

Витебский

ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ



Витебск
2010

Витебский университет

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

ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ ОТ ЧРЕЗ- ВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*Практикум для студентов
технических специальностей*

Витебск 2010

УДК 351.862.2
ББК 68.9
3 40

Рецензент:

Платонов А.П., кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой химии УО «Витебский государственный технологический университет»

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» протокол № 4 от 17 июня 2010 г.

**340 Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций :
практикум для студентов технических специальностей /
В. Е. Савенок, А. А. Трутнев. – Витебск : УО «ВГТУ», 2010. –
94 с.**

ISBN 978-985-481-197-0

Практикум разработан для студентов технических специальностей вузов. Предусматривает получение практических навыков по оценке обстановки в различных чрезвычайных ситуациях. Для решения практических задач дан необходимый теоретический и справочный материал по разделам курса, который позволяет обучаемым самостоятельно проводить расчеты.

Практикум составлен на основе учебной программы для вузов «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность».

**УДК 351.862.2
ББК 68.9**

ISBN 978-985-481-197-0

© Савенок В.Е., Трутнев А.А., 2010
© УО «ВГТУ», 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Оценка радиационной обстановки	6
1.1 Оценка радиационной обстановки при аварии на АЭС	6
1.1.1 Определение возможных доз излучения за время пребывания в зоне радиоактивного заражения	6
1.1.2 Определение допустимой продолжительности пребывания в зоне радиоактивного заражения	9
1.1.3 Определение дозы излучения за длительный период времени	10
1.2 Оценка радиационной обстановки при ядерном взрыве	12
1.2.1 Определение возможных доз излучения при заданной продолжительности облучения	13
1.2.2 Определение времени ядерного взрыва	15
1.2.3 Определение уровня радиации на один час после взрыва	15
1.2.4 Определение возможных доз излучения за время пребывания в зоне радиоактивного заражения	16
1.2.5 Определение возможных доз излучения при преодолении зон заражения	17
1.2.6 Определение допустимой продолжительности пребывания в зоне заражения по заданной дозе излучения	18
1.2.7 Определение допустимого времени начала входа в зону заражения (начала работ)	19
1.2.8 Определение возможных потерь при пребывании на радиоактивно зараженной местности	20
1.3 Задачи по теме	21
2 Оценка химической обстановки	26
2.1 Оценка химической обстановки на объектах, имеющих СДЯВ	27
2.1.1 Определение количественных характеристик выброса	28
2.1.1.1 Определение эквивалентного количества вещества по первичному облаку	29
2.1.1.2 Определение эквивалентного количества вещества по вторичному облаку	30
2.1.2 Расчет глубины зоны заражения при аварии на химически опасном объекте	31
2.1.3 Определение площади зоны заражения	36
2.1.4 Определение времени подхода зараженного воздуха к определенному ному рубежу (объекту)	37
2.1.5 Определение времени поражающего действия СДЯВ	38
2.1.6 Определение возможных потерь людей в очаге химического поражения	39
2.2 Оценка химической обстановки при применении химического оружия	39
2.2.1 Определение размеров и площади зоны химического заражения	40
2.2.2 Определение глубины распространения зараженного воздуха и времени его подхода	41

2.2.3	Определение стойкости ОВ на местности	42
2.2.4	Определение времени пребывания людей в средствах защиты кожи	42
2.2.5	Определение возможных потерь рабочих, служащих и населения в очаге химического поражения.....	43
2.3	Задачи по теме	44
3	Оценка пожарной обстановки.....	47
3.1	Исходные данные для прогнозирования пожарной обстановки	47
3.2	Классы взрывоопасных зон	48
3.2.1	Аналитическое обоснование классов взрывоопасных зон.....	48
3.3	Расчет категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.....	50
3.3.1	Применение легковоспламеняющихся жидкостей.....	53
3.3.2	Применение горючих газов	56
3.3.3	Помещения с образованием в них взрывоопасных пылей.....	57
3.4	Задачи по теме.....	60
4	Оценка обстановки при наводнении.....	62
4.1	Общие сведения	62
4.1.1	Правила поведения и действия населения при наводнениях.....	63
4.1.2	Перечень мероприятий по оценке обстановки	64
4.2	Аварии на гидротехнических сооружениях.....	65
4.2.1	Исходные данные	65
4.2.2	Алгоритм расчета	66
4.3	Задачи по теме	67
5	Оценка устойчивости объектов	68
5.1	Общие сведения	68
5.2	Определение максимальных значений параметров поражающих факторов ядерного взрыва, ожидаемых на объекте	69
5.3	Оценка устойчивости объекта к воздействию ударной волны ядерного взрыва	72
5.4	Оценка устойчивости сооружений и оборудования к воздействию скоростного напора ударной волны.....	77
5.4.1	Смещение оборудования.....	78
5.4.2	Опрокидывание оборудования	80
5.4.3	Инерционное разрушение элементов оборудования (ударные перегрузки)	81
5.5	Оценка устойчивости объекта к воздействию светового излучения ядерного взрыва	82
5.6	Оценка устойчивости объекта к воздействию взрыва газовоздушной смеси... ..	85
5.7	Оценка воздействия электромагнитного импульса на устойчивость объекта.. ..	87
5.8	Задачи по теме	90
	Список использованных источников	93

