

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

БРЯНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

КАФЕДРА БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Лумисте Е.Г.

**ЧЕРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ  
МИРНОГО И ВОЕННОГО ВРЕМЕНИ**

Методические указания  
по выполнению расчетно-графической работы

Часть 1

Брянск 2009

УДК 614.8  
ББК 68.9  
Л 82

Лумисте Е.Г. Чрезвычайные ситуации мирного и военного времени: Методические указания к расчетно-графической работе. - Брянск: БГСХА, 2009. - с. 32.

Рецензент:

*д.т.н., профессор Л.М. Маркаряни*

Приведена методика определения избыточного давления ядерного взрыва, результатов воздействия светового импульса на объекты и население, оценки радиационной, химической и взрывопожарной обстановки.

Для студентов инженерных 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

## Введение

На протяжении всей истории человечество создавало систему безопасности, сначала только в природной среде - биосфере, позднее в новой искусственной среде обитания - техносфере, закономерности функционирования которой чаще всего неизвестны.

Технические системы и производства, созданные человеком, привели к росту потенциальных опасностей для всего населения Земли.

К классу чрезвычайных ситуаций принято относить опасности, которые невозможно (землетрясения, цунами, извержение вулканов и пр.) или нецелесообразно по экономическим, соображениям предотвращать (когда например, достигнут приемлемый уровень риска).

Абсолютной безопасности достичь невозможно, всегда существует остаточной риск, который и приводит к чрезвычайным ситуациям.

Снизить тяжесть последствий, заранее подготовить людей к возможности возникновения чрезвычайной ситуации, и быстро ликвидировать последствия - основные задачи, которые должны уметь решать руководители соответствующих подразделений.

### ***Цель работы:***

Научиться самостоятельно решать задачи по устойчивости объекта экономики к ударной волне при ядерном взрыве и взрыве газоздушных смесей; к световому импульсу; к радиоактивному заражению местности; к воздействию сильнодействующих ядовитых веществ.

### ***Порядок выполнения работы:***

1. Решить задачи по варианту, определенному преподавателем.
2. Оформить решение в виде таблиц, где это требуется.
3. На основании расчетов сделать схемы (в масштабе).
4. Сделать выводы.

## ***Оформление расчетно-графической работы***

Текст пишется от руки разборчиво, черными или синими чернилами (или набирается на компьютере) на одной стороне листа писчей бумаги формата А 4 (297 х 210 мм), с полями слева - 20 мм, снизу и сверху – 15 мм, справа- 10 мм.

Сокращение слов в тексте не допускается.

Формулы нумеруют арабскими цифрами в круглых скобках с правой стороны листа.

Значения символов числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова "где" без двоеточия после него.

Иллюстрации обозначают арабскими цифрами (Рисунок 1 – Схема зон очага поражения).

Слово "Таблица" пишется слева и сразу за ним следует номер и краткое название таблицы (Таблица 1 – Результат воздействия избыточного давления на объект).

Выводы по результатам расчета должны быть четкими.

## ***Оформление титульного листа***

БРЯНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ  
КАФЕДРА БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

Тема: Чрезвычайные ситуации мирного и военного времени

Выполнил студент \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О. студента)

группы \_\_\_\_\_ факультета \_\_\_\_\_

Вариант \_\_\_\_\_

Проверил \_\_\_\_\_  
(должность, Ф.И.О. преподавателя)

# 1. Определение избыточного давления и радиусов зон поражения при ядерном взрыве

Размеры очага ядерного поражения зависят от мощности и вида ядерного взрыва, рельефа местности и метеоусловий, характера застройки.

Основной поражающий фактор ядерного взрыва – ударная волна, характеризующаяся избыточным давлением. 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  $\Delta P_{\phi}$  очаг ядерного поражения делится на зоны: полных, сильных, средних и слабых разрушений.

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. Площадь зоны составляет 15% от площади очага.

Радиус зоны полных разрушений  $r_1$  (км) определяется по формулам:

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

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

где  $q$  - мощность боезаряда, кт.

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. Площадь зоны составляет 10% от площади очага.

Радиус зоны сильных разрушений  $r_2$  определяется по формулам:

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

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

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. Площадь зоны составляет 15% от площади очага.

Радиус зоны средних разрушений  $r_3$  определяется по формулам:

$$\text{- для воздушного взрыва } r_3 = 0.75 \sqrt[3]{q}; \quad (5)$$

$$\text{- для наземного взрыва } r_3 = 0.7 \sqrt[3]{q}. \quad (6)$$

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. Площадь зоны составляет 60% от площади очага.

Радиус зоны слабых разрушений  $r_4$  определяется по формулам:

$$\text{- для воздушного взрыва } r_4 = 1.4 \sqrt[3]{q}; \quad (7)$$

$$\text{- для наземного взрыва } r_4 = 1.1 \sqrt[3]{q}. \quad (8)$$

### ***Задача № 1***

Определить избыточное давление  $\Delta P_{\phi}$  (кПа) ядерного (вид взрыва задан), если расстояние от объекта до эпицентра взрыва  $R_x$  (км), а мощность боеприпаса  $q$  (кт).

По избыточному давлению определить результат воздействия ударной волны на людей и рассчитать радиусы зон действия воздушной ударной волны.

На схеме отразить точку, в которой по результатам расчета находится объект.

Определить предел устойчивости зданий, сооружений, оборудования (задано), степень их разрушения. Результат оценки устойчивости объекта к воздушной ударной волне представить в виде таблицы, показав степени разрушения различной штриховкой. Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Исходные данные к задаче № 1

| Вариант | Вид взрыва | Мощность боеприпаса $q$ , кт | Расстояние до эпицентра $R_x$ , км | Номера объектов и их элементов* |
|---------|------------|------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 1       | Наземный   | 1                            | 0,3                                | 1,1 2,1 3,1                     |
| 2       | Воздушный  | 2                            | 0,28                               | 1,2 2,5 4,2                     |
| 3       | Наземный   | 3                            | 0,57                               | 1,3 2,7 3,3                     |
| 4       | Воздушный  | 10                           | 0,55                               | 1,4 2,8 3,4                     |
| 5       | Наземный   | 5                            | 0,92                               | 1,5 2,9 3,7                     |
| 6       | Воздушный  | 10                           | 1,15                               | 1,6 2,10 3,8                    |
| 7       | Наземный   | 20                           | 0,97                               | 1,7 2,11 3,10                   |
| 8       | Воздушный  | 30                           | 1,2                                | 1,8 2,12 3,15                   |
| 9       | Наземный   | 50                           | 1,4                                | 1,9 2,13 3,16                   |
| 10      | Воздушный  | 100                          | 1,7                                | 1,1 2,14 3,19                   |
| 11      | Наземный   | 200                          | 2,0                                | 1,11 2,15 3,22                  |
| 12      | Воздушный  | 300                          | 3,35                               | 1,12 2,16 3,23                  |
| 13      | Наземный   | 500                          | 2,6                                | 1,13 2,17 3,25                  |
| 14      | Воздушный  | 1000                         | 4,3                                | 1,14 2,18 3,26                  |
| 15      | Наземный   | 2000                         | 5,7                                | 1,15 2,19 4,4                   |
| 16      | Воздушный  | 5000                         | 5,0                                | 1,16 2,20 4,5                   |
| 17      | Наземный   | 10000                        | 7,7                                | 1,17 2,21 4,6                   |
| 18      | Воздушный  | 1                            | 0,32                               | 1,18 2,22 5,6                   |
| 19      | Наземный   | 2                            | 0,49                               | 1,19 2,23 5,7                   |
| 20      | Воздушный  | 3                            | 0,32                               | 1,20 2,24 6,1                   |
| 21      | Наземный   | 30                           | 0,9                                | 1,1 2,25 6,2                    |
| 22      | Воздушный  | 5                            | 0,55                               | 1,9 2,2 6,7                     |
| 23      | Наземный   | 10                           | 0,8                                | 1,11 2,3 3,3                    |
| 24      | Воздушный  | 20                           | 1,0                                | 1,16 2,4 3,7                    |
| 25      | Наземный   | 30                           | 1,35                               | 1,20 2,25 3,10                  |

\* Номера объектов соответствуют номерам приложения В.

**Пример 1.** Мощность боеприпаса 0,5 Мт, расстояние от эпицентра до объекта 4,4 км, взрыв наземный. На объекте имеются: 1.11 - Здание: одноэтажное, кирпичное, бескаркасное перекрытие из железобетонных элементов; 2.23 - Электролампы в плафонах; 4.8 - Переносные радиостанции.

Определить избыточное давление, радиусы зон разрушения, результат воздействия на объект и людей ударной волны.

