности. В лесных массивах избыточное давление на 10-15% больше, чем на открытой местности.

Летом в жаркую погоду характерно ослабление волны по всем направлениям, а зимой - усиление, особенно в направлении ветра.

При дожде давление уменьшается на 15%, при ливне - на 30%.

При снегопаде снижение давления весьма незначительно и его можно не учитывать.

Уровни разрушений зданий при взрыве взрывчатых веществ даны в зависимости от константы разрушений k в таблице 5.

Таблица 5 - Уровни разрушений зданий

Характеристика повреждения здания	Избыточное давление, кПа	Константа разрушений
Полное разрушение зданий	70	3,8 ... 5,6
Тяжелые повреждения (здание подлежит сносу)	33	5,6 ... 9,6
Средние повреждения (возможно восстановление здания)	25	9,6 ... 28
Разбито 90% остекления	4	28 ... 56
Разбито 50% остекления	0.2	более 56
Разбито 5% остекления	0.05	более 56

Пример 1. Объект расположен на расстоянии 5,5 км от центра ядерного наземного взрыва, мощностью 0,5 Мт.

Характеристика объекта: здание одноэтажное, кирпичное, бескаркасное, перекрытие из железобетонных плит с крановым оборудованием и кабельной наземной электросетью.

Решение: Так как взрыв наземный, рассчитываем радиусы зон разрушений для наземного взрыва по формулам (2), (4), (6), (8).

$$r_1 = 0,4 \cdot \sqrt[3]{q} = r_1 = 0,4 \cdot \sqrt[3]{500} = 3,16 \text{ км};$$

$$r_2 = 0,55 \cdot \sqrt[3]{q} = r_2 = 0,55 \cdot \sqrt[3]{500} = 4,35 \text{ км};$$

$$r_3 = 0,7 \cdot \sqrt[3]{q} = r_3 = 0,7 \cdot \sqrt[3]{500} = 5,53 \text{ км};$$

$$r_4 = 1,1 \cdot \sqrt[3]{q} = r_4 = 1,1 \cdot \sqrt[3]{500} = 8,7 \text{ км}.$$

Для воздушного взрыва необходимо рассчитывать радиусы по формулам (1), (3), (5), (7).

Так как по условию задачи расстояние от эпицентра взрыва до объекта 5,5 км, объект окажется в зоне средних разрушений с радиусом по внешней границе 5,53 км.

По таблице 1 для мощности боеприпаса 500 кг (0,5Мт) и расстояния 5,5 км (по знаменателю) определяем избыточное давление в районе объекта. Оно равно 20 кПа.

По таблице 2 определяем результат воздействия на людей избыточного давления в 20 кПа: люди получают легкие травмы (легкая общая контузия, временное повреждение слуха, ушибы и вывихи).

По приложению 1 определяем характер разрушений объекта:

