

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

**«ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»**

Методические указания
по выполнению расчетно-графической работы
для студентов специальностей:
6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств»,
6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и
инструменты»,
7-07-0712-02 «Теплоэнергетика и теплотехника»,
6-05-0716-01 «Метрология, стандартизация и контроль качества»
дневной формы обучения

Витебск
2025

УДК 658.345:574

Составители:

А. В. Гречаников, И. А. Тимонов

Одобрено кафедрой «Экология и химические технологии»
УО «ВГТУ», протокол № 9 от 19.02.2025.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом
УО «ВГТУ», протокол № 6 от 26.02. 2025.

«Защита населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность» : методические указания по выполнению расчетно-графической работы / сост. А. В. Гречаников, И. А. Тимонов – Витебск : УО «ВГТУ», 2025. – 40 с.

В методических указаниях приводится методика выполнения РГР, изложены методика оценки химической обстановки после аварии на химически опасном объекте, оценки радиационной обстановки, а также оценка устойчивости работы хозяйственных объектов, правила построения защитных сооружений.

УДК 658.345:574

© УО «ВГТУ», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	5
1 ПОСТРОЕНИЕ РОЗЫ ВЕТРОВ	11
2 ВЫБОР МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОГО ОБЪЕКТА (ХОО)	12
3 ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗОНЫ ХИМИЧЕСКОГО ЗАРАЖЕНИЯ	12
3.1 <i>Определение количественных характеристик выброса</i>	14
3.2 <i>Определение эквивалентного количества вещества по первичному облаку</i>	14
3.3 <i>Определение эквивалентного количества вещества по вторичному облаку</i>	15
3.4 <i>Расчет глубины зоны заражения при аварии на химически опасном объекте</i>	16
3.5 <i>Определение площади зоны заражения</i>	20
4 ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗОНЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАРАЖЕНИЯ	21
5 ПОРЯДОК ПОСТРОЕНИЯ ЗОН ХИМИЧЕСКОГО И РАДИОАКТИВНОГО ЗАРАЖЕНИЯ	24
6 ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ОБЪЕКТА	26
6.1 <i>Оценка устойчивости объекта к воздействию проникающей радиации и радиоактивного заражения</i>	26
6.2 <i>Определение режима работы смен химически опасного объекта</i>	27
6.3 <i>Планировка и расчёт убежища</i>	29
6.4 <i>Оценка защитного сооружения (убежища)</i>	35
6.5 <i>Составление принципиальной схемы защитного сооружения (убежища)</i> ..	36
7 ВЫВОД	36
ЛИТЕРАТУРА	37
Приложение А. Примеры принципиальных схем убежища	38

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Защита населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность» – научно-практическая учебная дисциплина, содержащая вопросы защиты населения и территорий Республики Беларусь от чрезвычайных ситуаций, обеспечения радиационной безопасности.

Общей целью изучения дисциплины «Защита населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность» является формирование культуры безопасности жизнедеятельности будущих специалистов, основам организации защиты населения и объектов хозяйствования от чрезвычайных ситуаций, основанной на системе социальных норм, ценностей и установок, обеспечивающих сохранение их жизни, здоровья и работоспособности в условиях постоянного взаимодействия со средой обитания.

Задачами изучения дисциплины «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность» является приобретение знаний в области защиты населения и радиационной безопасности, изучение принципов противорадиационной защиты, а также овладение методами прогнозирования и оценки чрезвычайных ситуаций.

Учебными планами специальностей 6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств», 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», 7-07-0712-02 «Теплоэнергетика и теплотехника», 6-05-0716-01 «Метрология, стандартизация и контроль качества» в процессе изучения дисциплины предусмотрено выполнение расчетно-графической работы.

В результате изучения теоретической части и выполнения расчетно-графической работы студент обязан знать: возможные чрезвычайные ситуации и экологическую безопасность; способы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, правила поведения и выживания в них людей; уметь: пользоваться методиками прогнозирования и оценки чрезвычайных ситуаций; пользоваться нормативной и справочной литературой.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Вариант № _____

(Ф.И.О., № группы)

1. Город: _____
2. Наименование СДЯВ: _____
3. Количество СДЯВ (т): _____
4. Характер разлива: _____
5. Время суток и условия погоды: _____
6. Скорость ветра (м/с; км/ч): _____
7. Температура воздуха (°С): _____
8. Направление на РОО: _____
9. Эквивалентная мощность ядерного боеприпаса (кт) _____
10. Удаленность РОО от ХОО (км): _____
11. Численность работающих на ХОО (чел.): _____
12. Характеристика зданий и сооружений: _____

Задание выдал: _____

Примерное содержание и рекомендуемая последовательность выполнения расчетно-графической работы (РГР).

В задачу выполнения РГР входит: 1 – построение розы ветров; 2 – выбор месторасположения химически опасного объекта (ХОО); 3 – оценка химической обстановки; 4 – расчет площади химического заражения местности; 5 – вычерчивание зоны химического заражения местности; 6 – оценка радиационной обстановки и определение границ зоны радиоактивного заражения; 7 – вычерчивание следа радиоактивного заражения местности; 8 – оценка устойчивости работы ХОО; 9 – оценка инженерной защиты рабочих и служащих ХОО и расчет убежища; 10 – мероприятия по защите рабочих и служащих ХОО; 11 – вычерчивание эскиза планировки убежища; 12 – выводы; 13 – литература.

Варианты заданий представлены в таблице 1. Значения повторяемости ветра в процентах и характеристика зданий ХОО представлены в таблице 2.

РГР выполняется на формате 210×297 (А4), шрифт – Times New Roman 14пт, поля – со всех сторон по 2 см, межстрочный интервал – одинарный, красная строка 1,25 см, выравнивание – по ширине.

Графическая часть выполняется на листах формата 210×297 (А4), где вычерчиваются:

- роза ветров;
- контур города, ХОО, центр аварии на РОО, зоны химического заражения, зоны радиоактивного заражения;
- эскиз планировки убежища.

Таблица 1 – Варианты заданий расчётно-графической работы

№ Варианта	Город с населением (тыс. чел)	Химически-опасный объект (ХОО)							Радиационно-опасный объект (РОО)			
		СДЯВ	кол-во, т	характер разлива h , м	скорость ветра, м/с	температура воздуха t_B , °С	время суток и условия погоды	численность работающих на ХОО, $N_{ХОО}$, чел	эквивалентная мощность выброса, кт	скорость ветра, км/ч	удаление от ХОО, км	направление на РОО, градусы
1	А (140)	Акрилонитрил	95	Поддон, 1,2	1	+20	Ночь (ясно)	350	10	10	5	0
2	Б (85)	Аммиак (изотермическое)	120	Свободный, 0,05	2	0	Вечер (ясно)	700	10	25	10	45
3	В (345)	Ацетоннитрил	100	Поддон, 1	3	+20	Ночь (ясно)	500	10	50	10	90
4	Г (220)	Ацетонциангидрин	105	Поддон, 0,8	5	+20	Вечер (ясно)	420	20	10	10	135
5	Д (180)	Водород мышьяковистый	95	Свободный, 0,05	6	-20	Ночь (облачно)	300	20	25	10	180
6	Е (280)	Арсин	110	Поддон, 1	7	0	Вечер (облачно)	350	20	50	15	225
7	Ж (100)	Водород хлористый	85	Свободный, 0,05	8	+20	Ночь (облачно)	520	50	10	15	270
8	З (290)	Водород бромистый	95	Поддон, 0,7	9	0	Утро (ясно)	600	50	25	20	0

Продолжение таблицы 1

9	И (320)	Диметил-амин	135	Свободный, 0,05	10	+20	День (облачно)	700	50	50	20	45
10	К (350)	Метил-амин	145	Свободный, 0,05	11	+20	Утро (ясно)	650	100	10	15	90
11	Л (215)	Метил-бромистый	120	Обваловка, 0,8	1	+20	День (облачно)	720	100	25	30	135
12	М (190)	Метилакрилат	95	Обваловка, 1,2	2	-20	Вечер (ясно)	800	100	50	40	180
13	Н (80)	Метил-меркаптан	85	Обваловка, 1,3	3	+20	Ночь (ясно)	750	10	10	5	225
14	О (78)	Нитрил акриловой кислоты	60	Обваловка, 1,5	4	-20	Вечер (ясно)	650	10	25	10	270
15	П (110)	Окись этилена	90	Обваловка, 0,9	5	+20	Вечер (облачно)	520	10	50	10	0
16	Р (320)	Сернистый ангидрид	150	Свободный, 0,05	6	0	Ночь (облачно)	780	20	10	10	45
17	С (270)	Сероводород	170	Свободный, 0,05	7	-20	Вечер (облачно)	620	20	25	10	90
18	Т (280)	Сероуглерод	140	Поддон, 1,0	8	-20	Утро (ясно)	850	20	50	15	135
19	У (90)	Соляная кислота (концент.)	125	Поддон, 1,2	9	0	День (облачно)	900	50	10	15	180
20	Ф (110)	Окислы азота	80	Обваловка, 1,5	10	+20	Утро (ясно)	850	50	25	20	225

Окончание таблицы 1

21	X (92)	Формаль-дегид	120	Обва-ловка, 0,8	11	0	День (об-лачно)	880	50	50	20	270
22	Ц (100)	Фтор	92	Свобод-ный, 0,05	1	-20	Вечер (ясно)	920	100	10	15	0
23	Ч (95)	Фосген	75	Обва-ловка, 0,8	2	0	Ночь (ясно)	740	100	25	30	45
24	Ш (130)	Фосфора хлорокись	80	Обва-ловка, 0,7	3	0	Вечер (ясно)	880	100	50	40	90
25	Щ (70)	Хлор	75	Свобод-ный, 0,05	4	+20	Ночь (об-лачно)	570	10	10	5	135
26	Э (150)	Хлорпик-рин	60	Поддон, 0,6	5	-20	Вечер (об-лачно)	630	10	25	10	180
27	Ю (195)	Хлорциан	100	Свобод-ный, 0,05	6	+20	Ночь (об-лачно)	800	10	50	10	225
28	Я (175)	Этилена-мин	190	Поддон, 1,5	7	0	Вечер (об-лачно)	790	20	10	10	270
29	S (185)	Этилен-сульфид	215	Поддон, 1,2	8	-20	Утро (ясно)	910	20	25	10	0
30	W (120)	Этилмер-каптан	200	Обва-ловка, 1,2	9	0	День (об-лачно)	1000	20	50	15	45