## Решение

1. Определяем избыточное давление взрыва в заданной точке по приложению Б. В столбце "Мощность боеприпаса" находим 500 кт (0,5 Мт), по строке "Расстояние до центра взрыва" (наземный взрыв - в знаменателе) находим 4,4 км. От этой цифры поднимаемся вверх по столбику и определяем избыточное давление взрыва на заданном расстоянии -  $P_{\phi} = 30$  кПа.

2. Определяем результат воздействия избыточного давления на людей по приложению Б (таблица 1). Избыточное давление  $P_{\phi} = 30$  кПа попадает в диапазон от 20 до 40 кПа и приводит к легким повреждениям (легкая контузия, временная потеря слуха, ушибы, ранения, вывихи).

3. Рассчитываем радиусы зон поражения по формулам (2, 4, 6, 8) для наземного взрыва:

$$r_1 = 0,4 \cdot \sqrt[3]{q} = 0,4 \cdot \sqrt[3]{500} = 3,6 \text{ км}$$

$$r_2 = 0,55 \cdot \sqrt[3]{q} = 0,55 \cdot \sqrt[3]{500} = 4,95 \text{ км}$$

$$r_3 = 0,7 \cdot \sqrt[3]{q} = 0,7 \cdot \sqrt[3]{500} = 6,3 \text{ км}$$

$$r_4 = 1,1 \cdot \sqrt[3]{q} = 1,1 \cdot \sqrt[3]{500} = 9,9 \text{ км}$$

4. Определим, в какой зоне оказался объект. Так как расстояние от объекта до эпицентра взрыва 4,4 км, объект находится в зоне сильных разрушений с радиусом по внешней границе 4,95 км (рисунок 1).

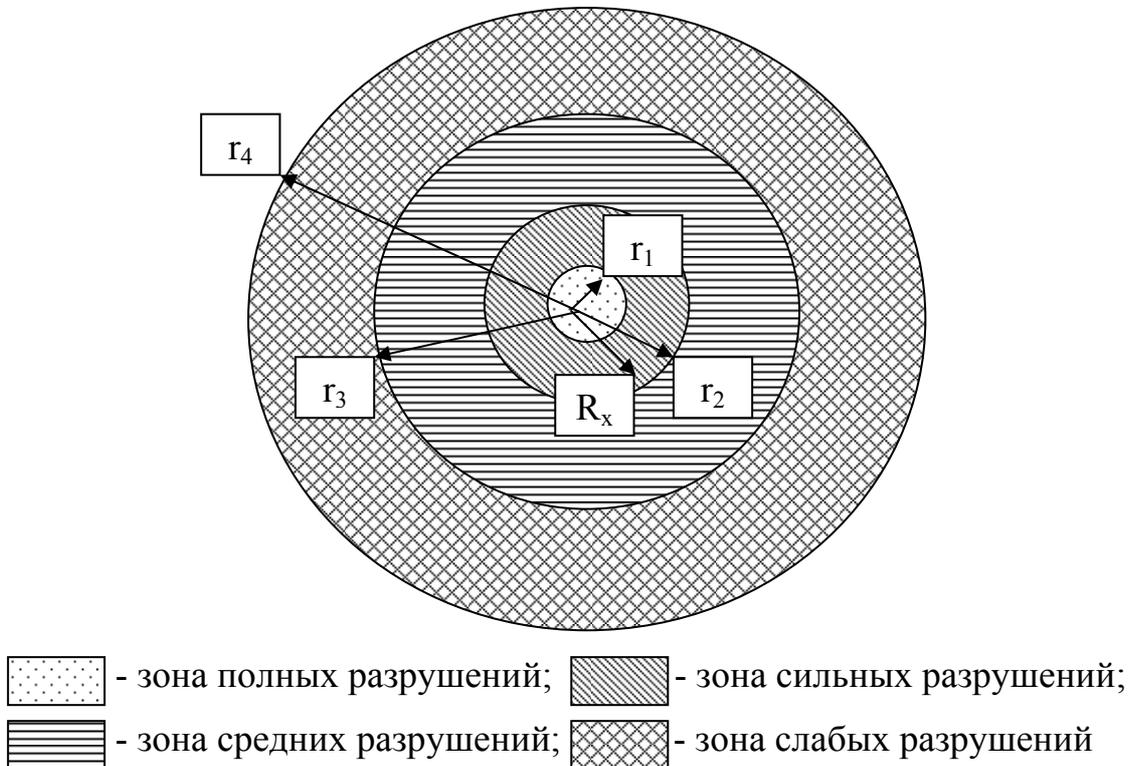
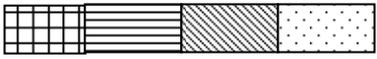


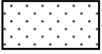
Рисунок 1 – Зоны разрушений в очаге ядерного поражения.

5. Определяем результаты воздействия ударной волны ядерного взрыва на объект (здания, сооружения, оборудование и коммуникации), пользуясь справочной таблицей приложения В.

Предел устойчивости определяем по нижней границе диапазона средних разрушений. Результаты представим в виде таблицы 2.

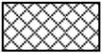
Таблица 2 – Результаты воздействия ударной волны ядерного взрыва на объект

| № п/п | Объекты и их элементы   | Степень разрушения $P_{\phi}$ кПа  |    |    |    |    |    |    |    | Предел устойчивости, кПа | Избыточное давление ядерного взрыва, кПа | Заключение         |
|-------|---|--|----|----|----|----|----|----|----|--------------------------|--|--------------------|
|       |   | 0  | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |                          |  |                    |
| 1.11  | Здание: одноэтажное, кирпичное, бескаркасное перекрытие из железобетонных элементов |     |    |    |    |    |    |    |    | 20                       | 30                                       | Средние разрушения |
| 2.23  | Электролампы в плафонах   |    |    |    |    |    |    |    |    | -                        |  | Полные разрушения  |
| 4.8   | Переносные радиостанции   |  |    |    |    |    |    |    |    | 60                       |  | Без разрушений     |

 - полные разрушения

 - сильные разрушения

 - средние разрушения

 - слабые разрушения

### **Выводы:**

Объект находится в зоне сильных разрушений ( $R_x = 4,4$  км).

Избыточное давление, равное 30 кПа, приведет к легким повреждениям людей, что выразится в легкой контузии, временной потере слуха, легких травмах, ушибах и вывихах.

Здания получают средние разрушения, оборудование – полное.

## **2. Определение устойчивости объекта к световому импульсу**

*Световое излучение* – первичный поражающий фактор ядерного взрыва, приводит к пожарам в очаге ядерного поражения.

Под *световым излучением ядерного взрыва* понимается электромагнитное излучение, включающее в себя ультрафиолетовую, видимую и инфракрасную области

спектра. Время действия светового излучения и размеры светящейся области зависят от мощности взрыва: 1 тыс. т. – 1 секунда; 10 тыс. т. – 2,2 секунд; 100 тыс. т. – 4,6 секунд; 1 млн. т. – 10 секунд. Основным параметр излучения – световой импульс (Дж/м<sup>2</sup>). *Световым импульсом* называется количество прямой световой энергии, падающей на 1м<sup>2</sup> поверхности за всё время свечения. Световое излучение вызывает кожные ожоги 1, 2, 3, 4-й степеней и ожоги глаз трёх видов, временное ослепление (от 1 до 5 минут днём, 30 минут ночью), ожог глазного дна, роговицы, век.

Световое излучение приводит к пожарам, а в сочетании с ударной волной к взрывам. Очаг ядерного поражения характеризуется тремя зонами пожаров: в завалах, сплошных и отдельных.

а) Для воздушного взрыва радиусы зон пожаров определяются по формулам:

- пожары в завалах -  $r_1 = 0,4 \cdot \sqrt[3]{q}$  ; (9)

- сплошные пожары -  $r_2 = \sqrt[3]{q}$  ; (10)

- отдельные пожары -  $r_3 = 1,75 \cdot \sqrt[3]{q}$  . (11)

б) Для наземного взрыва радиусы пожаров рассчитывают по формулам:

- пожары в завалах -  $r_1 = 0,4 \cdot \sqrt[3]{q}$  ; (12)

- сплошные пожары -  $r_2 = 0,6 \cdot \sqrt[3]{q}$  ; (13)

- отдельные пожары -  $r_3 = 1,2 \cdot \sqrt[3]{q}$  , (14)

где q – мощность ядерного боеприпаса, кт.

### ***Задача № 2***

Определить световой импульс ядерного взрыва  $U_{св}$ , используя исходные данные по характеристике взрыва из задачи №1 (таблица 1). Оценить устойчивость объекта (характеристика объекта задана в таблице 3) к световому излучению ядерного взрыва по световому импульсу.

Определить степень огнестойкости и категорию производства, выявив сгораемые материалы, найти световые импульсы, вызывающие их возгорание. Результаты оформить таблицей.