ВВЕДЕНИЕ

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

На современном этапе развития человеческого общества наблюдается рост количества опасных природных процессов и явлений, увеличивается количество техногенных аварий и катастроф, загрязняется среда обитания, появляются новые виды инфекционных заболеваний. Не устранена опасность военных конфликтов. Все это создает предпосылки для чрезвычайных ситуаций. Масштабы ущерба от них могут представлять угрозу национальной безопасности страны. В этих условиях стоит проблема выживания каждого человека, нации, человечества в чрезвычайных ситуациях.

Каждый гражданин прежде всего сам должен уметь выживать в чрезвычайных ситуациях, спасти материальные ценности. Обучение населения и студентов в вузах Беларуси действиям в чрезвычайных ситуациях организовано на основании Директивы № 1 Президента Республики Беларусь и Закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Когда в чрезвычайные ситуации попадает большое число людей и подвергаются опасному воздействию объекты экономики, социальной сферы и экологическая среда, то комплекс защитных мероприятий проводят государственные структуры, которые располагают необходимыми силами и средствами.

Причинами возникновения чрезвычайных ситуаций могут быть не только природные явления и катаклизмы, но и продолжающийся рост техногенного и антропогенного воздействия человечества как на природу, так и на сам уклад жизни современного общества. Таким образом, чрезвычайные ситуации являются негативным спутником жизнедеятельности человека практически во всех ее сферах.

Практикум предназначен для использования на практических занятиях по первой части курса «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций». В практикуме подробно рассматривается порядок оценки обстановки в чрезвычайных ситуациях, представляющих потенциальную опасность для человека и имеющих наибольшую угрозу для всего человечества.

1 ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ

Под оценкой радиационной обстановки понимается решение задач по различным вариантам действий формирований МЧС, а также производственной деятельности объектов и населения в условиях радиоактивного заражения, анализ полученных результатов и выбор наиболее целесообразного варианта действий, при котором исключается радиационное поражение людей.

Степень опасности и возможные последствия радиоактивного заражения определяются путем расчета ожидаемых доз облучения людей и сопоставления их значений с допустимыми нормами, характеризующими потерю работоспособности.

1.1 Оценка радиационной обстановки при аварии на АЭС

1.1.1 Определение возможных доз излучения за время пребывания в зоне радиоактивного заражения

Решение этой задачи позволяет оценить степень опасности пребывания людей на зараженной местности и наметить пути целесообразных действий. Для этого значение возможной дозы излучения сравнивают с допустимой (установленной) дозой $D_{уст}$. Если окажется, что люди получают дозу излучения, превышающую допустимую, то надо изменить порядок действия людей на зараженной местности:

- сократить время пребывания;
- изменить условия пребывания;
- начать работу позже.

Изменение уровней радиации на радиоактивно загрязненной местности в общем виде характеризуется зависимостью:

$$P_t = P_0 \left(\frac{t}{t_0} \right)^{-n}, \quad (1.1)$$

где P_t – уровень радиации в момент времени t после аварии, рад/ч;

P_0 – уровень радиации в момент времени t_0 после аварии, рад/ч;

n – показатель степени, характеризующий величину спада радиации по времени и зависящий от изотопного состава радионуклидов.

Таким образом, доза излучения за период, длящийся от времени начала пребывания в зоне радиоактивного заражения $t_n(\chi)$ до времени конца пребывания в зоне радиоактивного заражения $t_k(\chi)$, составит:

$$D = \int_{t_i}^{t_e} P(t) dt = \int_{t_i}^{t_e} P_0 \left(\frac{t}{t_0} \right)^{-n} dt, \text{ рад}. \quad (1.2)$$

После интегрирования (1.2) получим:

$$D = \frac{P_0 t_0^n}{1-n} \cdot (t_e^{n+1} - t_i^{-n+1}). \quad (1.3)$$

Выразив значение P_0 через P_1 и P_2 по формуле (1.1)

$$P_0 = P_i \left(\frac{t_i}{t_0} \right)^n; \quad P_0 = P_e \left(\frac{t_e}{t_0} \right)^n$$

и подставив в формулу (1.3), получим:

$$D = \frac{1}{1-n} \cdot (P_e \cdot t_e - P_i \cdot t_i), \quad (1.4)$$

где D – доза излучения, полученная за период времени от t_n до t_k , *рад*;

P_n – уровень радиации на время t_n , *рад/ч*;

P_k – уровень радиации на время t_k , *рад/ч*.