Таблица 2 – Повторяемость ветра и характеристика здания ХОО

Город	Повторяемость ветра в % (СНБ 2.04.02 –2000)								Характеристика зданий ХОО	
	С	С-В	В	Ю-В	Ю	Ю-З	З	С-З	Материал стен	Толщина стен, мм
А	10	12	11	6	7	10	21	23	бетон	300
Б	7	3	21	22	13	8	14	12	кирпич	500
В	19	17	11	7	6	9	17	14	бетон	400
Г	7	7	5	7	9	14	31	20	кирпич	370
Д	6	9	14	34	3	1	7	26	бетон	300
Е	14	10	6	6	9	13	20	22	кирпич	370
Ж	3	3	4	11	22	33	16	8	бетон	400
З	12	6	7	8	13	15	21	18	кирпич	500
И	12	13	7	11	15	14	14	14	бетон	300
К	7	10	8	16	26	18	10	5	кирпич	500
Л	9	7	13	17	19	18	10	7	бетон	400
М	8	6	5	18	21	22	12	8	кирпич	370
Н	3	5	27	7	7	13	20	18	бетон	300
О	11	7	8	7	9	16	24	18	кирпич	370
П	12	10	7	9	9	13	21	19	бетон	400
Р	8	9	3	13	25	22	15	5	кирпич	500
С	14	8	7	7	7	17	21	19	бетон	300
Т	9	3	3	20	29	14	6	16	кирпич	500
У	12	9	8	7	10	10	23	21	бетон	400
Ф	14	16	10	9	5	10	17	19	кирпич	370
Х	10	12	11	6	7	10	21	23	бетон	300
Ц	7	3	21	22	13	8	14	12	кирпич	370
Ч	19	17	11	7	6	9	17	14	бетон	400
Ш	6	9	14	34	3	1	7	26	кирпич	500
Щ	8	6	5	18	21	22	12	8	бетон	300

Окончание таблицы 2

Э	10	12	11	6	7	10	21	23	кирпич	500
Ю	12	13	7	11	15	14	14	14	бетон	400
Я	7	10	8	16	26	18	10	5	кирпич	370
С	3	3	4	11	22	33	16	8	бетон	300
W	8	6	5	18	21	22	12	8	кирпич	370

1 ПОСТРОЕНИЕ РОЗЫ ВЕТРОВ

Таблица 3 – Повторяемость ветра (роза ветров), %

С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ

При построении розы ветров надо учитывать, что:

1. Диаметр окружности принимается 10-15 мм.
2. Выбираем масштаб и в зависимости от значений повторяемости ветра в процентах от окружности откладываем отрезки, а затем полученные точки соединяем.
3. При анализе схемы розы ветров необходимо учитывать преобладающее направление ветра.

Пример выполнения розы ветров представлен на рисунке 1.

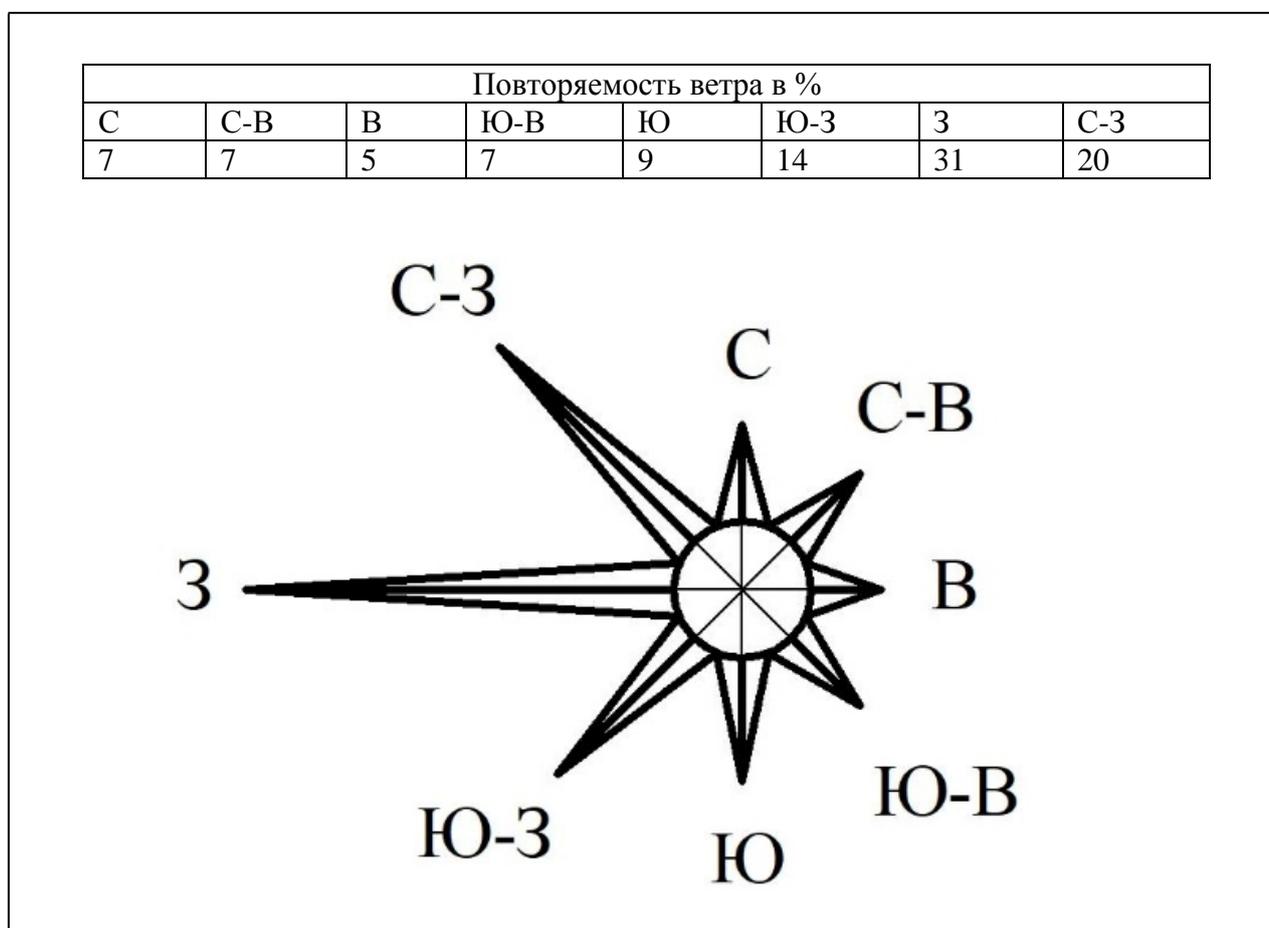


Рисунок 1 – Роза ветров

2 ВЫБОР МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОГО ОБЪЕКТА (ХОО)

На основе анализа схемы розы ветров выбирается месторасположение химически опасного объекта. Химический опасный объект, являющийся источником выброса СДЯВ, должен располагаться на границе населённого пункта, с подветренной стороны, так чтобы выбросы СДЯВ при аварии уносились в сторону от населенного пункта.

При построении границ населённого пункта надо учитывать, что населенный пункт численностью 100 000 чел имеет приблизительный радиус границы $R_{н.п.} \approx 6$ км.

3 ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗОНЫ ХИМИЧЕСКОГО ЗАРАЖЕНИЯ

Химически опасный объект (ХОО) – это объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные химические вещества, при аварии на котором или при разрушении которого может произойти гибель или химическое заражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также химическое заражение окружающей среды.

Химическая обстановка создается в результате разлива (выброса) сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ) или применения химического оружия (боевых отравляющих веществ (ОВ)) с образованием зон химического заражения и очагов химического поражения (ОХП).

Оценка химической обстановки включает:

- определение масштабов и характера химического заражения;
- анализ их влияния на деятельность объектов, формирований МЧС и населения;
- выбор наиболее целесообразных вариантов действий, при которых исключается поражение людей.

Оценка химической обстановки производится методом прогнозирования и по данным химической разведки.

Исходными данными для оценки химической обстановки являются:

- тип и количество СДЯВ, ОВ;
- средства применения химического оружия и способ доставки отравляющих веществ;
- район и время выброса СДЯВ, применения химического оружия;
- степень защищенности людей;
- топологические условия (застройка местности, вид местности);

– метеоусловия (скорость и направление ветра, температура воздуха и почвы, степень вертикальной устойчивости).

Степень вертикальной устойчивости характеризует состояние приземных воздушных слоев. Существует 3 степени вертикальной устойчивости:

1. *Инверсия* – возникает в вечернее время за 1 час до захода солнца и разрушается в течение часа после его восхода. При инверсии нижние слои воздуха холоднее верхних, что препятствует его рассеиванию вверх и создает условия для сохранения высоких концентраций зараженного воздуха.

2. *Изотермия* – характеризуется стабильным равновесным состоянием воздушных масс. Она наиболее характерна для пасмурной погоды, но может возникать и в утренние и вечерние часы как переходное состояние от инверсии к конвекции (утром) и наоборот (вечером).

3. *Конвекция* – возникает обычно через 2 часа после восхода солнца, разрушается за 2–2,5 часа до его захода и наблюдается в наиболее ясные дни. При конвекции нижние слои воздуха нагреты сильнее, чем верхние, что способствует быстрому рассеиванию зараженного облака и уменьшению его поражающего действия.

Для оценки обстановки на химически опасных объектах используется методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами (РД-52-04.253-90). Методика предназначена для решения задач гражданской обороны и позволяет определить только границы зоны порогового поражения. Оценка обстановки на ХОО, имеющих СДЯВ (в специальной литературе применяется также термин – «аварийные химически опасные вещества» – АХОВ.), проводится с целью организации защиты людей, которые могут оказаться в очаге поражения.

Оценка химической обстановки на объектах, имеющих СДЯВ, предусматривает:

- определение зон химического заражения и очагов химического поражения;
- определение времени подхода зараженного воздуха к определенному рубежу (объекту);
- определение времени поражающего действия;
- определение возможных людских потерь.

Исходными данными для прогнозирования являются:

- общее количество СДЯВ на ХОО и данные по его размещению в ёмкостях и технологических трубопроводах;
- количество СДЯВ, выброшенных в атмосферу, и характер их разлива (в поддон, в обваловку или свободный);
- токсические свойства СДЯВ;
- метеорологические условия (температура воздуха, скорость ветра на высоте 10 м, состояние приземного слоя воздуха);
- пороговая токсодоза $D_{пор}$, мг·мин/л, при ингаляционном воздействии на организм человека.

3.1 Определение количественных характеристик выброса

Количественные характеристики выброса СДЯВ для расчета масштабов заражения определяются по их эквивалентным значениям.

Для сжатых газов эквивалентное количество вещества определяется только по первичному облаку.

Для сжиженных СДЯВ, имеющих температуру кипения (t_K) выше температуры окружающей среды (t_B), $t_K > t_B$, эквивалентное количество вещества определяется только по вторичному облаку.

Для СДЯВ, температура кипения которых ниже температуры окружающей среды, $t_K < t_B$, эквивалентное количество вещества определяется по первичному и вторичному облаку.

При прогнозировании химической обстановки принимается, что при разгерметизации емкости произошел разлив всего имеющегося в ней запаса СДЯВ. При этом площадь разлива определяется:

$$S_p = \frac{G}{\rho \cdot H}, \quad (1)$$

где S_p – площадь разлива, м²; G – масса (количество) СДЯВ, т; ρ – плотность СДЯВ, т/м³ (табл. 5); H – толщина слоя СДЯВ, м.