Рассчитать радиусы внешних границ зон пожаров и определить место объекта. Вычертить расчетную схему. Определить результат воздействия светового излучения на человека и животное, используя приложения, для летнего и зимнего периода. Исходные данные к задаче приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные к задаче № 2

| вариант | Характеристика элементов объекта |                        |                              |                    | Наименование производства         |
|---------|----------------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
|         | здание                           | перекрытие             | кровля                       | двери и рамы       |                                   |
| 1       | кирпичное                        | из деревянных досок    | толь на деревянной обрешетке | деревянные светлые | цех холодной обработки металлов   |
| 2       | кирпичное                        | из железобетонных плит | черепица                     | деревянные темные  | столярный цех                     |
| 3       | железобетонные                   | из деревянных досок    | черепица                     | деревянные светлые | топливный склад                   |
| 4       | деревянное                       | из деревянных досок    | рубероид                     | деревянные темные  | цех приготовления сахарной пудры  |
| 5       | кирпичное                        | из железобетонных плит | черепица                     | деревянные светлые | гараж                             |
| 6       | железобетонные                   | из деревянных досок    | толь на деревянной обрешетке | деревянные темные  | цех приготовления древесной муки  |
| 7       | деревянное                       | из деревянных досок    | черепица                     | дерево некрашеное  | цех молочной продукции            |
| 8       | кирпичное                        | из железобетонных плит | шифер                        | металлические      | главный корпус электростанции     |
| 9       | железобетонные                   | из железобетонных плит | толь на деревянной обрешетке | деревянные светлые | цех переработки мясных продуктов  |
| 10      | деревянное                       | из деревянных досок    | металл                       | деревянные светлые | кузница                           |
| 11      | кирпичное                        | из железобетонных плит | рубероид                     | деревянные темные  | помещение ДВС                     |
| 12      | кирпичное                        | из деревянных досок    | толь                         | дерево некрашеное  | мазутное хозяйство                |
| 13      | кирпичное                        | из деревянных досок    | металл                       | деревянные светлые | лесопилный цех                    |
| 14      | кирпичное                        | из деревянных досок    | черепица                     | деревянные темные  | животноводческое помещение        |
| 15      | кирпичное                        | из металла             | шифер                        | дерево некрашеное  | кормоцех                          |
| 16      | кирпичное                        | из железобетонных плит | черепица                     | деревянные светлые | склад баллонов с горючими газами  |
| 17      | железобетонные                   | из железобетонных плит | толь на деревянной обрешетке | деревянные темные  | кормоцех                          |
| 18      | деревянное                       | из деревянных досок    | черепица                     | деревянные светлые | первичная обработка хлопка        |
| 19      | кирпичное                        | из деревянных досок    | металл                       | деревянные темные  | котельная                         |
| 20      | деревянные                       | из деревянных досок    | черепица                     | деревянные светлые | сварочный цех                     |
| 21      | деревянные                       | из деревянных досок    | толь                         | деревянные темные  | цех приготовления витаминной муки |
| 22      | кирпичное                        | из железобетонных плит | черепица                     | деревянные светлые | склад ТСМ                         |
| 23      | железобетонные                   | из деревянных досок    | толь на деревянной обрешетке | деревянные темные  | аккумуляторная                    |
| 24      | деревянное                       | из деревянных досок    | рубероид                     | дерево некрашеное  | столярный цех                     |
| 25      | металлическое                    | из деревянных досок    | черепица                     | металлические      | кузница                           |

**Пример 2.** Обработка металлов в холодном состоянии ведется в здании из кирпича, бескаркасном, с перекрытием из железобетонных плит, кровля толевая по деревянной обрешетке, двери и рамы деревянные, окрашены в темный цвет. Оценить последствия светового импульса для человека, животных, зданий и сооружений.

### **Решение**

1. Используя исходные данные из первой задачи, по приложению Г находим световой импульс наземного ядерного взрыва мощностью 500 кт на расстоянии 4,4 км от эпицентра:  $U_{св} = 460 \text{ кДж/м}^2$ .

2. Выбираем сгораемые материалы на объекте и по приложению Д определяем световые импульсы, вызывающие их воспламенение:

- доски, окрашенные в темный цвет, из которых изготовлены рамы и двери, воспламеняются при импульсе от 250 до 420 кДж/м<sup>2</sup>, принимаем 300 кДж/м<sup>2</sup>;

- толь или рубероид, из которого выполнена кровля, воспламеняется при импульсе от 580 до 840 кДж/м<sup>2</sup>, принимаем 620 кДж/м<sup>2</sup>;

- доски неокрашенные, из которых выполнена обрешетка кровли, воспламеняются при импульсе от 500 до 750 кДж/м<sup>2</sup>, принимаем 600 кДж/м<sup>2</sup>.

Данные заносим в таблицу 4.

Таблица 4 - Результаты оценки устойчивости объекту к световому излучению

| Объект и его элементы  | Возгораемые элементы, материалы | Световой импульс, вызывающий воспламенение, кДж/м <sup>2</sup> | Предел устойчивости, кДж/м <sup>2</sup> | Степень огнестойкости | Категория пожарной опасности производства   | Зона пожаров для объекта  |
|--|---------------------------------|--|---|-----------------------|---|---|
| Здание кирпичное, перекрытие из ж/б плит<br>предел огнестойкости -перекрытия 0,25ч - стен 3ч | Доски темные                    | 300  | 300                                     | I                     | Д – обработка металлов в холодном состоянии | Зона сплошных пожаров $R_x = 4,4 \text{ км}$ при $q=500\text{кт}$ |
|  | Толь                            | 620  |   |                       |   |   |
|  | Доски неокрашенные              | 600  |   |                       |   |   |

Предел устойчивости к световому излучению записываем по минимальному световому импульсу, вызывающему воспламенение, в нашем примере это 300 кДж/м<sup>2</sup> для досок, окрашенных в темный цвет.

По приложению Е определяем степень огнестойкости здания по наличию сгораемых и несгораемых элементов:

- несущие стены - несгораемые;
- перекрытие - несгораемое;
- кровля сгораемая.

Выбираем I степень огнестойкости – все части здания несгораемые. Предел огнестойкости несущих стен - 3 ч.

По приложению Ж определяем категорию производства по пожарной опасности: для производства по обработке металлов в холодном состоянии подходит категория пожарной опасности Д.

Определяем радиусы зон пожаров и место расположения объекта по формулам (12, 13, 14) для наземного взрыва мощностью 500 кт:

- зона пожаров в завалах -  $r_1 = 0,4 \cdot \sqrt[3]{q} = 3,6$  км;
- зона сплошных пожаров -  $r_2 = 0,6 \cdot \sqrt[3]{q} = 5,4$  км;
- зона отдельных пожаров -  $r_3 = 1,2 \cdot \sqrt[3]{q} = 10,8$  км.

Объект, расположенный на расстоянии 4,4 км от эпицентра, окажется в зоне сплошных пожаров. Графическая интерпретация зон пожаров дана на рисунке 2.

Результаты оценки устойчивости объекта к световому излучению сведем в таблицу 4.

Степени ожогов у людей и животных от светового импульса ядерного взрыва  $U_{св} = 460$  кДж/м<sup>2</sup> определим по приложению К: животные получат ожоги II степени, люди - III степени.

### **Выводы:**

1. Световой импульс  $U_{св} = 460$  кДж/м<sup>2</sup> достаточен для воспламенения дверей и оконных рам.
2. Объект окажется в зоне сплошных пожаров.

3. Люди получают ожоги III степени, животные - II.