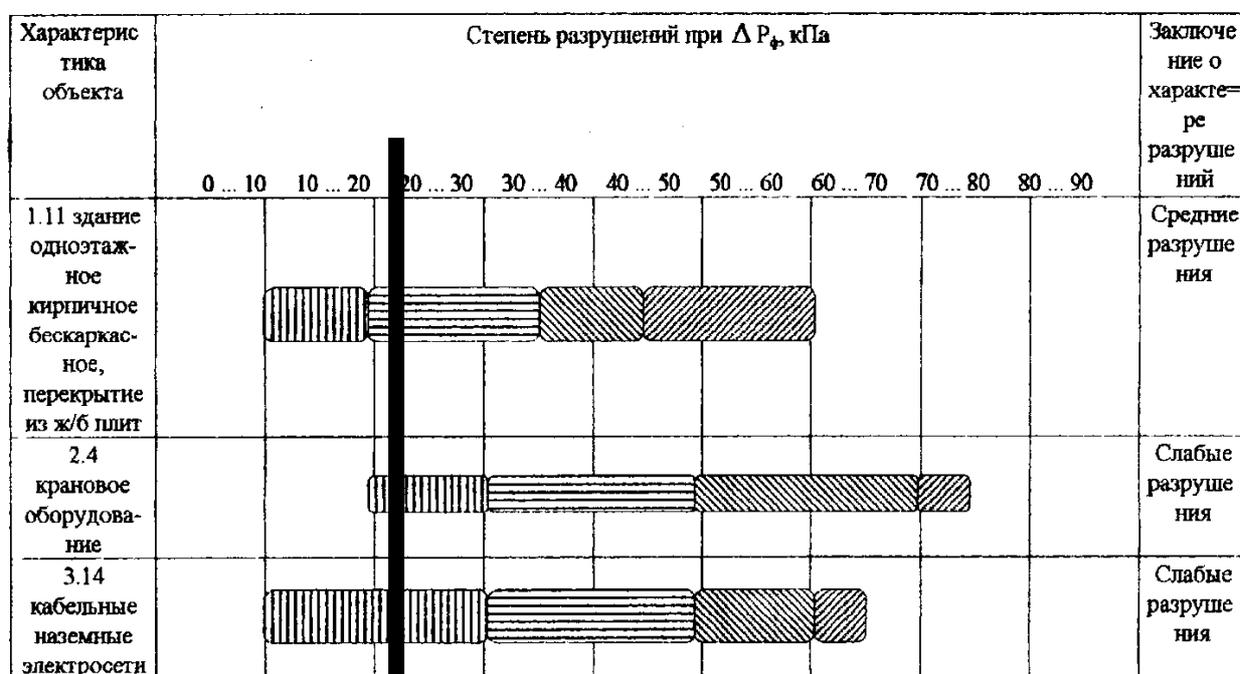
- здание (раздел 1, пункт 11) получит средние разрушения (от 20 до 30 кПа);
- крановое оборудование (раздел 2, пункт 4) - слабые разрушения (от 20 до 30 кПа);
- кабельные наземные электросети (раздел 3 пункт 14) - слабые разрушения (от 10 до 30 кПа).

Результаты сводим в таблицы 6 и 7

Таблица 6 - Результаты определения зон ч.с. при ядерном взрыве

Расстояние до центра взрыва, км	Вид взрыва, мощность, кТ	Радиусы зон разрушений				Избыточное давление, кПа	Результат воздействия на людей
		r_1	r_2	r_3	r_4		
5,5	наземный 500	3,16	4,35	5,53	8,7	20	легкие травмы

Таблица 7 – Результаты воздействия ударной волны ядерного взрыва на объекты



Разрушения:



Пример 2. На объекте произошел взрыв тротила ($1\tau=1000\text{кг}$), на расстоянии 100 м от центра взрыва расположен населенный пункт с одноэтажными деревянными и многоэтажными кирпичными домами.

Плотность населения 3000 чел./км^2 .

Определить радиус зон поражения, избыточное давление на заданном расстоянии, степени разрушения зданий и потери людей.

Решение. Определяем радиусы зон разрушений по формуле (13), подставляя соответствующую константу разрушений k :

- зона полных разрушений $r_1 = 4,7 \cdot \sqrt[3]{1000} = 47\text{м}$;

- зона сильных разрушений $r_2 = 6,4 \cdot \sqrt[3]{1000} = 64\text{м}$;

- зона средних разрушений $r_3 = 8,2 \cdot \sqrt[3]{1000} = 82\text{м}$;
- зона слабых разрушений $r_4 = 13,5 \cdot \sqrt[3]{1000} = 135\text{м}$.

Так как расстояние от центра взрыва до объекта 100 м, населенный пункт окажется в зоне слабых разрушений с радиусом по внешней границе 135 м.

Определяем избыточное давление при взрыве тротила на расстоянии 100м по формуле (15) для наземного взрыва:

$$\Delta P_{\phi} = 100 \cdot (\sqrt[3]{G}/r) + 430 \cdot (\sqrt[3]{G^2}/r^2) + 1400 \cdot (G/r^3);$$

$$\Delta P_{\phi} = 100 \cdot (\sqrt[3]{1000}/100) + 430 \cdot (\sqrt[3]{1000^2}/100^2) + 1400 \cdot (1000/100^3) = 15,7 \text{ кПа}$$

По приложению 1 (пункт 18 и 19) находим результат воздействия взрыва на объекты:

- кирпичные малоэтажные и многоэтажные дома получают средние разрушения;
- деревянные дома - сильные разрушения.