Величина спада радиации при аварии (разрушении АЭС), где, как известно, другой изотопный состав радионуклидов, чем при ядерном взрыве, должна в каждом конкретном случае определяться по данным радиационной разведки. Для чего из формулы (1.1) выразим n :

$$n = \frac{\ln \frac{P_1}{P_2}}{\ln \frac{t_2}{t_1}}, \quad (1.5)$$

где $\frac{P_1}{P_2}$ – отношение уровней радиации при первом измерении к уровню радиации при втором измерении (в начале и в конце);

$\frac{t_2}{t_1}$ – отношение времени, прошедшего после аварии до второго измерения,

к времени, прошедшего после аварии при первом измерении.

Для решения практических задач принимаем $n = 0,4$. Данное значение было определено опытным путем по результатам многократных замеров уровня радиации в зоне аварии на Чернобыльской АЭС. При таком показателе спада уровень радиации за семикратный промежуток времени уменьшается примерно в 2 раза, а не в 10, как при ядерном взрыве,* – это особенность АЭС. Тогда, при $n = 0,4$ формула (1.4) принимает вид:

$$D = \frac{1}{1-0,4} (P_e \cdot t_e - P_i \cdot t_i) = 1,7 (P_e \cdot t_e - P_i \cdot t_i), \text{ рад}. \quad (1.6)$$

* Для ядерного взрыва $n = 1,2$.

При расчетах необходимо также учитывать коэффициент ослабления излучения ($k_{осл}$) различными материалами (на открытой местности $k_{осл} = 1$).

С учетом коэффициента ослабления формула (1.6) записывается:

$$D = \frac{1,7(P_e \cdot t_e - P_i \cdot t_i)}{k_{i\tilde{n}\tilde{e}}}, \text{ рад.} \quad (1.7)$$

В качестве исходных данных для расчета доз излучения по формуле (1.7) необходимо знать:

- P_n – уровень радиации на время, соответствующее началу пребывания в зоне радиоактивного заражения (отсчитывается от момента аварии), рад/ч;
- t_n – время начала пребывания в зоне, ч;
- T – продолжительность работы в зоне, ч;
- $k_{осл}$ – коэффициент ослабления радиации зданием, сооружением, местом, где будут находиться люди;
- $t_k = t_n + T$ – время окончания работ в зоне, ч;
- P_k – уровень радиации на момент окончания работ в зоне, рад/ч.

При расчетах используют коэффициенты пересчета уровней радиации на различное время после аварии на АЭС (см. табл. 1.1):

$$k_t = t^{-0,4}. \quad (1.8)$$

Таблица 1.1 – Коэффициенты $k_t = t^{-0,4}$ для пересчета уровней радиации на различное время t после аварии (разрушения) АЭС

$t, \text{ ч}$	k_t	$t, \text{ ч}$	k_t	$t, \text{ ч}$	k_t	$t, \text{ ч}$	k_t
0,5	1,32	4,5	0,545	8,5	0,427	16,0	0,33
1,0	1,0	5,0	0,525	9,0	0,417	20,0	0,303
1,5	0,85	5,5	0,508	9,5	0,408	24,0	0,282
2,0	0,76	6,0	0,49	10,0	0,4	48,0	0,213
2,5	0,7	6,5	0,474	10,5	0,39	72,0	0,182
3,0	0,645	7,0	0,465	11,0	0,385	96,0	0,162
3,5	0,61	7,5	0,447	11,5	0,377	120,0	0,146
4,0	0,575	8,0	0,434	12,0	0,37	144,0	0,137

Тогда, с учетом формулы (1.8) формула (1.1) записывается:

$$\frac{P_t}{P_0} = \frac{k_t}{k_{t_0}}. \quad (1.9)$$

Используя формулу (1.9), находят уровень радиации P_k :

$$P_e = P_i \frac{k_e}{k_i}, \text{ рад/ч.}$$

1.1.2 Определение допустимой продолжительности пребывания в зоне радиоактивного заражения

При действиях на местности, зараженной радиоактивными веществами, может возникнуть необходимость определения допустимого времени пребывания в зонах заражения с учетом заданной (установленной) дозы. Решение этой задачи необходимо для определения целесообразных действий людей на зараженной местности.

В качестве исходных данных для расчета допустимого времени пребывания в зоне радиоактивного заражения необходимо знать PI – уровень радиации на один час после аварии, который можно определить, используя формулу (1.9):

$$PI = \frac{P_t}{k_t}, \text{ рад/ч}, \quad (1.10)$$

где k_t – коэффициент пересчета уровня радиации на время t (определяется по таблице 1.1);

P_t – уровень радиации на время t , рад/ч.