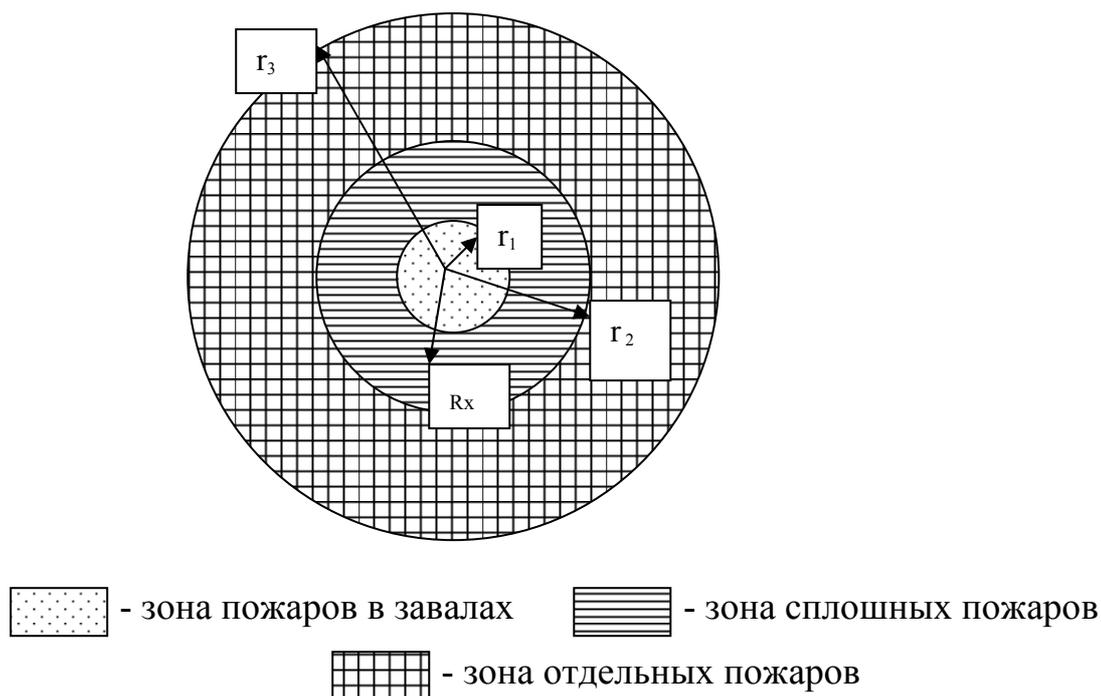


Рисунок 2 — Положение зон пожаров в очаге ядерного поражения

### 3. Оценка радиационной обстановки при ядерном взрыве

*Радиоактивное заражение* – поражающий фактор ядерного взрыва, вызываемый осколками деления ядерного горючего, наведенной радиоактивностью и непрореагировавшей частью заряда.

*Осколки деления* – смесь 80 нестабильных изотопов, которые претерпевают  $\beta$ -распад с испусканием  $\gamma$ -квантов.

Наведенная радиоактивность обусловлена образованием под действием нейтронов ряда радиоактивных изотопов:  $Al^{28}$ ,  $Na^{24}$ ,  $Mn^{56}$ .

Не разделившаяся часть ядерного заряда представляет собой  $\alpha$ -активные изотопы  $Pu^{239}$ ,  $U^{235}$ ,  $U^{238}$ .

При взрыве ядерного боеприпаса радиоактивные продукты поднимаются в воздух вместе с облаком взрыва, перемешиваясь вместе с частицами грунта, перемещаются на значительные расстояния, образуя след радиоактивного облака. След имеет форму вытянутого эллипса и условно делится на четыре зоны: умеренного (А), сильного (Б), опасного (В) и чрезвычайно опасного (Г) заражения (рисунок 3).

Границы зон характеризуются дозой  $\gamma$ -излучения (от момента образования следа до распада) или мощностью дозы (уровнем радиации) через час после взрыва.

На схемах и картах внешние границы наносятся разными цветами:

- А – синим, работы внутри зоны не прекращаются;
- Б – зелёным, работы прекращаются на сутки;
- В – коричневым, работы прекращаются до  $4^{\text{х}}$  суток, люди - в убежищах;
- Г – чёрным, работы прекращаются от  $4^{\text{х}}$  суток и более, люди - в убежищах.

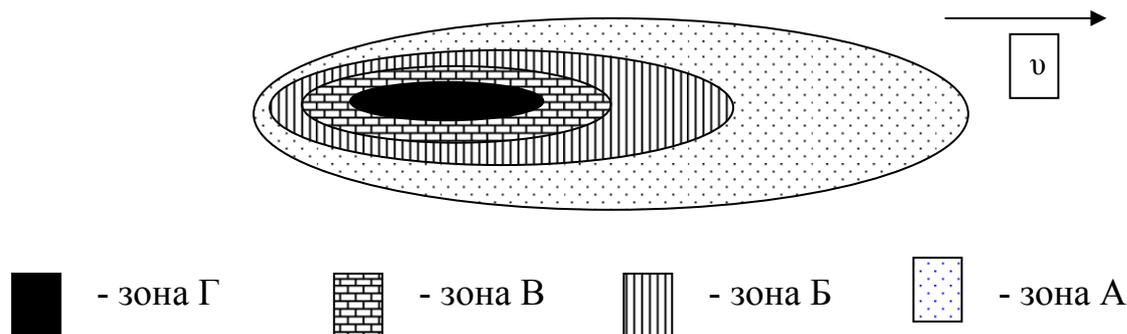


Рисунок 3 – След радиоактивного облака

Связь между дозой излучения до полного распада ( $D_{\infty}$ ) и уровнем радиации ( $P_t$ ) на время заражения выражается соотношением:

$$D_{\infty} = 5P_t \times t, \quad (15)$$

где  $P_t$  – уровень радиации на время  $t$ , Р/ч;

$t$  – время, прошедшее после взрыва, ч.

Внешняя граница зоны А характеризуется дозой  $D_{\infty}=40$  рад и уровнем радиации на 1 час после взрыва  $P_1=8$  рад/ч. Доля зоны 60% от площади следа.

На внешней границе зоны Б доза  $D_{\infty}=400$ рад; уровень радиации  $P_1=80$  рад/ч; доля зоны 20%.

На внешней границе зоны В  $D_{\infty}=1200$ рад;  $P_1=240$  рад/ч; доля зоны 13%.

Для зоны Г доза  $D_{\infty}=4000$ рад; уровень радиации  $P_1=800$  рад/ч; доля зоны 7%.

Размеры зон характеризуются длиной  $L$  и шириной  $Ш$ .

Длина зон:

$$L_A=16 L_{\Gamma}; L_B=5 L_{\Gamma}; L_B=2,5 \cdot L_{\Gamma}; L_{\Gamma} = \sqrt{q} \quad (16)$$

Ширина зоны заражения  $Ш$  зависит от длины зоны  $L$  и скорости ветра  $v$ :

$$- Ш=0,1L, \quad \text{при } v = 100 \text{ км/ч;} \quad (17)$$

$$- Ш=0,2L, \text{ при } v = 50 \text{ км/ч;} \quad (18)$$

$$- Ш=0,4L, \text{ при } v = 25 \text{ км/ч.} \quad (19)$$

С течением времени вследствие распада радиоактивных веществ уровни радиации уменьшаются. Спад подчиняется зависимости:

$$P_t = P_1 \times t^{-1,2}, \quad (20)$$

где  $P_t$  – уровень радиации на любое заданное время после взрыва, Р/ч;

$P_1$  – уровень радиации на 1 час после взрыва (эталонный), Р/ч;

$$P_t = K \times P_1 \quad (21)$$

где  $P_t$  - уровень радиации на время  $t$ , Р/ч, .

$K$  - коэффициент пересчета, выбирается по приложению 8

$t$  – время, прошедшее после взрыва, час;

$$t = t_{\text{изм}} - t_{\text{взр}}, \quad (22)$$

где  $t_{\text{взр}}$  – время взрыва, ч;

$t_{\text{изм}}$  – время измерения, ч.

Наиболее интенсивный спад радиации наблюдается за первые двое суток, и он идёт по принципу 7 – 10, т.е. с увеличением времени в 7 раз уровень радиации уменьшается в 10 раз. Местность считается заражённой, если уровень радиации составляет 0,5 рад/час и более.

Доза излучения, полученная людьми в подвальных помещениях, каменных домах и деревянных зданиях, рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{D_T \cdot P_1}{K_{\text{осл}} \cdot 100} \quad (23)$$

где  $D_T$  - экспозиционная доза, полученная на открытой местности при уровне радиации в 100 Р/ч на час после взрыва, Р;

$K_{\text{осл}}$  – коэффициент ослабления радиации (для подвальных помещений  $K_{\text{осл}} = 50$ , для каменных зданий  $K_{\text{осл}} = 10$ , для деревянных зданий  $K_{\text{осл}} = 3$ ).

### Задача № 3

Нанести радиационную обстановку с карты образца на карту-таблицу. Пользуясь приложением, рассчитать уровни радиации на час после взрыва для всех точек и населенных пунктов для заданного времени взрыва  $t_{\text{взр}}$ . На карте рядом с замерен-

ными уровнями радиации в скобках указать приведенный (эталонный) уровень радиации  $P_1$  для каждой точки. Цифры, полученные при расчете приведенных уровней, соединить плавными линиями, группируя по зонам заражения, и затонировать соответствующими цветами. Используя данные приложения, определить дозы облучения, полученные людьми за  $t_{п}$  часов, если время начала облучения с момента взрыв  $t_{обл}$ . Определить потери при облучении людей и выбрать режим защиты. Результаты расчетов занести в таблицу 6.

Варианты индивидуальных заданий приведены в таблице 5.