Общие потери незащищенных людей (таблица 4) составят:

- при средней степени разрушения 12%;
- при сильной 80%;

Потери людей, находящихся в зданиях, при средней и сильной степени разрушения составят 3,5 и 30% соответственно.

Число безвозвратных потерь определяется по формуле (17):

$$N_{\text{безв}} = P \cdot G^{0,666} = 3 \cdot 1^{0,666} = 3 \text{ чел.}$$

Санитарные потери определяются из соотношения: $N_{\text{сан}} = 3 \dots 4 N_{\text{безв}} = 12 \text{ чел.}$

Площадь зоны чрезвычайной ситуации определим, принимая во внимание радиус зоны слабых разрушений $r_4 = 135 \text{ м}$:

$$S = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 135^2 = 57227 \text{ м}^2.$$

Результаты сводим в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты определения зон чрезвычайной ситуации при взрыве взрывчатых веществ

Плотность населения тыс. чел/м ²	Безвозвратные потери, чел	Санитарные потери, чел	Площадь зоны ч.с, м ²
1	2	3	4
3	3	12	57227

Продолжение таблицы 8

Расстояние от центра взрыва до населенного пункта, м	Масса и вид заря-дая, кг	Тротильный эквивалент, кг	Радиусы зон разрушений, м			
			r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
5	6	7	8	9	10	11
100	тротил 1000	1000	47	64	8	135

Характер разрушений		Избыточное давление, кПа	Потери людей в населенном пункте, общие/санитарные		
в населенном пункте	на объекте		незащищенных	в зданиях	в защитных сооружениях
12	13	14	15	16	17
кирпичные дома средние разрушения	полные	15,7	12/9	3,5/1	-
деревянные дома – сильные разрушения	полные		80/25	30/10	-

Вывод: безопасным можно считать расстояние 135 м и более - радиус зоны слабых разрушений. Площадь зоны ч.с. составит 57227 м². Пострадает 15 человек в населенном пункте (безвозвратные + санитарные потери). Объект окажется в зоне слабых разрушений, а здания получают сильные и средние разрушения.

Отчет о работе

1. Конспект порядка определения размеров зон поражения при ядерном взрыве и взрыве ВВ.
2. Результаты расчетов по индивидуальному заданию, оформленные таблицами 6,7,8.
3. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Назовите виды ядерных взрывов.
2. Какие зоны поражения образуются при ядерном взрыве?
3. Как определить избыточное давление ударной волны ядерного взрыва?
4. Что такое «тротиловый эквивалент»?
5. Виды взрывчатых веществ?
6. Как определить радиусы зон поражения взрыва взрывчатых веществ?
7. Что такое «константа разрушений взрыва взрывчатых веществ»?
8. Порядок определения потерь рабочих и служащих.
9. Порядок определения характера разрушений объекта.

Литература

1. Демиденко Г.П. и др. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения. - Киев; Высшая школа, 1989.

Методические указания

Лумисте Елена Геннадьевна
Ляхова Людмила Александровна

РАСЧЕТ ЗОН ПОРАЖЕНИЯ ПРИ ВЗРЫВАХ

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 24.04.2009 г. Формат 60x84. 1/16.
Бумага офсетная. Усл.п.л. 1.27. Тираж 100 экз. Изд.№ 1386.

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянская ГСХА.

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

Элементы объекта	Разрушение			
	слабое	среднее	сильное	полное
I. Производственные, административные здания и сооружения				
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...100т	20-40	40-50	50-60	60-80
3. Бетонные, 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 листового металла	5-7	7-10	10-15	15
10. То же, с крышей и стеновым заполнением из волнистой стали	7-10	10-15	15-25	25-30
11. Кирпичные бескаркасные производственно-вспомогательные здания с перекрытием (покрытием) из железобетонных сборных элементов одно- и многоэтажные	10-20	20-35	35-45	45-60
12. То же, с перекрытием (покрытием) из деревянных элементов одно- и многоэтажные	8-15	15-25	25-35	35
13. Здания фидерной или трансформаторной подстанции из кирпича или блоков	10-20	20-40	40-60	60-80
14. Складские кирпичные здания	10-20	20-30	30-40	40-50
15. Легкие склады-навесы с металлическим каркасом и шиферной кровлей	10-25	25-35	35-50	50
16. Склады - навесы из железобетонных элементов	20-35	35-70	80-100	100
17. Административные многоэтажные здания с металлическим или железобетонным каркасом	20-30	30-40	40-50	50-60
18. Кирпичные малоэтажные здания (один, два этажа)	8-15	15-25	25-35	35-45
19. Кирпичные многоэтажные здания (три этажа и более)	8-12	12-20	20-30	30-40
20. Деревянные дома	6-8	8-12	12-20	20-30
21. Доменные печи	20	40	80	100
22. Здания ГЭС	50-100	100-200	200-300	300