Далее определяют относительную величину a :

$$a = \frac{PI}{D_{\text{зад}} k_{\text{осл}}}, \quad (1.11)$$

где $D_{\text{зад}}$ ($D_{\text{уст}}$) – установленная доза излучения, рад;

$k_{\text{осл}}$ – коэффициент ослабления уровня радиоактивного излучения.

Затем, зная a и t_n – время, прошедшее с момента аварии до начала облучения, по табл. 1.2 определяют допустимую продолжительность пребывания людей на радиоактивно зараженной местности при аварии на АЭС.

Таблица 1.2 – Допустимая продолжительность пребывания людей на радиоактивно зараженной местности при аварии (разрушении) на АЭС, T (ч:мин)

a	Время, прошедшее с момента аварии до начала облучения, t_n , ч							
	1	2	3	4	6	8	12	24
0,2	7:30	8:35	10:00	11:3	12:30	14:00	16:00	21:00
0,3	4:50	5:35	6:30	7:10	8:00	9:00	10:30	13:30
0,4	3:30	4:00	4:35	5:10	5:50	6:30	7:30	10:00
0,5	2:45	3:05	3:35	4:05	4:30	5:00	6:00	7:50
0,6	2:15	2:35	3:00	3:20	3:45	4:10	4:50	6:25
0,7	1:50	2:10	2:30	2:40	3:10	3:30	4:00	5:25
0,8	1:35	1:50	2:10	2:25	2:45	3:00	3:30	4:50
0,9	1:25	1:35	1:55	2:05	2:25	2:40	3:05	4:00
1,0	1:15	1:30	1:40	1:55	2:10	2:20	2:45	3:40

Допустимую продолжительность пребывания людей на радиоактивно зараженной местности можно также определить по графику (рис. 1.1).

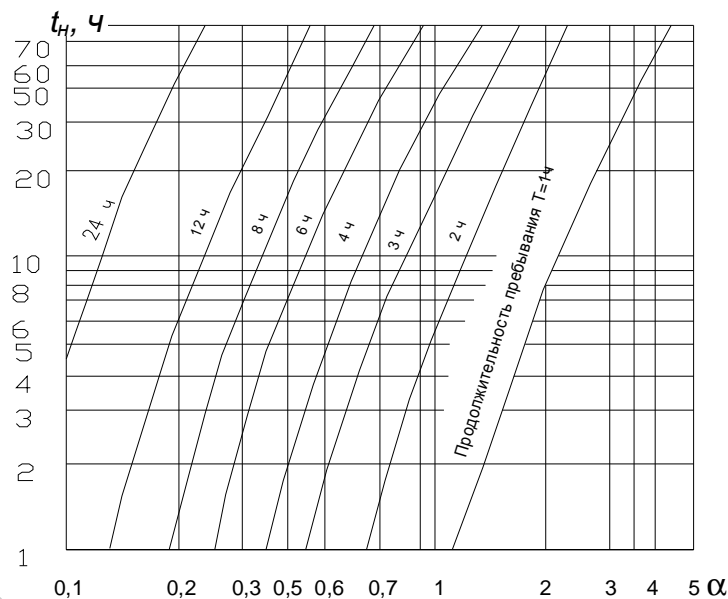


Рисунок 1.1 – График определения продолжительности пребывания в зоне радиоактивного заражения при аварии на АЭС

1.1.3 Определение дозы излучения за длительный период времени

Формула (1.7) справедлива для суммарного воздействия всех радионуклидов аварийного выброса до момента практически полного распада основной их массы. После этого доза радиации в основном будет определяться распадом наиболее долгоживущего гамма-активного радионуклида с периодом полураспада на порядок выше остальных. Применительно к Чернобыльской АЭС большинство радионуклидов имели небольшой период полураспада (несколько минут, часов, дней), и в результате аварии на этой станции было загрязнено 20 % территории Республики Беларусь. Из наиболее долгоживущих сейчас остались:

- гамма-радионуклиды: цезий-137 (период полураспада $T_{1/2} = 30 \text{ лет}$);
- бета-радионуклиды: стронций-90 ($T_{1/2} = 29,1 \text{ лет}$), плутоний-238 ($T_{1/2} = 87,7 \text{ лет}$).

Известно, что уже через 5 периодов полураспада активность радионуклидов уменьшится в 32 раза и составит 0,03 от его первоначальной активности.

Для оценки возможной дозы излучения, которую может получить население при длительном его проживании (несколько лет) на загрязненной каким-либо одним радионуклидом территории (например, загрязнение гамма-радионуклидом цезия-137), используется формула

$$N_t = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T_{1/2}}}}, \quad (1.12)$$

где N_0 – первоначальная исходная активность радионуклида (уровень загрязнения) на момент аварии t_0 , $Ku/км^2$;

N_t – активность (уровень загрязнения) в рассматриваемый момент времени t , $Ku/км^2$;

t – время отсчитывается от исходной активности (исходного уровня загрязнения), лет; $T_{1/2}$ – период полураспада радионуклида, лет.