Таблица 5 — Индивидуальные задания к задаче № 3

| Вариант | Время взрыва<br>$t_{взр, ч}$ | Время пребывания людей<br>на зараженной местности,<br>$t_{п, ч}$ | Время начала<br>облучения<br>$t_{обл, ч}$ |
|---------|------------------------------|--|---|
| 1       | 1                            | 1  | 0,5                                       |
| 2       | 2                            | 2  | 1   |
| 3       | 3                            | 3  | 2   |
| 4       | 4                            | 4  | 4   |
| 5       | 5                            | 5  | 6   |
| 6       | 6                            | 6  | 8   |
| 7       | 7                            | 7  | 10  |
| 8       | 1                            | 8  | 12  |
| 9       | 2                            | 9  | 24  |
| 10      | 3                            | 10   | 1,5                                       |
| 11      | 4                            | 12   | 2,5                                       |
| 12      | 5                            | 14   | 3   |
| 13      | 6                            | 16   | 5   |
| 14      | 7                            | 18   | 7   |
| 15      | 1                            | 20   | 9   |
| 16      | 2                            | 22   | 14  |
| 17      | 3                            | 24   | 16  |
| 18      | 4                            | 30   | 18  |
| 19      | 5                            | 36   | 20  |
| 20      | 6                            | 48   | 36  |
| 21      | 7                            | 60   | 48  |
| 22      | 1                            | 72   | 72  |
| 23      | 2                            | 96   | 120                                       |
| 24      | 3                            | 120  | 240                                       |
| 25      | 4                            | 144  | 0,5                                       |

**Пример 3.** Ядерный взрыв произошел в 3 часа утра, время начала облучения 2 часа, время пребывания людей на зараженной местности 96 часов.

### **Решение:**

1. Наносим радиационную обстановку с карты образца на рабочую карту-таблицу по всем населенным пунктам и объектам: в числителе уровень радиации (Р/ч), в знаменателе время измерения (ч):

$$\frac{P_i(P/ч)}{t_{изм}(ч)}.$$

2. Для основных населенных пунктов и объектов проставляем радиационную обстановку в колонку 2 таблицы 6: п. Лебяжье -  $\frac{100(P/ч)}{12^{00}(ч)}$ ; п. Михайлово -  $\frac{1,5(P/ч)}{16^{00}(ч)}$ ; молочно-товарная ферма (МТФ) №1 -  $\frac{1,8(P/ч)}{16^{00}(ч)}$ ; МТФ №2 -  $\frac{43(P/ч)}{13^{00}(ч)}$ ; птицефабрика (ПФ) -  $\frac{35(P/ч)}{13^{00}(ч)}$ ; свиноферма (СФ) -  $\frac{18(P/ч)}{14^{00}(ч)}$ .

3. Определяем время после взрыва по формуле (22) для этих населенных пунктов и объектов, результаты записываем в колонку 3 таблицы 6. Например, для Лебяжьего измерение уровня радиации произведено в  $12^{00}$ , взрыв произошел в  $3^{00}$ , время после взрыва:

$$t = t_{изм} - t_{взр} = 12 - 3 = 9 \text{ ч}$$

4. По времени, прошедшему после взрыва, по приложению Л определяем коэффициент К. Например, для Лебяжьего время после взрыва 9 ч, коэффициент К=14.

5. Приводим уровень радиации к одному часу после взрыва по формуле (21) для всех точек и населенных пунктов таблицы 6. Например, для Лебяжьего:

$$P_i = K \times P_i = 14 \times 100 = 1400 \text{ Р/ч}$$

Результат проставляем в колонку 4 таблицы 6.

6. Подобным образом приводим уровни радиации к одному часу по всем населенным пунктам и объектам таблицы и заносим в колонку 4.

7. На карте в скобках проставляем полученные значения эталонных уровней радиации (на час после взрыва). Например, для п. Лебяжье  $\frac{100(P/ч)}{12^{00}(ч)}(1400)$ .

8. Рассчитываем эталонные уровни радиации для каждой точки на карте, и результаты проставляем в скобках около каждой дроби.

9. Определяем зоны радиоактивного заражения на местности, для этого цифры, полученные при расчетах, группируем по зонам заражения и соединяем плавной ли-

нией. Зона умеренного заражения А имеет уровни радиации от 8 до 80 Р/ч; территория с уровнями, лежащими в этом интервале, тонируется синим цветом. Зона сильного заражения Б имеет уровни радиации от 80 до 240 Р/ч; тонируется зеленым цветом. Зона опасного заражения В имеет уровни радиации от 240 до 800 Р/ч; тонируется коричневым цветом. Зона чрезвычайно опасного заражения - от 800 и более Р/ч; тонируется черным цветом (рисунок 4).

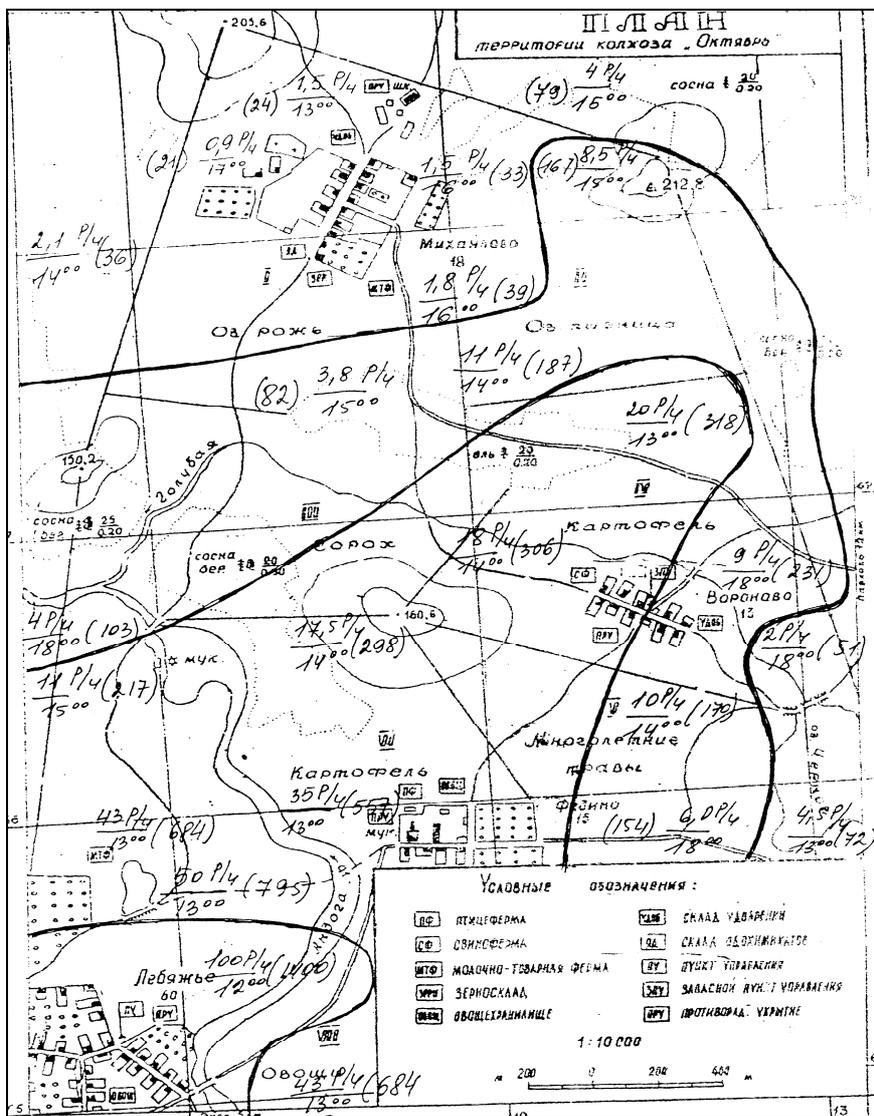


Рисунок 4 – Зоны радиоактивного заражения

10. По приложению М определим дозу облучения  $D_T$ , полученную населением на открытой местности при уровне радиации 100 Р/ч, если время начала облучения по условиям примера 2 ч, а время пребывания людей на зараженной местности 96 ч:  $D_T = 235,4 Р$ .

11. Так как по условиям задачи люди находятся в подвальных помещениях, каменных и деревянных домах, рассчитываем дозу облучения по формуле (23) для

всех населенных пунктов и объектов таблицы 6:

$$D = \frac{D_T \cdot P_1}{K_{осл} \cdot 100}$$

Например, для п. Лебяжьего - в подвальных помещениях:

$$D = \frac{D_T \cdot P_1}{K_{осл} \cdot 100} = \frac{235,4 \cdot 1400}{50 \cdot 100} = 65,9P$$

- в каменных домах:  $D = \frac{D_T \cdot P_1}{K_{осл} \cdot 100} = \frac{235,4 \cdot 1400}{10 \cdot 100} = 329,5P$

- в деревянных домах:  $D = \frac{D_T \cdot P_1}{K_{осл} \cdot 100} = \frac{235,4 \cdot 1400}{3 \cdot 100} = 1098,5P$

Подобным образом рассчитываем дозы по остальным населенным пунктам и заполняем графы 5, 6, 7 таблицы 6.