Толщина слоя СДЯВ, разлившегося свободно по подстилающей поверхности, принимается по всей площади разлива $H = h = 0,05$ м.

При проливе СДЯВ из ёмкостей, имеющих самостоятельный поддон (обваловку), толщина слоя жидкости принимается:

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

где H – высота жидкости, м; h – высота поддона (обваловки), м.

3.2 Определение эквивалентного количества вещества по первичному облаку

Эквивалентное количество СДЯВ в первичном (вторичном) облаке – это такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при данной степени вертикальной устойчивости атмосферы количеством СДЯВ, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

Эквивалентное количество СДЯВ по первичному облаку определяется по формуле

$$Q_{\text{Э1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot G, \quad (3)$$

где $Q_{\text{Э1}}$ – эквивалентное количество СДЯВ по первичному облаку, т; K_1 – коэффициент, зависящий от условий хранения СДЯВ (табл. 5); K_3 – коэффициент,

учитывающий токсичность СДЯВ, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого СДЯВ (табл. 5); K_5 – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха (степень вертикальной устойчивости воздуха (табл. 4) после чего принимается: для инверсии – $K_5 = 1$; для изотермии – $K_5 = 0,23$; для конвекции – $K_5 = 0,08$); K_7 – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха (может быть меньше единицы (при высоких температурах) и больше единицы (при низких температурах) (табл. 5); G – количество разлившегося при аварии вещества, т.

В таблице 4 приведена оценка степени вертикальной устойчивости воздуха по данным прогноза погоды.

Таблица 4 – Степень вертикальной устойчивости атмосферы

Скорость ветра, м/с	Ночь		Утро		День		Вечер	
	Ясно, переменная облачность	Сплошная облачность						
< 2	ин	из	из(ин)	из	кон(из)	из	ин	из
2–3,9	ин	из	из(ин)	из	из	из	из(ин)	из
≥ 4	из	из	из	из	из	из	из	из

Примечания.

1. Обозначение : **ин** – инверсия; **из** – изотермия; **кон** – конвекция, буквы в скобках – при снежном покрове.

2. Под термином «**утро**» понимается период времени в течение двух часов после восхода солнца; под термином «**вечер**» – в течение двух часов после захода солнца. Период от восхода до захода за вычетом двух утренних часов – **день**, а период от захода до восхода за вычетом двух вечерних часов – **ночь**.

3. Скорость ветра и степень вертикальной устойчивости воздуха принимается в расчетах на момент аварий.

3.3 Определение эквивалентного количества вещества по вторичному облаку

Эквивалентное количество вещества по вторичному облаку рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{Э2}} = (1-K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot \frac{G}{H \cdot \rho}, \quad (4)$$

где $Q_{\text{Э2}}$ – эквивалентное количество СДЯВ по вторичному облаку, т; K_1 – коэффициент, зависящий от условий хранения СДЯВ (табл. 5); K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств СДЯВ (табл. 5); K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра (табл. 6); K_5 – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха (степень вертикальной устойчивости воздуха (табл. 4) после чего принимается: для инверсии – $K_5 = 1$; для изотер-

мии – $K_5 = 0,23$; для конвекции – $K_5 = 0,08$); K_6 – коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после начала аварии (см. выражение 5); H – толщина слоя СДЯВ, м; ρ – плотность жидкой фазы СДЯВ, т/м³ (табл. 5); G – количество разлившегося при аварии вещества, т.

Коэффициент K_6 определяется исходя из условия:

$$K_6 = \tau_{исп}^{0,8}; \text{ где } \tau_{исп} \text{ – время испарения СДЯВ, ч.} \quad (5)$$

Время испарения рассчитывается по формуле

$$\tau_{исп} = \frac{H \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7}, \text{ ч.} \quad (6)$$

3.4 Расчет глубины зоны заражения при аварии на химически опасном объекте

Используя значения $Q_{Э1}$ и $Q_{Э2}$, полученных по формулам (3), (4) по таблице 7 определяется глубина зоны заражения для первичного Γ_1 и вторичного Γ_2 облаков в зависимости от скорости ветра v в таблице 7.

Если расчетное эквивалентное количество вылившегося вещества ($Q_{Э1}$ или $Q_{Э2}$) не совпадает с табличными значениями Γ_1 и Γ_2 , тогда принимаются ближайшие по значению табличные значения Γ_1 и Γ_2 соответственно.

Полная глубина зоны заражения $\Gamma_{ЗАР}$, обусловленная воздействием первичного и вторичного облака СДЯВ, определяется:

$$\begin{aligned} \Gamma_{ЗАР} &= \Gamma_1 + 0,5\Gamma_2, \text{ если } \Gamma_1 > \Gamma_2 && \text{или} \\ \Gamma_{ЗАР} &= \Gamma_2 + 0,5\Gamma_1, \text{ если } \Gamma_1 < \Gamma_2. \end{aligned} \quad (7)$$

Предельно возможное значением глубины переноса воздушных масс $\Gamma_{ПРЕД}$, которое определяется по формуле:

$$\Gamma_{ПРЕД} = \tau_{исп} \cdot v_{П}, \quad (8)$$

где $v_{П}$ – скорость переноса переднего фронта заражённого воздуха при заданной скорости ветра и степени вертикальной устойчивости атмосферы, км/ч (табл. 8); $\tau_{исп}$ – время испарения разлившегося вещества, ч.

Таблица 5 – Характеристика СДЯВ и вспомогательные коэффициенты для определения глубин зон заражения

Наименование СДЯВ	Плотность		Температура кипения, °С	Пороговая токсодоза, мг·мин/л	Значения вспомогательных коэффициентов							
	Газ	Жидкость			K_1	K_2	K_3	K_7				
								-40 °С	-20 °С	0 °С	20 °С	40 °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Акрилонитрил	–	0,806	77,3	0,75	0	0,007	0,8	0,04	0,1	0,4	1	2,4
Аммиак: изотермическое хранение	–	0,681	-33,42	15,0	0,01	0,025	0,04	0 0,9	1 1	1 1	1 1	1,4 1
Арсин	0,0035	1,64	-62,47	0,2	0,17	0,054	3,0	0,3 1	0,5 1	0,8 1	1 1	1,2 1
Ацетонитрил	–	0,786	81,6	21,6 ^{**}	0	0,004	0,028	0,02	0,1	0,3	1	2,6
Ацетонциангидрин	–	0,932	120,0	1,9 ^{**}	0	0,002	0,316	0	0	0,3	1	1,5
Водород мышьяковистый	0,0086	1,64	-62,47	0,2	0,17	0,054	0,857	0,3 1	0,5 1	0,8 1	1 1	1,2 1
Водород хлористый	0,0016	1,191	-85,10	2,0	0,28	0,037	0,30	0,64 1	0,6 1	0,8 1	1 1	1,2 1
Водород бромистый	0,0036	1,490	-66,77	2,4	0,13	0,055	6,0	0,2 1	0,5 1	0,8 1	1 1	1,2 1
Диметиламин	0,0020	0,680	6,9	1,2 [*]	0,06	0,041	0,5	0 0,1	0 0,3	0 0,8	1 1	2,5 1
Метиламин	0,0014	0,699	-6,5	1,2 [*]	0,13	0,034	0,5	0 0,3	0 0,7	0,5 0,1	1 1	2,5 1
Метил бромистый	–	1,732	3,6	1,2	0,04	0,039	0,5	0 0,2	0 0,4	0 0,9	1 1	2,3 1
Метилакрилат	–	0,953	80,2	6,0 [*]	0	0,005	0,025	0,1	0,2	0,4	1	3,1
Метилмеркаптан	–	0,867	5,95	1,7 [*]	0,06	0,043	0,363	0 0,1	0 0,3	0 0,8	1 1	2,4 1
Нитрил акриловой кислоты	–	0,806	77,3	0,75	0	0,007	0,80	0,04	0,1	0,4	1	2,4
Оксиды азота	–	1,491	21,0	1,5	0	0,040	0,40	0	0	0,4	1	1

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Оксид этилена	–	0,882	10,7	2,2*	0,05	0,041	0,27	0 0,1	0 0,3	0 0,7	1 1	3,2 1
Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	-10,1	1,8	0,11	0,049	0,333	0 0,2	0 0,5	0,3 1	1 1	1,7 1
Сероводород	0,0015	0,964	-60,35	16,1	0,27	0,042	0,036	0,3 1	0,5 1	0,8 1	1 1	1,2 1
Серовуглерод	–	1,263	46,2	45,0	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1
Соляная кислота (концентрированная)	–	1,198	–	2,0	0	0,021	0,30	0	0,1	0,3	1	1,6
Формальдегид	–	0,815	-19,0	0,6*	0,19	0,034	1,0	0 0,4	0 1	0,5 1	1 1	1,5 1
Фосген	0,0035	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1,0	0 0,1	0 0,3	0 0,7	1 1	1 2,7
Фтор	0,0017	1,512	-188,2	0,2*	0,95	0,038	3,0	0,7 1	0,8 1	0,9 1	1 1	1,1 1
Фосфора хлороокись	–	1,675	107,2	0,6	0	0,003	10,0	0,05	0,1	0,3	1	2,6
Хлор	0,0032	1,553	-31,1	0,6	0,18	0,052	1,0	0 0,9	0,3 1	0,6 1	1 1	1,4 1
Хлорпикрин	–	1,658	112,3	0,02	0	0,002	30,0	0,03	0,1	0,3	1	2,9
Хлорциан	0,0021	1,220	12,6	0,75	0,04	0,048	0,80	0	0	0	1	3,9
Этиленимин	–	0,838	55,0	4,8	0	0,009	0,125	0,05	0,1	0,4	1	2,2
Этиленсульфид	–	1,005	55,0	0,1*	0	0,013	6,0	0,05	0,1	0,4	1	2,2
Этилмеркаптан	–	0,839	35,0	2,2	0	0,028	0,27	0,1	0,2	0,5	1	1,7

Примечание.

1. В графах 9–13 в числителе значение K_7 – для первичного, в знаменателе – для вторичного облака.

2. В графе 5 численные значения токсодоз, помеченные звездочками, определены ориентировочно: $D = 240 \cdot K \cdot ПДК_{р.з.}$, где $ПДК_{р.з.}$ – ПДК рабочей зоны, мг/л; $K = 5$ – для раздражающих веществ (помечены одной звездочкой), $K = 9$ – для всех прочих СДЯВ (помечены двумя звездочками).

3. Значение K_I для изотермического хранения аммиака приведено для случая разливов (выбросов) в поддон.