1	2	3	4	5
23. Затворы плотин	20-70	70-100	100	-
24. Остекление зданий обычное	0,5-1	1-1,5	2-5	-
25. Остекление зданий из армированного стекла	1-1,5	1,5-2,5	2-5	-
2. Некоторые виды оборудования				
1. Станки тяжелые	25-40	40-60	60-70	-
2. Станки средние	15-25	25-35	35-45	-
3. Станки легкие	6-12	-	15-25	-
4. Краны и крановое оборудование	20-30	30-50	50-70	70
5. Подъемно-транспортное оборудование	20	50-60	60-80	80
6. Кузнечно-прессовое оборудование	50	100-110	150-200	-
7. Ленточные конвейеры в галерее на железобетонной эстакаде	5-6	6-10	10-20	20-40
8. Ковшовые конвейеры в галерее на железобетонной эстакаде	8-10	10-20	20-30	30-50
9. Гибкие шланги для транспортирования сыпучих материалов	7-15	15-25	25-35	35-45
10. Электродвигатели мощностью до 2кВт, открытые	20-40	40-50	-	50-80
11. То же, герметические	30-50	50-70	-	80-100
12. Электродвигатели мощностью от 2 до 10 кВт, открытые	30-50	50-70	-	80-90
13. То же, герметические	40-60	60-75	-	75-110
14. Электродвигатели мощностью 10 кВт и более, открытые	50-60	60-80	-	80-120
15. То же, герметические	60-70	70-80	-	80-120
16. Трансформаторы от 100 до 1000 кВ	20-30	30-50	50-60	60
17. Трансформаторы блочные	30-40	50-60	-	-
18. Генераторы на 100...300кВт	30-40	50-60	-	-
19. Открытые распределительные устройства	15-25	25-35	-	-
20. Масляные выключатели	10-20	20-30	-	-
21. Контрольно-измерительная аппаратура	5-10	10-20	20-30	30
22. Магнитные пускатели	20-30	30-40	40-60	-
23. Электролампы в плафонах	-	-	-	10-20
24. Электролампы открытые	-	-	-	5-7
25. Паровые котлы, парогенераторы	50-70	70-100	100-150	Более 150

1	2	3	4	5
3. Коммунально-энергетические сооружения и сети				
1. Газгольдеры и наземные резервуары для ТСМ и химических веществ	15-20	20-30	30-40	40
2. Подземные металлические и железобетонные резервуары	20-50	50-100	100-200	200
3. Частично заглубленные резервуары	40-50	50-80	80-100	100
4. Наземные металлические резервуары и емкости	30-40	40-70	70-90	90
5. Деревянные заглубленные хранилища	20-40	40-60	60-100	100
6. Открыто расположенное оборудование артезианских скважин	70-110	110-130	130-170	170
7. Водонапорные башни	10-20	20-40	40-60	60
8. Котельные, регуляторные станции и другие сооружения в кирпичных зданиях	7-13	13-25	25-35	35-45
9. Металлические вышки сплошной конструкции	20-30	30-50	50-70	70
10. Трансформаторные подстанции закрытого типа	30-40	40-60	60-70	70-80
11. Тепловые электростанции	10-15	15-20	20-25	25-40
12. Распределительные устройства и вспомогательные сооружения электростанций	30-40	40-60	60-80	120
13. Кабельные подземные линии	200-300	300-600	600-1000	1500
14. Кабельные наземные линии	10-30	30-50	50-60	60
15. Воздушные линии высокого напряжения	25-30	30-50	50-70	70
16. Воздушные линии низкого напряжения	20-60	60-100	100-160	160
17. Воздушные линии низкого напряжения на деревянных опорах	20-40	40-60	60-100	100
16. Силовые линии электрифицированных железных дорог	30-50	50-70	70-120	120
19. Подземные стальные сварные трубопроводы диаметром до 350 мм	600-1000	1000-1500	1500-2000	2000
20. То же, диаметром свыше 350 мм	200-350	350-600	600-1000	1000
21. Подземные чугунные и керамические трубопроводы на раструбках, асбестоцементные на муфтах	200-600	600-1000	1000-2000	2000
22. Трубопроводы, заглубленные на 20 см	150-200	250-350	500	-
23. Трубопроводы наземные	20	50	130	-
24. Трубопроводы на металлических или железобетонных эстакадах	20-30	30-40	40-50	-
25. Смотровые колодцы и задвижки на сетях коммунального хозяйства	200-400	400-600	600-1000	1000
26. Сети коммунального хозяйства (водопровод, канализация, газопровод)	100-200	400-1000	1000-1500	1500
27. Сооружения коммунального хозяйства без ограждающих конструкций	50-150	150-250	250-300	300