12. Определяем потери людей при облучении по приложению П и результаты заносим в графы в 8, 9, 10 таблицы 6.

Например, для п. Лебяжье при дозе облучения в подвальных помещениях 65,9P возможны изменения в крови людей. Для дозы в каменных помещениях 329,5P санитарные потери (с/п) составляют 100%, безвозвратные (б/п) – 20%. Люди, оставшиеся в живых, выздоравливают в течении 3-х месяцев. Для дозы 1098,5P безвозвратные и санитарные потери составят 100%. У людей рвота и тошнота наблюдается через 2 часа после облучения.

13. Определим режим защиты населения по приложению Н. Например, по п. Лебяжье для уровня радиации на час после взрыва 1400 P/ч номер режима Г-2, защита людей не обеспечивается. Для других режимов следует указать содержание режима – время нахождения в противорадиационном укрытии (ПРУ), время работы, общую продолжительность режима ( $t_1, t_2, t_3, t_4$ ).

Подобным образом определяем номер режима по всем населенным пунктам и объектам таблицы 6 для уровней радиации на час после взрыва. Результаты заносим в графы 11, 12 таблицы 6.

Таблица 6 – Результаты расчета радиационной обстановки на территории хозяйства

| Населенные пункты, объекты | Измеренные уровни радиации, $P, P/\text{ч}$ | Время, прошедшее после взрыва, $t, \text{ч}$ | Уровень радиации, приведенный к 1 часу, $P_1$ | Доза облучения, $D, P$                        |  |   | Потери населения        |                     |                    | Режим защиты населения | Содержание режима        |
|----------------------------|---|--|---|---|--|---|-------------------------|---------------------|--------------------|------------------------|--------------------------|
|                            |   |  |   | В подвальных помещениях $K_{\text{осл}} = 50$ | В каменных домах $K_{\text{осл}} = 10$ | В деревянных домах $K_{\text{осл}} = 3$ | В подвальных помещениях | В каменных домах    | В деревянных домах |                        |                          |
| 1                          | 2   | 3  | 4   | 5   | 6                                      | 7                                       | 8                       | 9                   | 10                 | 11                     | 12                       |
| Лебяжье                    | $\frac{100(P/\text{ч})}{12^{00}(t)}$        | 9  | 1400  | 65,9  | 329,5                                  | 1098,5                                  | Измен. в крови          | б/п=20%<br>с/п=100% | б/п=<br>с/п=100%   | Г-2                    | Защита не обеспечивается |
| Михайлово                  |   |  |   |   |  |   |                         |                     |                    |                        |                          |
| МТФ №1                     |   |  |   |   |  |   |                         |                     |                    |                        |                          |
| МТФ №2                     |   |  |   |   |  |   |                         |                     |                    |                        |                          |
| ПФ                         |   |  |   |   |  |   |                         |                     |                    |                        |                          |
| СФ                         |   |  |   |   |  |   |                         |                     |                    |                        |                          |

#### 4. Оценка химической обстановки

Под *химической обстановкой* понимают совокупность последствий химического заражения местности аварийно опасными химическими веществами (АХОВ) или отравляющими веществами (ОВ), оказывающих влияние на деятельность объектов народного хозяйства и населения.

Химическая обстановка создается в результате разлива (выброса) АХОВ с образованием зон химического заражения.

Повреждение или разрушение хранилищ, цистерн, емкостей, трубопроводов в результате аварий обуславливается попаданием АХОВ в атмосферу с последующим образованием зоны заражения. Двигаясь по направлению приземного ветра, облако АХОВ может формировать зону заражения глубиной до десятков километров, вызывая опасность поражения незащищенных рабочих и служащих химически опасных объектов, проживающего вблизи населения.

Под *зоной заражения* понимается территория, в пределах которой будет проявляться поражающее действие АХОВ, а под глубиной зоны понимается расстояние от источника заражения до границ зоны.

В зоне химического заражения может быть один или несколько очагов поражения. *Очагом химического поражения* называют территорию, в пределах которой в результате воздействия АХОВ произошли массовые поражения людей, животных и растений.

Исходные данные для оценки химической обстановки:

- Тип и количество АХОВ;
- Район и время выброса, разлива АХОВ;
- Степень защищенности людей;
- Топографические условия местности;
- Метеоусловия: скорость и направление ветра, температура воздуха и почвы, степень вертикальной устойчивости воздуха.

Различают три степени вертикальной устойчивости воздуха: инверсия, изотермия, конвекция (рисунок 5).

*Инверсия* возникает в вечерние часы за час до захода солнца, разрушается за час после его восхода. При инверсии нижние слои воздуха холоднее верхних, что препятствует рассеиванию по высоте и создает благоприятные условия для сохранения высоких концентраций АХОВ в воздухе.

*Изотермия* характеризуется стабильным равновесием, характерна для пасмурной погоды, может возникать в утренние и вечерние часы как переходное состояние от инверсии к конвекции и наоборот.

*Конвекция* возникает через два часа после восхода солнца и разрушается за два часа до его захода. Нижние слои воздуха нагреты больше, чем верхние, что способствует рассеиванию зараженного облака и снижению концентрации АХОВ. Наблюдается в летние, ясные дни.

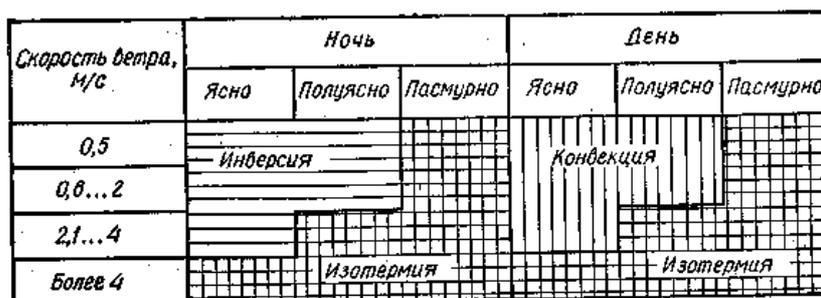


Рисунок 5 – График для определения вертикальной устойчивости воздуха

Оценка химической обстановки предусматривает определение размеров зоны химического заражения, времени подхода облака к населенному пункту, времени поражающего действия и возможных потерь в очаге поражения.

➤ Площадь разлива ХОВ определяют из выражения ( $m^2$ ):

$$S=G/(\rho h), \quad (25)$$

где  $G$  – масса АХОВ, т;

$\rho$  - плотность вещества,  $t/m^3$ ;

$h$ - толщина слоя разлившейся жидкости, м (принимается равной 0,05 м).

Толщина слоя разлившейся в поддон жидкости:

$$h=H - 0,2, \quad (26)$$

где  $H$  – высота поддона, м.

Глубина зоны распространения АХОВ может быть определена по таблице приложения Р, либо рассчитана по формуле:

$$\Gamma = \frac{342(G/D \cdot \vartheta)^{0.67}}{K_{ВУВ} \cdot K_{ОБВ}}, \quad (27)$$

где  $G$  – количество АХОВ, кг;

$D$  - токсодоза, мг · мин/л;

$v$  – скорость приземного ветра, м/с;

$K_{ВУВ}$  – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха;  $K_{ВУВ}=5$  (конвекция);  $K_{ВУВ}=1/5$  (инверсия);  $K_{ВУВ}=1$  (изотермия);

$K_{ОБВ}$  – коэффициент, учитывающий наличие обвалования;

$K_{ОБВ}=1,5$  (емкость обвалована);  $K_{ОБВ}=1$  (емкость не обвалована).

Ширина зоны химического заражения определяется по формуле (км):

$$\Pi=\alpha \cdot \Gamma, \quad (28)$$

где  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий изменение ширины зоны в зависимости от степени вертикальной устойчивости  $\alpha=0,03$  (инверсия),  $\alpha =0,15$  (изотермия);  $\alpha = 0,8$  (конвекция).