Таблица 6 – Значение коэффициента K_4 в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_4	1,0	1,33	1,67	2,00	2,34	2,67	3,00	3,34	3,674	5,680

Таблица 7 – Глубины зон возможного заражения СДЯВ, км

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество СДЯВ															
	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0	3,0	5,0	10,0	20,0	30,0	50,0	70,0	100,0	300,0	500,0	1000,0
1	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166,0	231,0	363,0
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44	21,02	28,73	35,35	44,09	87,79	121,0	189,0
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94	15,18	20,59	25,21	31,30	61,47	84,50	130,0
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62	12,18	16,43	20,05	24,80	48,18	65,92	101,0
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	54,67	83,60
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	47,09	71,70
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48	8,14	10,87	13,17	16,17	30,73	41,63	63,16
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,92	7,42	9,90	11,98	14,68	27,75	37,49	56,70
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,60	6,86	9,12	11,03	13,50	25,39	34,24	51,60
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31	6,50	8,50	10,23	12,54	23,49	31,61	47,53
11	0,11	0,25	0,36	0,80	1,13	1,96	2,53	3,58	5,06	6,20	8,01	9,61	11,74	21,91	29,44	44,15
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	1,88	2,42	3,43	4,85	5,94	7,67	9,07	11,06	20,58	27,61	41,30
13	0,10	0,23	0,33	0,74	1,04	1,80	2,37	3,29	4,66	5,70	7,37	8,72	10,48	19,45	26,04	38,90
14	0,10	0,22	0,32	0,71	1,00	1,74	2,24	3,17	4,49	5,50	7,10	8,40	10,04	18,46	24,69	36,81
15	0,10	0,22	0,31	0,69	0,97	1,68	2,17	3,07	4,34	5,31	6,86	8,11	9,70	17,60	23,50	34,98

Примечание. 1. При скорости ветра $v > 15$ м/с размеры зон заражения принимать как при скорости ветра 15 м/с.
 2. При скорости ветра $v < 1$ м/с размеры зон заражения принимать как при скорости ветра 1 м/с.

Таблица 8 – Скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Скорость переноса, км/ч	ИНВЕРСИЯ														
	5	10	15	21											
	ИЗОТЕРМИЯ														
	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	76	82	88
	КОНВЕКЦИЯ														
	7	14	21	28											

3.5 Определение площади зоны заражения

Площадь зоны фактического заражения S_{ϕ} в км² рассчитывается по формуле:

$$S_{\phi} = K_8 \cdot \Gamma_{ЗАР}^2 \cdot \tau^{0,2}, \quad (9)$$

где K_8 – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха, принимаемый равным: при инверсии – 0,081, при изотермии – 0,133 при конвекции 0,285; τ – время полного перехода вещества во вторичное облако с подстилающей поверхности, ч ($\tau = t_{ИСП}$); $\Gamma_{ЗАР}$ – полная глубина зоны заражения, км.

Площадь зоны возможного заражения первичным (вторичным) облаком СДЯВ определяется по формуле:

$$S_{ВОЗ} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma_{ЗАР}^2 \cdot \varphi, \quad (10)$$

где $S_{ВОЗ}$ – площадь зоны возможного заражения СДЯВ, км²; $\Gamma_{ЗАР}$ – полная глубина зоны заражения, км; φ – угловые размеры зоны возможного заражения (табл. 9), град.

Таблица 9 – Угловые размеры зоны возможного заражения СДЯВ в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	< 0,5	0,5–1,0	1,1–2,0	> 2
φ , град	360	180	90	45

4 ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗОНЫ РАДИОАКТИВНОГО ЗАРАЖЕНИЯ

Под *радиационной обстановкой* понимаются масштабы и степень радиоактивного заражения местности, оказывающие влияние на работоспособность формирований ГО, работу промышленных объектов и жизнедеятельность населения.

Масштабы и степень радиоактивного заражения местности зависят от мощности и вида ядерного взрыва (аварии), времени, прошедшего с момента ядерного удара, и метеоусловий.

Оценка радиационной обстановки проводится с помощью *методов разведки и прогнозирования*. При прогнозировании радиационной обстановки предполагается район, в пределах которого с вероятностью до 90 % возможно образование радиационного следа.

При взрыве ядерного боеприпаса исходными данными для прогнозирования радиационной обстановки являются:

- вид взрыва – наземный (воздушный, надводный);
- координаты взрыва – место на карте;
- эквивалентная мощность – т, кг, Мт;
- скорость ветра – км/ч;
- направление ветра – градусы.

Размеры площади, заражаемой радиоактивными веществами, и уровни радиации при наземных ядерных взрывах определяются главным образом мощностью взрыва, направлением и скоростью ветра на высотах подъема радиоактивного.

При этом сам процесс образования радиоактивного заражения местности происходит не сразу, а в течение определенного промежутка времени. В момент взрыва местность заражается только в районе взрыва. По мере подъема облака некоторая часть наиболее крупных частиц радиоактивной пыли и шлака выпадает из облака на землю, усиливая радиоактивное заражение местности в районе взрыва. Затем по мере движения радиоактивного облака и оседания частиц радиоактивной пыли образуются зоны радиоактивного заражения. Наибольшее значение уровней радиации наблюдается по оси следа. Скорость оседания частиц пыли зависит от их плотности и размеров. Чем крупнее частицы, тем быстрее они оседают на поверхность земли. Оказывается, что с более крупными частицами в первые 2 часа выпадает на землю примерно до одной трети радиоактивных веществ, образовавшихся при ядерном взрыве. Остальная часть радиоактивной пыли, изотопов остается в воздухе более продолжительное время.

При оценке прогнозируемой радиационной обстановки при использовании ядерного боеприпаса предполагаемый район заражения местности условно делят на четыре зоны радиоактивного заражения (рис. 2).

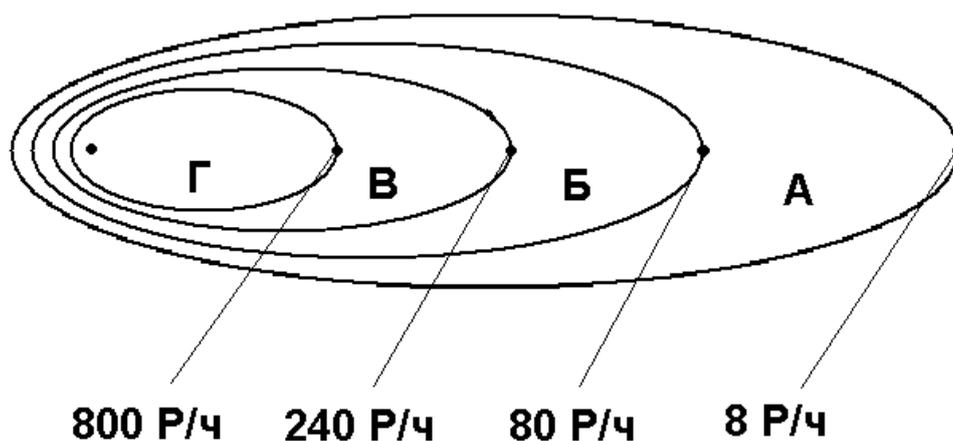


Рисунок 2 – Зоны радиоактивного заражения при использовании ядерного боеприпаса

В таблице 10 приведены значения уровней радиации через 1 час и через 10 часов после подрыва ядерного заряда (боеприпаса) на границах зон радиоактивного заражения.

Таблица 10 – Значения уровней радиации на границе зон радиоактивного заражения после ядерного взрыва

Зоны	Р-уровень радиации через 1 час после взрыва, Р/ч	Р-уровень радиации через 10 часов после взрыва, Р/ч
А	8	0,50
Б	80	5,00
В	240	15,00
Г	800	50,00

В зависимости от мощности ядерного боеприпаса для построения зон радиоактивного заражения из таблицы выбираются значения радиусов с наветренной стороны (табл. 11) и из таблицы 12 выбираются длина и ширина зон радиоактивного заражения с подветренной стороны.

Таблица 11 – Радиусы заражения в районе взрыва с наветренной стороны, м

Мощность взрыва, кт	Зоны заражения			
	А	Б	В	Г
10	660	390	290*	195*
20	735	450	340*	235*
50	865	560	430	310*
100	970	645	510	375*

Примечание: * – радиусы заражения в районе взрыва с наветренной стороны при наличии соответствующей зоны, м

Таблица 12 – Размеры зон заражения на следе облака (длина – максимальная ширина)

Мощность взрыва, кт	Скорость среднего ветра, км/ч	Зоны заражения, км			
		А	Б	В	Г
1	2	3	4	5	6
10,0	10	32,0–15,0	12,0–7,5	6,3–4,8	2,6–2,0
	25	44,0–11,0	14,0–4,8	6,6–2,7	–
	50	54,0–8,3	15,0–3,3	5,6–1,3	–
	75	61,0–7,0	15,0–2,5	–	–
	100	65,0–6,3	14,0–1,9	–	–
20,0	10	43,0–16,0	15,0–8,1	8,4–5,3	3,5–2,6
	25	58,0–12,0	18,0–5,3	8,8–3,1	–
	50	72,0–9,2	20,0–3,7	7,9–1,6	–
	75	81,0–7,9	20,0–2,8	5,3–0,4	–
	100	88,0–7,0	20,0–2,3	–	–
50,0	10	68,0–21,0	25,0–11,0	14,0–7,3	6,5–4,1
	25	93,0–16,0	31,0–7,1	16,0–4,5	5,4–1,9
	50	115,0–12,0	34,0–5,1	15,0–2,9	–
	75	130,0–11,0	35,0–4,1	14,0–1,9	–
	100	140,0–10,0	35,0–3,5	11,0–1,1	–
100,0	10	96,0–26,0	37,0–13,0	21,0–8,9	10,0–5,4
	25	135,0–20,0	46,0–8,8	24,0–5,7	6,4–2,9
	50	165,0–16,0	52,0–6,4	24,0–3,8	–
	75	190,0–14,0	54,0–5,2	23,0–2,9	–
	100	205,0–12,0	55,0–4,5	21,0–2,2	–

5 ПОРЯДОК ПОСТРОЕНИЯ ЗОН ХИМИЧЕСКОГО И РАДИОАКТИВНОГО ЗАРАЖЕНИЯ

Построение схемы зон радиоактивного и химического заражения, а также контура города, расположение ХОО и РОО выполняется в масштабе. На основе анализа схемы розы ветров выбирается месторасположение химически опасного объекта (раздел 2). С учетом направления на РОО в градусах и удалённости от ХОО (исходные данные) выбирается месторасположение радиационного опасного объекта (ядерного взрыва).

Построение зон радиоактивного заражения производят следующим образом:

1. Центр (эпицентр) взрыва совпадает с расположением радиационно-опасного объекта (РОО).

2. При оценке прогнозируемой радиационной обстановки при использовании ядерного боеприпаса предполагаемый район заражения местности условно делят на четыре зоны радиоактивного заражения А, Б, В, Г.

3. Центральная ось зон радиоактивного заражения направлена в сторону ХОО и проходит через ХОО.

4. В зависимости от мощности ядерного боеприпаса из таблицы 11 выбираются значения радиусов зон радиоактивного заражения (в метрах) с наветренной стороны: наносятся противоположно центральной оси зон радиоактивного заражения в точке взрыва.