Заменяя в формуле (1.12) уровень загрязнения соответствующим ему уровнем радиации, сопровождающим гамма-излучение, получим:

$$P_t = \frac{P_0}{2^{\frac{t}{T_{1/2}}}}, \quad (1.13)$$

где P_0 – первоначальный (исходный) уровень радиации, соответствующий первоначальной поверхностной активности радионуклида, рад/лет;

P_t – уровень радиации в рассматриваемый момент времени t , рад/лет.

Тогда доза излучения за время от t_1 до t_2 составит:

$$D = \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt = \int_{t_1}^{t_2} P_0 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} dt = -\frac{T_{1/2} P_0}{\ln 2} (2^{-\frac{t_2}{T_{1/2}}} - 2^{-\frac{t_1}{T_{1/2}}}), \text{ рад}, \quad (1.14)$$

или окончательно, с учетом $k_{осл}$:

$$D = \frac{1,44 T_{1/2} P_0 (2^{-t_1/T_{1/2}} - 2^{-t_2/T_{1/2}})}{k_{осл}}, \text{ рад}. \quad (1.15)$$

Для проведения практических расчетов по формуле (1.15) необходимо знать величину P_0 , соответствующую данному уровню загрязнения радионуклидом. Для решения этой задачи воспользуемся зависимостью:

$$P_0 = 0,0545 \cdot m \cdot E \cdot J, \quad (1.16)$$

где E – энергия гамма-квантов, МэВ;

J – поток гамма-квантов, проходящий через 1 см^2 в секунду, $\frac{\delta \dot{a} \ddot{n} \ddot{i}}{\ddot{n} \ddot{i}^2 \cdot \ddot{n}}$;

m – линейный коэффициент ослабления гамма-лучей воздухом, см^{-1} (определяется по таблице 1.3).

Таблица 1.3 – Зависимость линейного коэффициента от энергий гамма-квантов

Е, МэВ	0,1	0,25	0,5	0,7	1,0	2,0	3,0
μ , см^{-1}	$1,98 \cdot 10^{-4}$	$1,46 \cdot 10^{-4}$	$1,11 \cdot 10^{-4}$	$0,95 \cdot 10^{-4}$	$0,81 \cdot 10^{-4}$	$0,57 \cdot 10^{-4}$	$0,46 \cdot 10^{-4}$

При постоянной интенсивности гамма-излучения уровень загрязнения:

$$N = \frac{60 \cdot J}{n}, \frac{\delta \dot{a} \ddot{n} \ddot{i}}{\ddot{n} \ddot{i}^2 \cdot \ddot{n}}, \quad (1.17)$$

где n – число гамма-квантов, приходящихся на 1 распад.

Выразив из формулы (1.17) значение $J = (Nn)/60$ и подставив его в формулу (1.16), получают:

$$P_0 = 0,0545 \cdot m \cdot E \cdot N \cdot n / 60 = 9,1 \cdot 10^{-4} \cdot m \cdot E \cdot N \cdot n. \quad (1.18)$$

С учетом того, что $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ расп/с}$, $1 \text{ Ки/км}^2 = \frac{3,7 \cdot 10^{10} \cdot 60}{10^{10}} = 2,2 \cdot 10^2 \text{ расп/см}^2 \text{ мин}$, формулу (1.18) можно записать в виде:

$$P_0 = 0,2 \cdot m E \cdot N_0 \cdot n, \text{ рад/ч.} \quad (1.18^*)$$

Для подстановки полученного по формуле (1.18*) значения P_0 в формулу (1.15) его необходимо перевести в рад/лет , умножив на 8760 (число часов в году).

1.2 Оценка радиационной обстановки при ядерном взрыве

Исходные данные:

- время (фиксируют в момент взрыва);
- координаты взрыва;
- вид взрыва (можно определить по внешним признакам);
- направление и скорость среднего ветра в слоях, км/ч (0 – 2; 0 – 4; 0 – 6; 0 – 8 и т.д.).

Например: направление $270^\circ \Rightarrow$ ветер дует с запада на восток.

С помощью часов можно определить время взрыва и примерное расстояние. Для этого необходимо зафиксировать число секунд от момента вспышки и до прихода ударной волны (1 км проходит примерно за 3 с).

Виды взрыва:

- *наземный* – пылевой столб (ножка гриба) с момента образования облака соединен с облаком (шляпкой);
- *воздушный* – ножка не соединена со шляпкой:
 - может догнать ее при подъеме, если $H \leq 20\sqrt[3]{q}$ (низкий воздушный взрыв), m , где q – мощность в кт;
 - $H > 20\sqrt[3]{q}$ – не догоняет (высокий воздушный взрыв), m .

Мощность взрыва определяется по отношению видимых размеров h/d грибовидного облака к моменту подъема на максимальную высоту (через 8 - 9 минут независимо от мощности q), где h – видимая максимальная высота подъема верхней кромки облака от поверхности земли; d – видимый горизонтальный диаметр облака на максимальной высоте.