Площадь зоны химического заражения  $S_3$  определяется по формуле ( $km^2$ ):

$$S_3 =1/2 \Gamma \cdot \Pi, \quad (29)$$

Время подхода зараженного воздуха к населенному пункту  $t_{\text{подх}}$  (мин):

$$t_{\text{подх}} = \frac{R}{v_{\text{cp}} \cdot 60}, \quad (30)$$

где  $R$  – расстояние от объекта до места вылива, м;

$v_{\text{cp}}$  – скорость переноса облака, м/с; определяется по справочным таблицам или рассчитывается по формуле:

$$v_{\text{cp}} = (1,5 \dots 2) v_{\text{в}}, \quad (31)$$

где  $v_{\text{в}}$  – скорость ветра, м/с;

Время поражающего действия  $t_{\text{пор}}$  можно определить из выражения:

$$t_{\text{пор}} = t_{\text{исп}} \cdot K_{\text{в}}, \quad (32)$$

где  $K_{\text{в}}$  – коэффициент, зависящий от скорости ветра;

$t_{\text{исп}}$  – время испарения, ч;

$$t_{\text{исп}} = G / v_{\text{исп}}, \quad (33)$$

где  $v_{\text{исп}}$  – скорость испарения, т/мин (выбирается из справочных таблиц).

Возможные потери людей  $N_{\text{пот}}$ , оказавшихся в зоне химического поражения, определяются в зависимости от условий расположения людей и от обеспеченности их противогазами из справочных таблиц или рассчитываются по формуле:

$$N_{\text{пот}} = N_{\text{см}} \cdot G, \quad (34)$$

где  $N_{\text{см}}$  – средняя удельная смертность, чел/т;

$N_{\text{см}} = 0,5$  (хлор, фосген, хлорпикрин);  $N_{\text{см}} = 0,2$  (сероводород);

$N_{\text{см}} = 0,12$  (сернистый ангидрид);  $N_{\text{см}} = 0,05$  (аммиак);

$N_{\text{см}} = 0,02$  (сероуглерод);  $N_{\text{см}} = 12,5$  (метилизоцианат);

$G$  – масса выброса, т.

#### ***Задача № 4***

На складе вблизи МТФ № 2 произошла авария с выбросом в атмосферу АХОВ. Определить глубину, ширину и площадь зоны заражения, если емкость обвалована, местность открытая. Рассчитать время подхода облака к объекту, время поражающего действия и потери населения. Начертить в масштабе зону химического заражения. Исходные данные приведены в таблице 7.

Таблица 7 — Исходные данные к задаче № 4

| Вариант | Тип и количество АХОВ, т | Состояние атмосферы | Скорость ветра | Расстояние, R, км |
|---------|--------------------------|---------------------|----------------|-------------------|
| 1       | хлор 1                   | Ночь, полуясно      | 1              | 2.                |
| 2       | фосген 5                 | Ночь, пасмурно      | 2              | 3                 |
| 3       | цианист. водород 10      | День, ясно          | 2              | 4                 |
| 4       | аммиак 25                | Ночь, ясно          | 3              | 5                 |
| 5       | сернист. ангидрид 5      | День, пасмурно      | 3              | 6                 |
| 6       | сероводород 5            | День, ясно          | 4              | 7                 |
| 7       | хлор 5                   | Ночь, полуясно      | 1,5            | 2,5               |
| 8       | фосген 10                | Ночь, пасмурно      | 4              | 3,5               |
| 9       | цианист. водород 1       | День, полуясно      | 2,5            | 4,5               |
| 10      | аммиак 10                | Ночь, ясно          | 3,5            | 5,5               |
| 11      | серн. ангидрит 10        | Ночь, пасмурно      | 5              | 6,5               |
| 12      | сероводород 10           | День, ясно          | 1              | 7,5               |
| 13      | хлор 10                  | Ночь, ясно          | 2              | 2                 |
| 14      | фосген 25                | День, пасмурно      | 6              | 3                 |
| 15      | циан. водород 5          | День, полуясно      | 3              | 4                 |
| 16      | аммиак 5                 | Ночь, ясно          | 4              | 5                 |
| 17      | серн. ангидрит 25        | Ночь, пасмурно      | 7              | 6                 |
| 18      | сероводород 25           | День, ясно          | 1,5            | 7                 |
| 19      | хлор 25                  | Ночь, ясно          | 2,5            | 2,5               |
| 20      | циан. водород 10         | День, пасмурно      | 8              | 3,5               |
| 21      | аммиак                   | День, полуясно      | 3,5            | 4,5               |
| 22      | серн. ангидрит 50        | Ночь, ясно          | 1              | 5,5               |
| 23      | сероводород 50           | Ночь, пасмурно      | 9              | 6,5               |
| 24      | фосген 75                | День, ясно          | 2              | 7,5               |
| 25      | аммиак 100               | Ночь, ясно          | 3              | 8,5               |

**Пример 4.** Произошел выброс на открытой местности аммиака 25 т из обвалованной емкости. Местность открытая. Ночь, ясно, скорость ветра 3 м/с. Расстояние от места вылива до объекта 8 км. Определить размеры зоны заражения, оценить последствия аварии для людей, если 200 чел находятся на открытой местности, 100 чел – в укрытии. Обеспеченность противогАЗами 40%.

**Решение:**

1. По рисунку 5 определяем степень вертикальной устойчивости воздуха при скорости 3 м/с ночью, в ясную погоду – инверсия.

2. По приложению Р определяем табличное значение глубины распространения облака аммиака из не обвалованной емкости при скорости 1 м/с, для инверсии: она равна 8,5 км.

3. В нашем примере емкость обвалована, значит уменьшаем глубину распространения в 1,5 раза:  $8,5 : 1,5 = 5,7$  км ( см. п. 3 примечания к приложению Р).

4. По условиям примера скорость ветра 3 км/ч. Пользуясь приложением С, находим поправочный коэффициент при инверсии  $K_v = 0,45$ . Находим фактическую глубину с учетом скорости ветра:  $\Gamma_{\phi} = 5,7 \cdot 0,45 = 2,6$  км.

5. Ширину зоны при инверсии определим по формуле (28):

$$\text{Ш} = 0,03 \cdot \Gamma = 0,03 \cdot 2,6 = 0,07 \text{ км.}$$

6. Площадь зоны заражения найдем по формуле (29):

$$S = \frac{1}{2} \cdot 2,6 \cdot 0,07 = 0,1 \text{ км}^2$$

7. Строим зону заражения с учетом направления ветра.

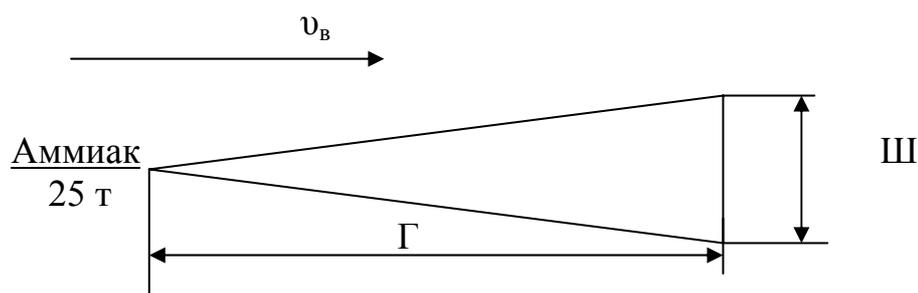


Рисунок 6 - Зона химического заражения

8. Скорость переноса облака рассчитаем по формуле (31):

$$v_{\text{ср}} = (1,5 \dots 2) v,$$

Поправочный коэффициент 1,5 берется при  $R < 10$  км; 2 – при  $R > 10$  км.

Объект расположен от места вылива на расстоянии 8 км (меньше 10 км). Скорость переноса облака будет равна:

$$v_{\text{ср}} = 1,5 \cdot v = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{ м/с.}$$

9. Время подхода зараженного воздуха рассчитаем по формуле (30):

$$t_{\text{подх}} = \frac{R}{v_{\text{ср}} \cdot 60} = \frac{8000}{4,5 \cdot 60} = 29 \text{ мин}$$

10. Определим потери людей по приложению Т. Найдем в столбце «Обеспеченность противогАЗами» 40%, для этого значения потери составят:

- для людей на открытой местности - 56%;
- для людей в укрытиях – 30%.

Так как по условию примера на открытой местности находится 200 чел, а в укрытиях 100, потери составят:

- на открытой местности  $\Pi_o = 200 \cdot 0,56 = 112$  чел;
- в укрытиях  $\Pi_y = 100 \cdot 0,30 = 30$  чел.

- Всего пострадает  $\Pi = 112 + 30 = 142$  чел.

В примечании к приложению Т приведена структура потерь: пострадают в легкой степени 25%, средней и тяжелой степени 40%, со смертельным исходом - 35%.

Определим структуру потерь от всех пострадавших:

- пострадают в легкой степени  $142 \cdot 0,25 = 36$  чел;
- пострадают в средней и тяжелой степени  $142 \cdot 0,40 = 57$  чел;
- пострадают со смертельным исходом  $142 \cdot 0,35 = 49$  чел.