5. В зависимости от мощности ядерного боеприпаса из таблицы 12 выбираются значения длины и ширины зон радиоактивного заражения (в километрах): наносятся по центральной оси зон радиоактивного заражения в сторону ХОО.

6. Если в таблице 12 отсутствуют размеры зоны Г радиоактивного заражения, то предполагаемый район заражения местности условно делят на 3 зоны радиоактивного заражения А, Б, В.

Построение зоны химического заражения производят следующим образом:

1. Центр зоны химического заражения совпадает с расположением ХОО.

2. Зона возможного заражения облаком СДЯВ ограничена окружностью, полуокружностью или сектором, имеющим угловые размеры в зависимости от скорости ветра и радиус, равный полной глубине зоны заражения $G_{ЗАР}$. Угловые размеры в зависимости от скорости ветра по прогнозу приведены в таблице 9.

3. При методе прогнозирования рассматривается вариант, при котором биссектриса сектора (полуокружности) зоны химического заражения совпадает с центральной осью зон радиоактивного заражения и направлена в противоположную сторону от РОО.

4. Зона фактического заражения имеет форму эллипса, включается в зону возможного заражения. Ввиду возможных перемещений облака СДЯВ под воз-

действием изменений направления ветра фиксированное изображение зоны фактического заражения на схему *не наносится*.

Пример построения зон химического и радиоактивного заражения представлен на рисунке 3 (Зоны радиоактивного и химического заражения построены для города с населением 200 тыс. человек; расположением радиационно-опасного объекта с направлением на РОО 135° и удаленностью 20 км; эквивалентной мощностью ядерного боеприпаса 100 кт; скоростью ветра 10 км/ч).

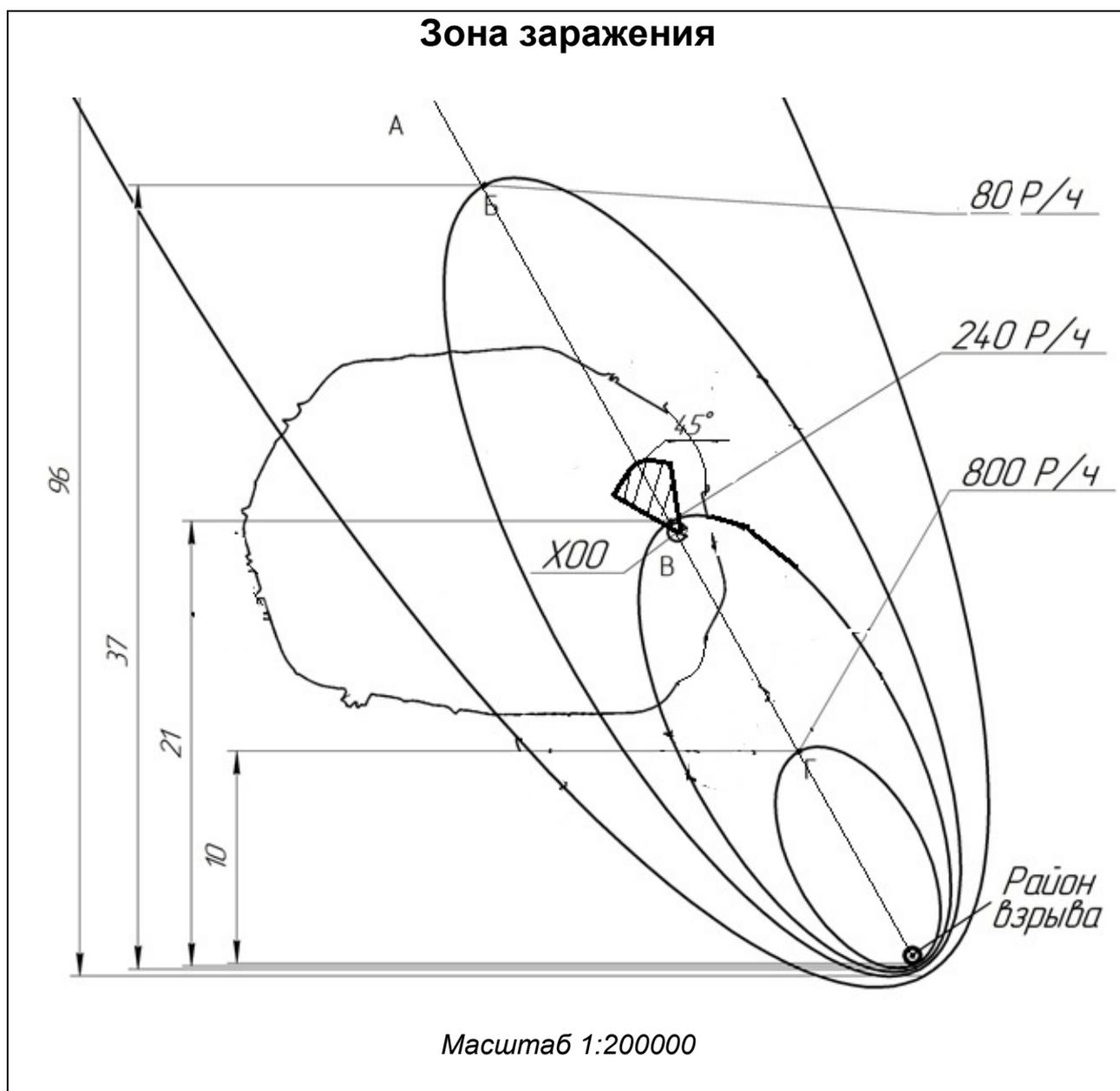


Рисунок 3 – Зоны химического и радиационного заражения

6 ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ОБЪЕКТА

Объекты народного хозяйства в силу различного назначения, профиля и специализации отличаются друг от друга по конструкции зданий и сооружений, составу оборудования и технологической оснастке. Однако, несмотря на это, у них много общего: производственный процесс осуществляется, как правило, внутри зданий и сооружений, сами здания в большинстве случаев выполнены из унифицированных элементов, территория объектов насыщена инженерными, коммунальными и энергетическими линиями, плотности застройки на многих объектах составляют 30–60 %. Все это дает основание считать, что для всех промышленных объектов (независимо от профиля производства и назначения) методика оценки устойчивости их работы при воздействии поражающих факторов ядерного взрыва может быть едина. Имеющиеся же особенности и различия в элементах производства каждого объекта учитываются при проведении конкретных расчетов.

Под устойчивостью работы объекта народного хозяйства понимается его способность выпускать установленные виды продукции в объемах и номенклатурах, предусмотренных соответствующими планами (для объектов, не производящих материальных ценностей, – транспорт, связь и др. – выполнять свои функции), в чрезвычайных условиях, а также приспособленность этого объекта к восстановлению в случае повреждения.

Известно, что восстановлению объект подлежит, если он получит слабые и средние разрушения.

Применительно к гражданским и промышленным зданиям степени разрушения характеризуются следующим состоянием конструкции:

слабые разрушения: разрушаются оконные и дверные заполнения, легкие перегородки, частично – кровля, возможны трещины в стенах верхних этажей;

средние разрушения: разрушаются встроенные элементы внутренних перегородок, окна, двери, крыши, появляются трещины в стенах, происходит обрушение отдельных участков чердачных перекрытий и стен верхних этажей.

6.1 Оценка устойчивости объекта к воздействию проникающей радиации и радиоактивного заражения

Критерием оценки устойчивости работы объекта к воздействию проникающей радиации и радиоактивного заражения является доза радиации, которую могут получить рабочие и служащие, оказавшиеся в зоне заражения.

Оценка устойчивости работы объекта к воздействию проникающей радиации включает определение коэффициентов ослабления радиации ($K_{осл}$).

Коэффициент ослабления можно определить по формуле:

$$K_{осл} = 2^{h/d}, \quad (11)$$

где h – толщина стен и перекрытий зданий, см; d – слой половинного ослабления радиации для гамма-излучения проникающей радиации, см (табл. 13).

Таблица 13 – Плотность различных материалов и толщина слоев половинного ослабления ионизирующих излучений

Материал	Плотность ρ , г/см ³	Толщина слоя половинного ослабления d , см		
		для гамма-излучения проникающей радиации	для гамма-излучения на следе облака	нейтроны
Вода	1	23	13	2,7
Древесина	0,7	33	19	9,7
Грунт	1,6	14,4	8,1	12,0
Кирпич	1,6	14,4	8,4	9,1
Бетон	2,3	10	5,6	12,0
Кладка кирпичная	1,5	15	8,7	10,0
Сталь	7,8	3	1,8	11,5
Свинец	11,3	2	1,3	12

6.2 Определение режима работы смен химически опасного объекта

Для рабочих химически опасного объекта необходимо определить режим работы смены, т. е. допустим время работы смен в условиях радиоактивного заражения при уровнях радиации спустя 1 час после взрыва и допустим время работы при выполнении аварийно-спасательных и других неотложных работ на территории предприятия.

Мощность экспозиционной дозы на химически опасном объекте спустя **1 час** после ядерного взрыва на химически опасном объекте определяется в зависимости от того, в какую зону радиоактивного заражения попал объект (см. схему зон заражения рис. 3).

Для определения 3-х сменного режима работы в условиях радиоактивного заражения на химически опасном объекте и на его территории используется график (рис. 4).

Вспомогательный параметр α определяется следующим образом:

– для определения 3-х сменного режима работы в условиях радиоактивного заражения в здании на химически опасном объекте:

$$\alpha_{\text{ХОО}} = \frac{P_{1\text{час}}}{D_{\text{уст}} \cdot K_{\text{осл}}}, \quad (12)$$

где $P_{1\text{час}}$ – мощность экспозиционной дозы на химически опасном объекте спустя 1 час после ядерного взрыва на радиационно-опасном объекте, Р/ч (определяется по схеме зон радиоактивного заражения в зависимости в какую

зону попал ХОО); $D_{уст}$ – установленная доза за сутки, $D_{уст} = 25$ Р; $K_{осл}$ – рассчитанный коэффициент ослабления для зданий ХОО.

– для определения 3-х сменного режима работы в условиях радиоактивного заражения на открытом воздухе при выполнении аварийно-спасательных и других неотложных работ на территории химически опасного объекта:

$$\alpha_{ТЕР} = \frac{P_{1час}}{D_{уст} \cdot K_{осл}}, \quad (13)$$

где $P_{1час}$ – мощность экспозиционной дозы на химически опасном объекте спустя 1 час после ядерного взрыва на радиационно-опасном объекте, Р/ч (определяется по схеме зон радиоактивного заражения в зависимости в какую зону попал ХОО); $D_{уст}$ – установленная доза за сутки, $D_{уст} = 25$ Р; $K_{осл}$ – рассчитанный коэффициент ослабления, на территории химически опасного объекта $K_{осл} = 1$.