Определяя отношение h/d с помощью подручных средств (палочки, линейки), можно примерно определить мощность взрыва по табл. 1.4.

Таблица 1.4 – Мощность взрыва в зависимости от h/d

h/d	5	2,5	1,5	1,0	0,9
q , кт	1	10	100	1000	10000

Размеры зон радиоактивного заражения на следе облака ориентировочно определяются:

Зона Г (чрезвычайно опасного) – $L_G = 1,0\sqrt{q}$, км;

Зона В (опасного) – $L_B = 2,5\sqrt{q}$, км;

Зона Б (сильного) – $L_B = 5,0\sqrt{q}$, км;

Зона А (умеренного) – $L_A = 16\sqrt{q}$, км, (1.19)

где q – мощность взрыва в кт.

Максимальная ширина следа будет равна:

0,1 L – при скорости среднего ветра $v = 100$ км/ч;

0,2 L – при $v = 50 - 70$ км/ч;

0,4 L – при $v = 25$ км/ч.

При этом необходимо отметить, что чем сильнее ветер, тем быстрее рассеиваются радиоактивные вещества. Известно, что зона Г образуется только, если $v \leq 25 - 50$ км/ч (для $q = 100$ кт); $v \leq 75 - 100$ км/ч (для $q = 500$ кт).

1.2.1 Определение возможных доз излучения при заданной продолжительности облучения

Для решения этой задачи необходимы следующие исходные данные:

- координаты взрыва;
- направление и скорость ветра;
- вид взрыва;
- мощность взрыва.

При расчете вначале определяется время подхода радиоактивного облака к объекту по формуле:

$$t = R/v,$$

где R – расстояние от объекта до места предполагаемого взрыва, км;

v – скорость ветра, км/ч.

Далее определяют размеры зон радиоактивного заражения по формуле (1.19) и рассчитывают, в какой зоне может находиться объект. При этом следует учесть, что каждая зона имеет площадь S_z , а ее внешняя граница характеризуется следующими параметрами: уровнем радиации на 1 час после взрыва PI ; дозой излучения, которую можно получить, находясь в зоне, за большой промежуток времени, D_∞ :

Зона А – $D_\infty = 40$ рад; $PI = 8$ рад/ч; $S_z = 60$ % от всей площади;

Зона Б – $D_\infty = 400$ рад; $PI = 80$ рад/ч; $S_z = 20$ % от всей площади;

Зона В – $D_\infty = 1200$ рад; $PI = 240$ рад/ч; 13 % от всей площади;

Зона Г – $D_\infty = 4000$ рад; $PI = 800$ рад/ч; 7 % от всей площади.

Затем, используя данные таблицы 1.5, вычисляют дозу, которую получат люди за время T . Например: для $T = 1$ ч доза $D = 0,13 \cdot D_\infty / k_{осл}$.

По результатам расчетов дозы излучения делается вывод о целесообраз-

ности пребывания в зоне радиоактивного заражения.

Значения доз излучения, которые получают люди в зависимости от длительности облучения и условий их расположения, рассчитаны указанным выше способом и приводятся в таблице 1.6.

Таблица 1.5 – Накопление дозы излучения

Продолжительность облучения с момента образования следа *, $T, ч$	Часы						Сутки			Бесконечно большое время
	1	2	4	6	8	12	1	5	30	
Доза в % от $D_{\infty}, рад$	13	20	28	32	36	40	50	60	70	100

*Выпадение радиоактивных веществ произошло через 1 час после взрыва.

Таблица 1.6 – Дозы излучения, получаемые населением в зонах радиоактивного заражения на следе облака наземного взрыва, рад (при $t_n = 1 ч$)

Условия расположения	Коэффициент ослабления, $K_{осл}$	Продолжительность пребывания в зоне, $T, ч$	Зона радиоактивного заражения							
			А		Б		В		Г	
			внешняя граница	середина зоны	внешняя граница	середина зоны	внешняя граница	середина зоны	внешняя граница	середина зоны
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вне укрытий	1	0,5	3	10	32	55	94	170	305	550
		1	5	16	52	91	155	280	505	910
		2	8	25	80	138	240	430	770	1380
		4	10	34	110	194	340	610	1100	1980
В производственных 1-этажных зданиях (цехах) и административных 3-этажных зданиях	6-7	0,5	0,5	1,5	5	9	16	28	50	92
		1	0,8	2,5	8,5	15	26	47	84	150
		2	1,3	4	13	23	40	72	130	230
		4	1,5	5,5	18	32	57	100	184	330
В жилых одноэтажных каменных домах	10	0,5	0,3	1	3	6	10	17	30	55
		1	0,5	1,5	5	9	16	28	50	91
		2	0,8	2,5	8	14	24	47	77	138
		4	1	3,5	11	20	34	61	110	198
В жилых трехэтажных каменных домах	20	1	0,3	0,8	2,5	5	8	14	25	45
		4	0,5	1,7	6	10	17	30	55	99
		6	0,6	2	7	12	20	36	63	113
		24	1	3	10	17	29	52	94	166
В подвалах одноэтажных жилых каменных домов	40	1	0,2	0,4	1,3	2,5	4	7	13	23
		4	0,25	0,8	3	5	8,5	15	28	50
		6	0,3	1	3,5	6	10	18	32	57
		24	0,5	1,5	5	8,5	15	26	47	83