**Вывод:** От места вылива до п. Михайлово, располагающегося на расстоянии 8 км, облако аммиака при скорости ветра 3 м/с дойдет за 29 мин. Пострадает 142 чел, из них погибнет 49 чел.

## 5. Методика определения зоны чрезвычайной ситуации при взрыве топливовоздушной (ТВС) или газовоздушной смеси (ГВС)

При взрыве ТВС, ГВС образуется очаг взрыва с ударной волной, вызывающей разрушение зданий, сооружений и оборудования.

В очаге поражения при взрыве ГВС, ТВС образуются три зоны:

- зона детонационной волны;
- зона действия продуктов взрыва;
- зона действия воздушной ударной волны.

Радиус зоны детонационной волны  $r_1$  рассчитывают по формуле:

$$R_1 = 1,75 \sqrt[3]{Q} \quad (35)$$

где  $Q$  - количество сжиженного углеводородного газа, т.

Избыточное давление в пределах этой зоны  $\Delta P_{\phi}$  может достигать 1700 кПа, оно определяется по формуле Садовского:

$$\Delta P_{\phi 1} = 950 \cdot \sqrt[3]{Q} / R_1 + 39000 \cdot \sqrt[3]{Q^2} / R_1^2 + 1300000 Q / R_1^3 \quad (36)$$

Радиус зоны действия продуктов взрыва определяют по формуле:

$$R_1 = 1,7 R_1 \quad (37)$$

Избыточное давление в зоне действия продуктов взрыва меняется в пределах от 300 до 1350 кПа, его можно рассчитать по формуле:

$$\Delta P_{\phi 2} = 1300 (R_1 / R)^3 + 50, \quad (38)$$

где  $R$  - расстояние от центра взрыва до рассматриваемой точки, м.

Радиус зоны действия воздушной ударной волны рассчитывают по формуле:

$$R_3 = 12,3 \cdot R_1 \quad (39)$$

Избыточное давление в зоне действия воздушной ударной волны рассчитывают по формулам:

- при  $K \leq 2$  
$$\Delta P = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8K^3} - 1)} \quad (40)$$

- при  $K > 2$  
$$\Delta P = \frac{22}{K(\sqrt{\lg K + 0,158})} \quad (41)$$

где  $K$  - относительная величина;

$$K = 0,24 (R / R_1), \quad (42)$$

где  $R$  – расстояние от центра взрыва до точки, где определяется избыточное давление, м;

$R_1$  - радиус зоны детонационной волны, м,

Характер разрушений зданий приведен в таблице 8.

Таблица 8 - Уровни разрушения зданий от ударной волны взрыва ГВС, ТВС

| Характеристика повреждения здания            | Избыточное давление, кПа |
|--|--------------------------|
| Полное разрушение здания                     | 70                       |
| Тяжелое повреждение, здание подлежит сносу   | 33                       |
| Среднее повреждение, возможно восстановление | 25                       |
| Разбито 90% остекления                       | 4                        |
| Разбито 50% остекления                       | 0,2                      |
| Разбито 5% остекления                        | 0,0,5                    |

### Задача № 5

Рассчитать радиусы зон детонационной волны, действия продуктов взрыва и воздушной ударной волны при взрыве емкости  $Q$  (т) сжиженного углеводородного газа. Определить и указать на схеме зону, в которой находится объект, если расстояние его от емкости  $R$  (м). Рассчитать избыточное давление взрыва в районе объекта  $\Delta P$  и определить характер разрушения объекта по таблице 8.

Исходные данные приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Исходные данные к задаче № 5

|  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Вариант  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
| Количество газа, Q, (т)                              | 180 | 300 | 140 | 300 | 180 | 350 | 200 | 170 | 100 | 350 | 380 | 250 | 150 |
| Расстояние от объекта до емкости, R <sub>0</sub> (м) | 140 | 150 | 120 | 300 | 100 | 200 | 200 | 130 | 50  | 200 | 200 | 150 | 300 |
| Вариант  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  |
| Количество газа, Q, (т)                              | 110 | 120 | 300 | 100 | 110 | 130 | 160 | 190 | 210 | 220 | 230 | 240 | 140 |
| Расстояние от объекта до емкости, R <sub>0</sub> (м) | 150 | 200 | 300 | 100 | 160 | 200 | 300 | 250 | 300 | 240 | 190 | 200 | 400 |

**Пример №5.** Произошел взрыв емкости с пропаном Q =100т, расстояние до объекта R=300м. Определить радиусы и избыточное давление зон поражения и характер разрушения объекта.

**Решение:**

1. Определяем радиус детонационной волны по формуле (35):

$$R_1 = 1,75 \cdot \sqrt[3]{100} \cong 80_m$$

2. Определяем радиус действия продуктов взрыва по формуле (37):

$$R_2 = 1,7 \cdot 80 \cong 137_m$$

3. Определяем радиус действия воздушной ударной волны по формуле (39):

$$R_3 = 112,3 \cdot 80 = 984_m$$

4. Определяем зону, в которой находится объект. Объект находится за пределами зоны детонационной волны и зоны действия продуктов взрыва. Т.к. расстояние до объекта 300 м, он находится в зоне воздушной ударной волны.

5. Для выбора формулы расчета избыточного давления в третьей зоне находим коэффициент K по формуле (42):

$$K = 0,24 \frac{R}{R_1} = 0,24 \frac{300}{80} = 0,9 < 2$$

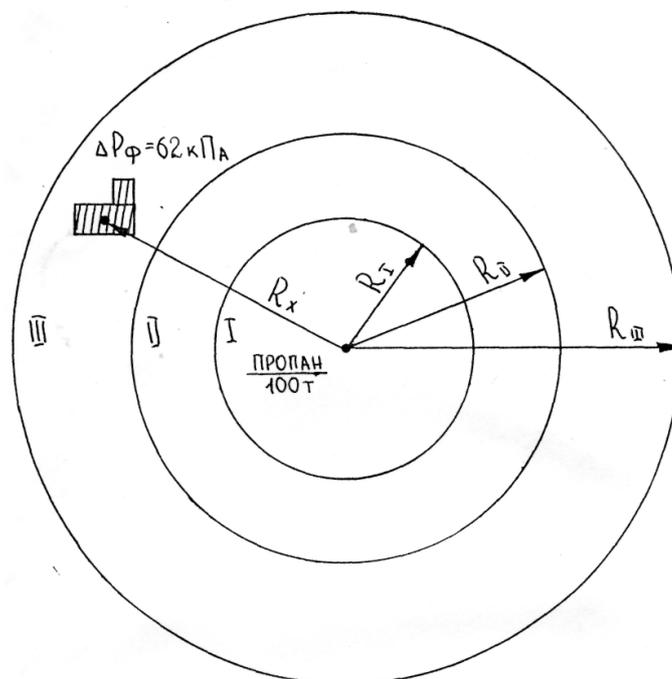
6. Рассчитаем избыточное давление в зоне, где находится объект, для этого используем формулу (40), так как  $K < 2$ :

$$\Delta P_{III} = \frac{700}{3(1 + 29,8 \cdot 0,9^3 - 1)} \cong 62 \text{ кПа}$$

7. Определим характер разрушения зданий, используя таблицу 8: объект получит полное разрушение, здание не подлежит восстановлению.

8. Результаты оформляем схемой, приведенной на рисунке 7.

**Вывод:** При взрыве 100т сжиженного пропана цех окажется под воздействием ударной волны с избыточным давлением около 60 кПа. Характер разрушений определим по таблице 2 – при 60 кПа здание получит полное разрушение.



- I - зона детонационной волны,  $R=80$  м,
- II- зона действия продуктов взрыва,  $R=136$  м,
- III- зона воздушной ударной волны,  $R=984$  м,
- $R_x$ - расстояние до объекта,  $R_x = 300$  м

Рисунок 7 - Зона очага взрыва ГВС, ТВС

## Литература

1. Акимов Н.И., Ильин В.Г. Гражданская оборона на объектах сельскохозяйственного производства. – М.: Колос, 1984.
2. Гражданская оборона / Под ред. Е.П. Шубина. – М.: Просвещение, 1991.
3. Демиденко Г. П. Защита объектов народного хозяйства от ОМП: Справочник. – Киев, Выща школа, 1989.
4. Николаев Н.С., Дмитриев И.М. Гражданская оборона на объектах АПК. - М.: Агропромиздат, 1990.

Методические указания

Лумисте Елена Геннадьевна

**Чрезвычайные ситуации  
мирного и военного времени**

методические указания  
по выполнению расчетно-графической работы

Редактор Лебедева Е.М.

---

Подписано к печати 25.05.2009 г.      Формат 60x84. 1/16.  
Бумага офсетная.    Усл.п.л. 1.86.    Тираж 100 экз.    Изд.№ 1399.

---

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