Порядок определения времени работы смен в условиях радиоактивного заражения на химически опасном объекте и при выполнении аварийно-спасательных и других неотложных работ на территории химически опасного объекта (рис. 4):

1) время работы 1-й смены определяется как пересечения линии $t_{BX} = 1$ час и линии соответствующей показателю $\alpha_{ХОО}$ – для работы на ХОО и показателю $\alpha_{ТЕР}$ – для работы на территории ХОО;

2) время работы 2-й смены определяется как пересечения линии ($t_{BX} = 1$ час + время работы смены 1 в часах) и линии соответствующей показателю $\alpha_{ХОО}$ – для работы на ХОО и показателю $\alpha_{ТЕР}$ – для работы на территории ХОО;

3) время работы 3-й смены определяется как пересечения линии ($t_{BX} = 1$ час + время работы в часах смены 1 + время работы в часах смены 2) и линии соответствующей показателю $\alpha_{ХОО}$ – для работы на ХОО и показателю $\alpha_{ТЕР}$ – для работы на территории ХОО.

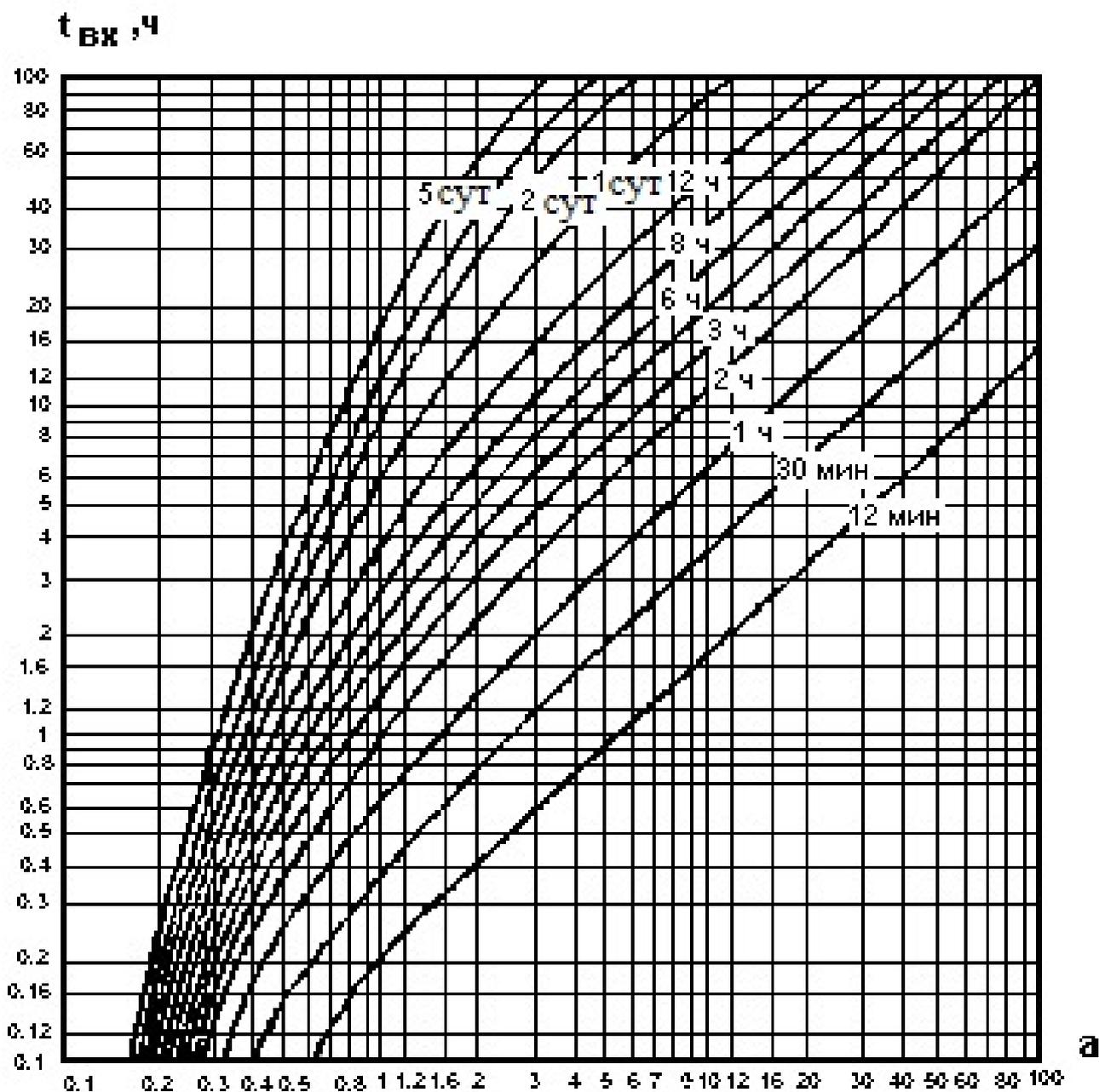


Рисунок 4 – График для определения времени пребывания людей в зоне радиоактивного заражения после ядерного взрыва.

6.3 Планировка и расчёт убежища

Одним из основных способов защиты персонала объекта от современных средств поражения в результате крупномасштабных ЧС, вызванных авариями и катастрофами на химических и радиационно-опасных объектах, пожарами и взрывами, является укрытие персонала предприятий в защитных сооружениях.

Защитные сооружения – это инженерные сооружения, предназначенные для защиты персонала объекта, а также другого населения, от поражающих факторов чрезвычайных ситуаций.

В соответствии с техническим кодексом установившейся практики (ТКП 45–2.03–231–2011 «Защитные сооружения гражданской обороны. Нормы проектирования») защитные сооружения делят *по их защитным свойствам*:

1) на убежища, защищающие от поражающих факторов современных средств поражения, АХОВ, высоких температур и продуктов горения при пожарах. Обеспечивают непрерывное пребывание в них укрываемых в течение двух суток;

2) противорадиационные укрытия (ПРУ), защищающие от воздействия ионизирующих излучений, возникающих при радиоактивном заражении местности (коэффициент защиты от ионизирующих излучений не ниже 100 и от избыточного давления ударной волны не ниже 20 кПа);

3) сооружения двойного назначения, обеспечивающие защиту от избыточного давления ударной волны не ниже 20 кПа и допускающие непрерывное пребывание в них укрываемых до 6 ч;

4) защитные укрытия, обеспечивающие защиту укрываемых от избыточного давления ударной волны не ниже 20 кПа и допускающие непрерывное пребывание укрываемых до двух суток.

Убежища – сложные в техническом отношении сооружения, оборудованные различными инженерными системами и измерительными приборами для обеспечения защиты людей.

Для защиты от химически опасных веществ, биологических средств и радиоактивной пыли убежища герметизируют и оснащают фильтровентиляционным оборудованием, которое очищает наружный воздух, распределяет его по отсекам. Для жизнеобеспечения укрываемых защитные сооружения помимо системы фильтровентиляции, снабжающей людей воздухом, должны иметь надежное электроснабжение, санитарно-технические системы (водопровод, канализацию, отопление), радио- и телефонную связь, а также запасы воды и продовольствия.

По степени защиты убежища подразделяются на классы в зависимости от расчетной величины избыточного давления воздушной ударной волны (которую они могут выдержать) и коэффициента защиты от ионизирующих излучений (табл. 14). Убежища классов А-I и А-II предназначены для размещения пунктов управления и крупных узлов связи, строятся по особому указанию. Для укрытия населения и персонала промышленных объектов используют убежища класса А-IV.

Таблица 14 – Классификация убежищ по защитным свойствам

Класс убежища	Степень защиты:	
	от избыточного давления ударной волны, кПа	от ионизирующих излучений (коэффициент защиты)
А-I	500	5000
А-II	300	3000
А-III	200	2000
А-IV	100	1000

По месту расположения в застройке убежища делятся на убежища отдельно стоящие и встроенные. Отдельно стоящие убежища возводят на свободных от застройки участках, а встроенные убежища сооружают в подвалах, полуподвальных (цокольных) и первых этажах зданий. К встроенным относятся убежища, возводимые внутри одноэтажных производственных зданий и не связанные с его ограждающими конструкциями.

Инженерная защита персонала – это комплекс мероприятий, направленных на создание фонда сооружений, обеспечивающих защиту населения и работающих на производстве от поражающих факторов чрезвычайных ситуаций.

В убежищах предусматриваются: основные помещения (помещения для укрываемых, пункт управления, медицинский пункт), вспомогательные помещения (фильтровентиляционные помещения, помещения для хранения продовольствия и воды, санитарные узлы, защищённые дизельные электростанции, электрощитовая, тамбур-шлюз, тамбуры и др.).

Защитные, объёмно-планировочные, конструктивные и эксплуатационные характеристики убежищ принимаются в зависимости от класса убежищ. В Республики Беларусь принято строить убежища класса А-IV.

В соответствии с техническим кодексом установившейся практики (ТКП 45-2.03-231-2011 «Защитные сооружения гражданской обороны. Нормы проектирования») строительство убежища осуществляется, как правило, по типовым проектам с применением сборно-монтажного железобетона. Помещения убежищ должны обладать необходимой сухостью, герметичностью и термостойкостью. Для убежищ класса А-IV стены выполняются из бетона толщиной 600 мм. Плита покрытия, выполненная из сборочно-монтажного железобетона, опирается на ж/б стены убежища и балки. Общая толщина ж/б плиты принимается равной 600 мм. Пол убежища выполняется из бетона марки 150 при общей толщине слоя 120 мм. Перегородки монолитные ж/б, толщиной 60 мм.

При проектировании убежищ следует предусматривать наиболее экономичные объёмно-планировочные конструктивные решения. Требования к защитным сооружениям гражданской обороны представлены в таблице 15.

Высота убежища принимается из ряда 2,2; 2,4; 2,7; 2,9; 3,5. При высоте помещений от 2,15 до 2,9 м предусматривается двухъярусное расположение нар, а при высоте 2,9 м и более – трехъярусное.

Таблица 15 – Требования к защитным сооружениям гражданской обороны

Основные требования	Норма
Площадь пола основного помещения на одного человека, м ² , при высоте помещения:	
2,15 м	0,6
2,15–2,9 м	0,5
2,9 м и более	0,4
В защитных сооружениях двойного назначения	1,0

Окончание таблицы 15

Внутренний объем помещения на одного человека, м ³	1,5
Место для сидения на одного человека, м	0,45×0,45
Место для лежания на одного человека, м	1,8×0,55
Площадь вспомогательных помещений на одного человека, м ² :	0,12
без автономных систем водо-, электроснабжения	0,13
при наличии ДЭС, но без автономного водоснабжения	
с автономными системами водо-, электроснабжения при вместимости:	0,23
До 600 чел.	0,22
600–1200 чел.	0,2
Более 1200 чел.	
Площадь медпункта при вместимости 900–1200 чел., м ²	9
Санпост на каждые 500 чел., м ²	2
Площадь помещения на один комплект ФВК-1 (ФВК-2), м ²	9–12
Площадь помещения для ДЭС, м ²	16–20
Содержание кислорода, не менее, %	16,5
Концентрация углекислого газа, не более, %	4
Концентрация окиси углерода, не более, мг/м ³	100
Концентрация метана, не более, мг/м ³	300
Концентрация пыли, не более, мг/м ³	10
Относительная влажность воздуха не менее и не более, %	30 и 90
Температура воздуха в убежище, не более, °С	32

Площадь основного помещения для укрываемых определяется по формуле:

$$S_{ОСН} = N_{ХОО} \cdot S_1, \quad (14)$$

где $S_{ОСН}$ – площадь помещения для укрываемых, м²; $N_{ХОО}$ – численность работающих на ХОО, чел; S_1 – норма площади пола основного помещения на 1-го человека, м².