Примечание. Если время начала облучения (входа в зону заражения) t_n не равно 1 ч, найденная по табл.1.6 доза излучения умножается на коэффициент K^* , определяемый по таблице:

t_n , ч	0,5	1,5	2	3	4	6
K^*	1,5	0,7	0,55	0,4	0,3	0,2

1.2.2 Определение времени ядерного взрыва

Для определения времени взрыва необходимы следующие *исходные данные*:

- время первого замера t_1 и соответствующий ему уровень радиации P_{t_1} , рад/ч;
- время второго замера t_2 и соответствующий ему уровень радиации P_{t_2} , рад/ч.

Вначале рассчитывается промежуток времени между замерами $\Delta t = t_2 - t_1$. Затем находят отношение P_{t_2}/P_{t_1} и по таблице 1.7 для Δt находят время, прошедшее после взрыва до 2-го измерения t . Время взрыва определяется по формуле:

$$t_{взр} = t_2 - t. \quad (1.20)$$

Таблица 1.7 – Зависимость времени, прошедшего после взрыва, от соотношения P_{t_2}/P_{t_1}

Отношение уровня радиации при втором измерении к уровню радиации при первом измерении P_{t_2}/P_{t_1}	Время между измерениями Δt , мин		
	15	30	60
	Время после взрыва до второго измерения (ч:мин)		
0,9	3:00	6:00	12:00
0,8	1:30	3:00	6:00
0,7	1:00	2:00	4:00
0,6	0:45	1:30	3:00
0,5	0:35	1:10	2:20
0,4	–	0:55	1:50
0,3	–	–	1:35
0,2	–	–	1:20

1.2.3 Определение уровня радиации на один час после взрыва

Для нанесения на карту границ зон радиоактивного заражения уровни радиации, полученные радиационной разведкой, приводятся к одному времени, обычно на 1 час после взрыва PI . Полученные данные PI для соответствующих точек замера наносят на карту (схему) и проводят границы зон, для чего все точки с уровнем радиации $PI = 8; 80; 240; 800$ рад/ч соединяют плавными линиями и получают зоны следа радиоактивного облака, образовавшегося после взрыва ($A, B, B, Г$).

Для определения уровня радиации на 1 час после взрыва необходимо знать измеренный уровень радиации P_x на время t_x . Дальнейший алгоритм расчета PI аналогичен расчету при аварии на АЭС с использованием формулы (1.10): $PI = P_x/\kappa_x$.

Коэффициент пересчета уровня радиации на различное время после взрыва определяется с учетом показателя спада уровня радиации при ядерном взрыве $n = 1,2$ по формуле

$$k_t = t^{-1,2}. \quad (1.21)$$

Значения коэффициента пересчета уровня радиации на различное время после взрыва приведены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Коэффициенты k_t для пересчета уровней радиации на различное время t после ядерного взрыва

$t, ч$	k_t	$t, ч$	k_t	$t, ч$	k_t	$t, ч$	k_t
0,5	2,3	4,5	0,165	8,5	0,077	16,0	0,036
1,0	1,0	5,0	0,145	9,0	0,072	20,0	0,027
1,5	0,615	5,5	0,13	9,5	0,068	24,0	0,022
2,0	0,435	6,0	0,116	10,0	0,063	28,0	0,018
2,5	0,333	6,5	0,106	10,5	0,06	32,0	0,015
3,0	0,267	7,0	0,097	11,0	0,056	36,0	0,013
3,5	0,223	7,5	0,09	11,5	0,053	40,0	0,012
4,0	0,189	8,0	0,082	12,0	0,051	48,0	0,01

1.2.4 Определение возможных доз излучения за время пребывания в зоне радиоактивного заражения

Алгоритм расчета доз излучения, полученных за время пребывания в зоне радиоактивного заражения, аналогичен расчету для аварии на АЭС (см. п. 1.1.1). Однако, так как показатель степени n , характеризующий величину спада радиации во времени, равен 1,2 (т.е. в 3 раза больше, чем на АЭС), то, подставив его значение в формулу (1.4), получим:

$$D = \frac{5(P_n t_n - P_k t_k)}{k_{i \text{ нэ}}}, \quad (1.22)$$

где t_n – время начала пребывания в зоне, ч;

t_k – время конца пребывания в зоне, ч;

P_n и P_k – соответствующие уровни радиации на время t_n и t_k , рад/ч.