1	2	3	4	5	
4. Средства связи					
1.	Радиорелейные линии с стационарные воздушные линии связи	30-50	50-70	70-120	120
2.	Воздушные линии телефонно-телеграфной связи	20-40	40-60	60-100	100
3.	Шестовые воздушные линии связи	20-30	30-60	60-100	100
4.	Кабельные наземные линии связи	10-30	30-50	50-60	60
5.	Кабельные подземные линии связи	20-30	-	50-100	более 100
6.	Телефонно-телеграфная аппаратура вне укрытий	10-30	30-50	50-60	60
7.	Антенные устройства	10-20	20-30	30-40	40
8.	Переносные радиостанции	-	60-70	70-110	110
5. Защитные сооружения					
1.	Отдельно стоящие убежища, рассчитанные на избыточное давление ударной волны 500 кПа	500-600	600-700	700-900	900
2.	Отдельно стоящие и встроенные убежища на 300 кПа	300-400	400-550	550-650	650
3.	То же, на 200 кПа	200-300	300-370	370-450	450
4.	То же, на 100 кПа	100-140	140-180	180-220	220
5.	То же, на 50 кПа	50-70	70-90	90-110	110
6.	Противорадиационные укрытия, рассчитанные на 30 кПа	30-40	40-60	60-90	90
7.	Подвалы без усиления несущих конструкций	20-30	30-60	60-80	8
8.	Входы в убежище с одеждой крутостей	30-40	40-80	80-120	120
9.	Входы в убежище без одежды крутостей	30-40	40-60	60-80	80
6. Средства транспорта, строительная техника, мосты, плотины, аэродромы					
1.	Грузовые автомобили и автоцистерны	20-30	30-55	55-65	90-130
2.	Легковые автомобили	10-20	20-30	30-50	50
3.	Автобусы и специальные автомашины с кузовами автобусного типа	15-20	20-45	45-55	60-80
4.	Гусеничные тягачи и тракторы	30-40	40-80	80-100	110-130
5.	Шоссейные дороги с асфальтным и бетонным покрытием	120-300	300-1000	1000-2000	2000-4000
6.	Железнодорожные пути	100-150	150-200	200-300	300-500
7.	Подвижной железнодорожный состав	30-40	40-80	80-100	100-200
8.	Землеройные дорожно-строительные машины	50-110	110-140	170-250	-
9.	Металлические мосты с длиной пролета 30...45 м	50-110	100-150	150-200	200-300

	1	2	3	4	5
10.	То же, с пролетом 100 м и более	40-80	80-100	100-150	150-200
11.	Мосты железнодорожные с пролетами 20 м	50-60	60-110	110-130	200-300
12.	То же, с пролетами до 10 м	50-100	100-350	350-380	380-400
13.	Деревянные мосты	40-60	60-110	110-130	200-250
14.	Бетонные плотины	1000-2000	2000-5000	5000	10000
15.	Земельные плотины шириной 80... 100м	150-700	700-1000	1000	более 1000
16.	Взлетно-посадочные полосы	300-400	400-1500	1500-2000	2000-4000
17.	Транспортные самолеты на стоянке	7-8	8-10	10-15	15
16.	Вертолеты на стоянке	3-5	5-10	10-20	-
19.	Торговые суда	80-100	100-130	130-180	-