Определяем количество нар (H) для размещения укрываемых:

$$H = N_{ХОО} \cdot Д, \quad (15)$$

где H – количество нар, ед.; $N_{ХОО}$ – численность работающих на ХОО, чел; $Д$ – установленная норма: 0,1 – при одноярусном расположении нар (высота помещения – 2,2 м), 0,2 – при 2-х-ярусном расположении нар (высота помещения – 2,25–2,85 м), 0,3 – при 3-х-ярусном расположении нар (высота помещения – 2,9 м и выше).

В убежищах предусматриваются основные помещения (помещения для укрываемых, пункт управления, медицинский пункт), вспомогательные поме-

щения (фильтровентиляционные помещения, помещения для хранения продовольствия и воды, санитарные узлы, защищенные дизельные электростанции, электрощитовая, тамбур-шлюз, тамбуры и др.).

Площадь вспомогательных помещений определяется по формуле:

$$S_{ВСП} = N_{ХОО} \cdot S_2, \quad (16)$$

где $S_{ВСП}$ – площадь вспомогательных помещений, м²; $N_{ХОО}$ – численность работающих на ХОО, чел; S_2 – норма площади вспомогательных помещений на 1-го человека, м².

Для фильтровентиляционного оборудования предусматриваются фильтровентиляционные помещения, которые располагают в наружных стенах. В убежищах применяют фильтровентиляционные комплекты ФВК-1 или ФВК-2. Количество комплектов ФВК-1 или ФВК-2 определяется по формуле:

$$N_{ФВК} = (N_{ХОО}/150), \quad (17)$$

где $N_{ФВК}$ – количество комплектов ФВК-1 или ФВК-2; $N_{ХОО}$ – численность работающих на ХОО, чел; 150 – норма укрываемых на которых рассчитан один фильтровентиляционный комплект ФВК-1 или ФВК-2.

Полученное рассчитанное значение комплектов ФВК-1 или ФВК-2 округлить до ближайшего большего целого числа.

Площадь помещений по комплекты ФВК-1 или ФВК-2 определяется по формуле:

$$S_{ФВК} = N_{ФВК} \cdot S_3, \quad (18)$$

где $S_{ФВК}$ – площадь фильтровентиляционных помещений, м²; $N_{ФВК}$ – количество комплектов ФВК-1 или ФВК-2; S_3 – норма площади помещения на один комплект ФВК-1 (ФВК-2), м².

Помещения для ДЭС располагаются у наружной стены здания и отделяются от других помещений негоряемой герметичной стеной с пределом огнестойкости 1 час. Входы в ДЭС из убежища должны быть оборудованы тамбуром с двумя герметическими дверями, открывающимися в сторону убежища. Площадь помещения для ДЭС $S_{ДЭС}$ выбирается по таблице 15.

Санитарные узлы устраиваются отдельно для мужчин и женщин. Помещения санузлов должны располагаться на возможно большем удалении от автономных источников водоснабжения. Входы в уборные должны устраиваться через тамбуры. Размеры кабин при открывании дверей наружу – 1,2×0,8 м.

Количество санитарных приборов принимается из расчета:

один унитаз – на 75 чел.;

один умывальник – на 200 чел.

Ширина проходов между двумя рядами кабин уборных – 1,5 м, а между рядами кабин и стеной или перегородкой – 1,1 м.

Площадь помещения для медицинского пункта $S_{МЕД}$ выбирается по таблице 15. Если вместимость убежища более 1200 чел., то на каждые 100 чел. сверх этого площадь медпункта увеличивается дополнительно на 1 м^2 .

Площадь помещения санитарного поста определяется:

$$S_{\text{сан пост}} = (N_{\text{ХОО}}/500) \cdot S_4, \quad (19)$$

где $S_{\text{сан пост}}$ – площадь помещения санитарного поста, м^2 ; $N_{\text{ХОО}}$ – численность работающих на ХОО, чел; 500 – норма укрываемых на которых рассчитан один санитарный пост; S_4 – норма площади помещения на один санитарный пост, м^2 .

Помещения для хранения продовольствия при численности укрываемых до 150 человек следует принимать площадью $S_{\text{ПРОД}} = 5 \text{ м}^2$, затем на каждые последующие 150 человек площадь помещения увеличивается на 3 м^2 .

Пункт управления предусматривается при одном из убежищ на предприятиях, с числом работающих 600 чел. и более, располагается он вблизи одного из входов. Общее число работающих в ПУ принимается до 10 чел. площадью $S_{\text{ПУ}} = 20 \text{ м}^2$.

В убежищах предусматриваются защищенные входы и выходы. Количество входов принимается в зависимости от количества укрываемых. При вместимости убежища до 300 чел. допускается устраивать один вход, при этом вторым входом должен быть аварийный выход в виде тоннеля с внутренним размером $1,2 \times 2 \text{ м}$ и с дверным проемом $0,8 \times 1,8 \text{ м}$. Входы оборудуются тамбурами, с наружной стороны которых предусматриваются защитно-герметические двери, а с внутренней – герметические. Двери должны открываться по ходу эвакуации людей.

Для убежищ вместимостью 300 чел. и более следует предусматривать устройство при одном из входов тамбура-шлюза площадью 8 м^2 при ширине дверного проема $0,8 \text{ м}$ и площадью 10 м^2 при ширине дверного проема $1,2 \text{ м}$.

Для убежищ вместимостью от 300 до 600 чел. устраивается однокамерный, а большей вместимости – двухкамерный тамбур-шлюз. В отдельно стоящих убежищах вместимостью до 60 чел. допускается предусматривать аварийный выход в виде тоннеля с внутренним размером $0,9 \times 1,3 \text{ м}$.

В убежищах на 600 чел. и более аварийный выход должен быть совмещен с одним из выходов и иметь лестничный спуск, тоннель с внутренним размером $1,2 \times 2 \text{ м}$, и выход из убежища в тоннель осуществляется через тамбур.

Шахта аварийного выхода оборудуется защищенным оголовком высотой $1,2 \text{ м}$. Выход из убежища в тоннель оборудуют защитно-герметической и герметической ставнями, установленными с наружной стороны стены.

При планировании убежищ применяется сетка колонн $6 \times 6 \text{ м}$, $4,5 \times 6 \text{ м}$ и $3 \times 6 \text{ м}$. Оголовки для встроенных убежищ удаляются от зданий на расстояние, равное половине высоты здания, плюс 3 м . Оголовки оборудуются защищенными эвакуационными проемами размером $0,6 \times 0,8 \text{ м}$ при высоте оголовка $1,2 \text{ м}$.

Общая площадь убежища:

$$S_{УБЖ} = S_{ОСН} + S_{ВСП} + S_{ФВК} + S_{ДЭС} + S_{МЕД} + S_{САН ПОСТ} + S_{ПРОД} + S_{ПУ}, \quad (20)$$

где $S_{УБЖ}$ – общая площадь убежища, м².

6.4 Оценка защитного сооружения (убежища)

Оценка системы воздухообеспечения.

Соответствие внутреннего объема помещения в зоне герметизации установленной норме на одного укрываемого:

$$V_{УБЖ}^{1\text{ УКР}} = \frac{S_{УБЖ} \cdot H_{УБЖ}}{N_{ХОО}}, \quad (21)$$

где $V_{УБЖ}^{1\text{ УКР}}$ – внутреннего объема помещения в зоне герметизации, приходящийся на одного укрываемого, м³; $S_{УБЖ}$ – Общая площадь убежища, м²; $H_{УБЖ}$ – высота убежища, м; $N_{ХОО}$ – численность работающих на ХОО, чел.

Количество укрываемых людей, которые может обеспечить очищенным воздухом система водоснабжения:

– в режиме вентиляции:

$$N = \frac{N_{ФВК} \cdot W_{ФВК}^{КОМПЛ}}{W_{НОРМ}^{ВЕНТ}}, \quad (22)$$

где N – количество укрываемых людей; $N_{ФВК}$ – количество комплектов ФВК-1 или ФВК-2; $W_{ФВК}^{КОМПЛ}$ – производительность 1-го комплекта ФВК-1 (ФВК-2) системы воздухообеспечения в режиме вентиляции, м³/ч (табл. 16), м³; $W_{НОРМ}^{ВЕНТ}$ – норма подачи воздуха на одного человека в час в режиме чистой вентиляции, м³/ч (10 м³/ч на 1-го человека).

Если количество укрываемых людей (N), которые может обеспечить очищенным воздухом система водоснабжения меньше чем численность работающих на ХОО ($N_{ХОО}$) $N < N_{ХОО}$, то необходимо увеличить количество комплектов ФВК 1 (ФВК 2) и пересчитать общую площадь убежища (выражение 20)

– в режиме фильтровентиляции

$$N = \frac{N_{ФВК} \cdot W_{ФВК}^{КОМПЛ}}{W_{НОРМ}^{Ф.ВЕНТ}}, \quad (23)$$

где N – количество укрываемых людей; $N_{ФВК}$ – количество комплектов ФВК-1 или ФВК-2; $W_{ФВК}^{КОМПЛ}$ – производительность 1-го комплекта ФВК-1 (ФВК-2) системы воздухообеспечения в режиме фильтровентиляции, м³/ч (табл. 16), м³; $W_{НОРМ}^{Ф.ВЕНТ}$ – норма подачи воздуха на одного человека в час в режиме фильтровентиляции, м³/ч (2 м³/ч на 1-го человека).

Таблица 16 – Характеристики фильтровентиляционных комплектов

Название фильтровентиляционных комплектов и вентиляторов	Производительность, м ³ /ч	
	в режиме вентиляции	в режиме фильтровентиляции
Фильтровентиляционный агрегат ФВА-100/50	–	100
Фильтровентиляционный агрегат ФВА-50/25	–	50
Комплект ФВК-200	–	200
Комплект ФВК-1, ФВК-2	1200	300
Фильтровентиляционный агрегат ФВА-49:		
с одним фильтром ФП-100у	450	100
с двумя фильтрами ФП-100у	450	200
с тремя фильтрами ФП-100у	450	300
Вентилятор ЭРВ-72	900	–
Вентилятор ЭРВ-72-2	1000	–
Вентилятор ЭРВ 600/300	600	–

– оценка защитных свойств.

Коэффициент ослабления ионизирующих излучений убежища класса А-IV:

$$K_{ОСЛ}^{УБЖ} = K_{ЗАС} \cdot 2^{\frac{\delta}{d_{Пол}}}, \quad (24)$$

где $K_{ОСЛ}^{УБЖ}$ – Коэффициент ослабления ионизирующих излучений убежища; $K_{ЗАС}$ – коэффициент, учитывающий условия расположения защитного сооружения: для встроенных – $K_{ЗАС} = 1,5$, для отдельно стоящих – $K_{ЗАС} = 1,0$; δ – толщина слоя материала защитного сооружения, см; $d_{Пол}$ – толщина слоя половинного ослабления для гамма-излучения на следе облака (табл. 14).

6.5 Составление принципиальной схемы защитного сооружения (убежища)

В соответствии с рассчитанной общей площадью убежища составить принципиальную схему. Примеры схем убежища приведены в приложении А.

7 ВЫВОД

Разработать мероприятия по защите рабочих и служащих промышленного объекта, которые попали в очаг комбинированного поражения (радиоактивного и химического). Сделать выводы по результатам работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дорожко, С. В. Защита населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность : пособие : в 3-х ч. Ч. 1 : Чрезвычайные ситуации и их предупреждение / С. В. Дорожко, И. В. Ролевич, В. Т. Пустовит. – 4-е изд. – Минск : Дикта, 2010. – 291 с.
2. Дорожко, С. В. Защита населения и объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность : пособие : в 3-х ч. Ч. 3 : Радиационная безопасность / С. В. Дорожко, В. П. Бубнов, В. Т. Пустовит. – 5-е изд., перераб. и доп. – Минск : Дикта, 2010. – 311 с.
3. ГОСТ 22.8.05-2022 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Аварийно-спасательные работы при ликвидации последствий аварий на химически опасных объектах. Общие требования. Взамен ГОСТ Р 22.8.05-99 ; введ. 2022-03-30. – Москва : Российский институт стандартизации, 2002. – 16 с.
4. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность: раздел «Радиационная безопасность» : лабораторный практикум / сост. А. В. Гречаников, И. А. Тимонов – Витебск : УО «ВГТУ», 2025. – 87 с.
5. Ковчур, С. Г. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность : пособие / С. Г. Ковчур, В. Н. Потоцкий, А. А. Трутнёв ; УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2008, 2006. – 131 с.
6. Методика прогнозирования масштабов заражения СДЯВ при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. РД 52.04.253-90. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1991. – 24 с.
7. О гражданской обороне [Электронный ресурс] : Закон Республики Беларусь, 27 ноября 2006 г., № 183-З // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2006 г. – № 201. – 2/1280.
8. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера : Закон Республики Беларусь, 05.05.1998 г., № 141-З // Ведомости Национального собрания Республики Беларусь. – 1998. – № 19.
9. О радиационной безопасности [Электронный ресурс] : Закон Республики Беларусь, 18 июня 2019 г., № 198-З // Эталон. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Республики Беларусь. – Минск, 2019.
10. Ролевич, И. В. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность : учебно-методическое пособие / И. В. Ролевич, Г. И. Морзак, Е. В. Зеленухо ; БНТУ, Кафедра «Инженерная экология». – Минск : БНТУ, 2020. – 109 с.
11. ТКП 45-3.02-231-2011 (02250/02300) Защитные сооружения гражданской обороны. Нормы проектирования.

Приложение А

Примеры принципиальных схем убежища

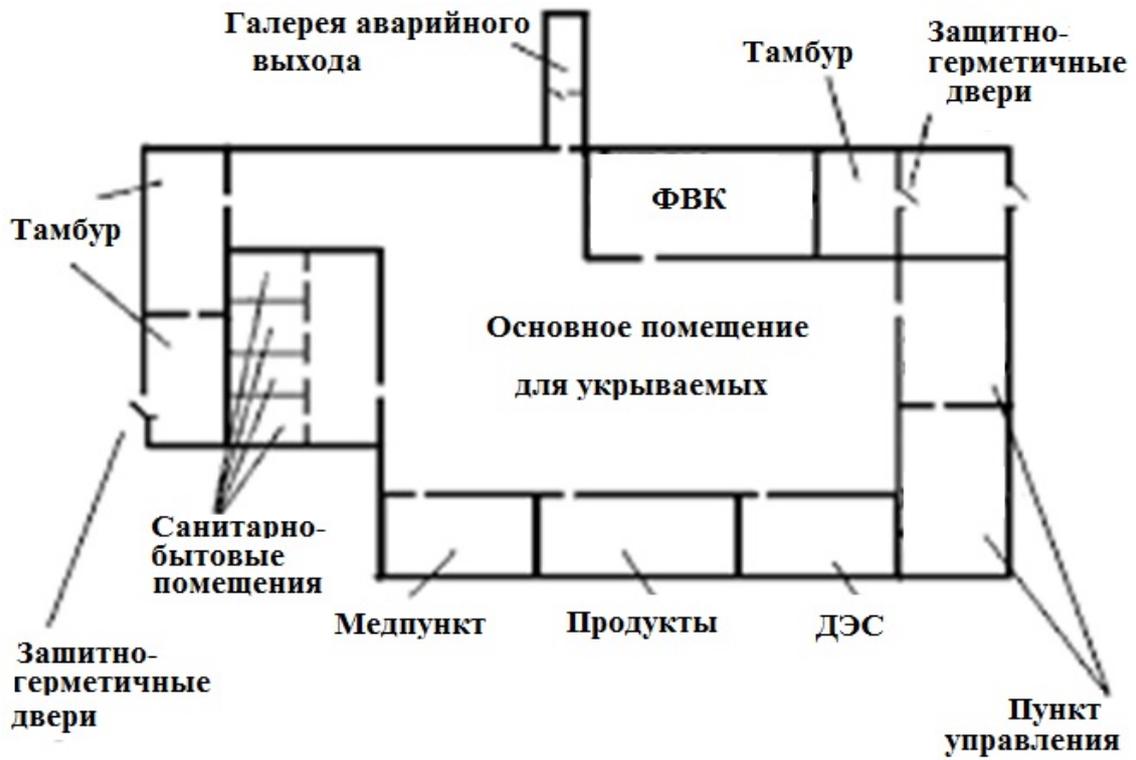


Рисунок А.1 – План убежища

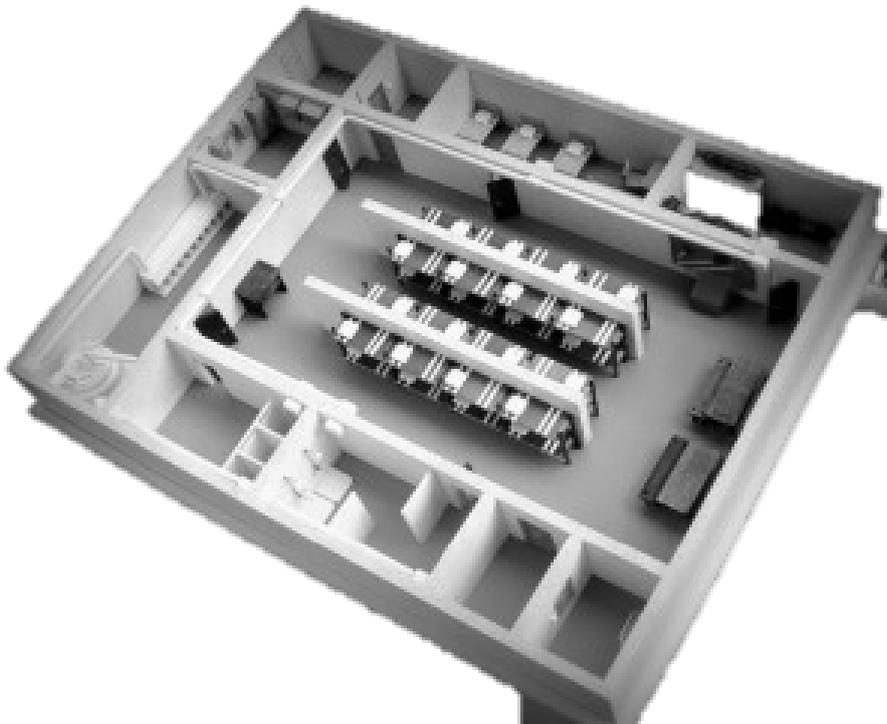
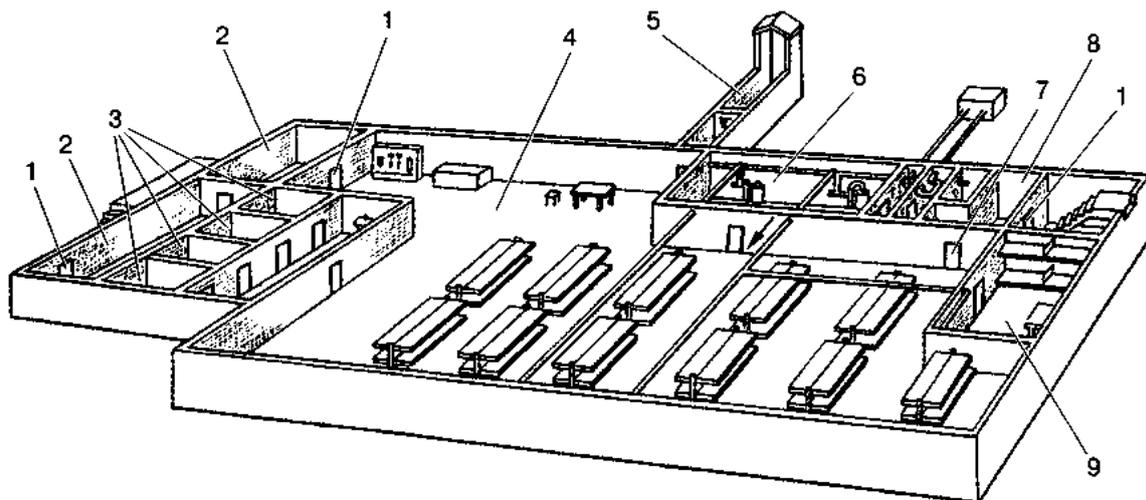


Рисунок А.2 – Макет убежища



Принципиальная схема планирования убежища:

- 1 — защитно-герметические двери; 2 — тамбур; 3 — санитарно-бытовые отсеки;
 4 — помещение для размещения людей; 5 — аварийный выход; 6 — фильтровентиляционная
 камера; 7 — герметическая дверь; 8 — тамбур; 9 — медицинская комната

Рисунок А.3 – Принципиальная схема планирования убежища

Учебное издание

**ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Методические указания
по выполнению расчетно-графической работы

Составители:
Гречаников Александр Викторович
Тимонов Иван Афанасьевич

Редактор *Р.А. Никифорова*
Корректор *А.С. Прокопюк*
Компьютерная верстка *А.В. Гречаников*

Подписано к печати 05.03.2025. Формат 60x90^{1/16}. Усл. печ. листов 2,5.
Уч.-изд. листов 3,1. Тираж 50 экз. Заказ № 58.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72.
Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.