Исходными данными для расчета дозы излучения являются:

- T – время пребывания в зоне, ч;
- t_n, t_k и соответствующие им P_n и P_k .

Если до момента входа в зону личный состав формирований был предварительно облучен, то суммарная доза, полученная личным составом, определяется с учетом предварительно полученной дозы $D_{пр}$:

$$D_{\Sigma} = D + D_{\text{ост}}, \quad (1.23)$$

где D – доза излучения, определяется по формуле (1.22), рад;

$D_{ост} = K_{np} D_{np}$ – остаточная доза, определяемая по таблице 1.9, с учетом времени, прошедшего после предварительного облучения (t_{np} , нед.), K_{np} – поправочный коэффициент.

Таблица 1.9 – Остаточная доля от полученной дозы излучения

Время, прошедшее после предыдущего облучения, t_{np} (нед.)	1	2	3	4	6	8	10	12
K_{np}	0,9	0,75	0,6	0,5	0,35	0,25	0,17	0,13

1.2.5 Определение возможных доз излучения при преодолении зон заражения

Необходимость решения данной задачи возникает при организации выдвигания формирований МЧС в очаг поражения или эвакуации населения через зоны (участки) радиационного заражения.

Для оценки степени воздействия излучения на людей и ожидания последствий (возможных радиационных потерь) отдел МЧС должен определить дозу излучений, которую получают люди за время преодоления зон заражения.

Исходными данными для расчета являются:

- PI_1, PI_2, \dots, PI_n – уровни радиации на 1 час после взрыва в отдельных точках маршрута (1, 2, ..., n) через равные отрезки пути, рад/ч;
- n – число замеров уровня радиации на маршруте;
- t_n – время начала преодоления радиоактивной зоны, ч;
- L – протяженность маршрута в радиоактивной зоне, км;
- u – скорость движения, км/ч;
- $k_{осл}$ – коэффициент ослабления излучения (см. табл. 1.10).

Дозы излучения за время движения по зараженному участку рассчитываются по формуле

$$D = \frac{P_{\text{ср}} L}{k_{\text{осл}} \cdot u}, \quad (1.24)$$

где $L/u = T$ – время движения по зараженному участку, ч;

$P_{\text{ср}} = (PI_1 + PI_2 + \dots + PI_n)/n$ – средний уровень радиации на маршруте.

Если замер в каждой точке предполагаемого маршрута не проводился, то $P_{\text{ср}}$ можно определить, зная максимальное значение уровня радиации P_{max} :

$P_{\text{ср}} = P_{\text{max}}/4$ – маршрут L начинается на границе зоны и проходит перпендикулярно оси следа радиоактивного облака на местности;

$P_{\text{ср}} = P_{\text{max}}/3$ – маршрут L начинается в зоне и проходит через ось следа;

$P_{\text{ср}} = 1,5P_{\text{max}}/4$ – маршрут L расположен под углом 45° к оси следа;

$P_{\text{ср}} = P_{\text{max}}/2$ – маршрут L начинается в зоне и не пересекает ось следа.

Таблица 1.10 – Средние значения коэффициентов ослабления излучения укрытиями и транспортными средствами ($k_{осл}$)

Наименование укрытий и транспортных средств	$k_{осл}$
<i>Открытое расположение на местности. Фортификационные сооружения</i>	
1. Открытые траншеи, окопы, щели	1
2. Дезактивированные (или открытые на зараженной местности)	3
3. Траншеи, окопы, щели	20
4. Перекрытые щели	50
<i>Транспортные средства</i>	
1. Автомобили и автобусы	2
2. Железнодорожные платформы	1,5
3. Крытые вагоны	2
4. Пассажирские вагоны	3
<i>Промышленные и административные здания</i>	
1. Производственные одноэтажные здания (цеха)	7
2. Производственные и административные трехэтажные здания	6
<i>Жилые каменные дома</i>	
1. Одноэтажные	10
- подвал	40
2. Двухэтажные	15
- подвал	100
3. Трехэтажные	20
- подвал	400
4. Пятиэтажные	27
- подвал	400
<i>Жилые деревянные дома</i>	
1. Одноэтажные	2
- подвал	7
2. Двухэтажные	8
- подвал	12
<i>В среднем для населения</i>	
1. Городское	8
2. Сельское	4

1.2.6 Определение допустимой продолжительности пребывания в зоне заражения по заданной дозе излучения

При действии на местности, зараженной радиоактивными веществами, может возникнуть необходимость определения допустимого времени пребывания в зонах заражения с учетом установленной дозы (времени, за которое люди получат эту дозу).

Решать эту задачу можно с использованием графика (рис. 1.2) или таблицы 1.11.

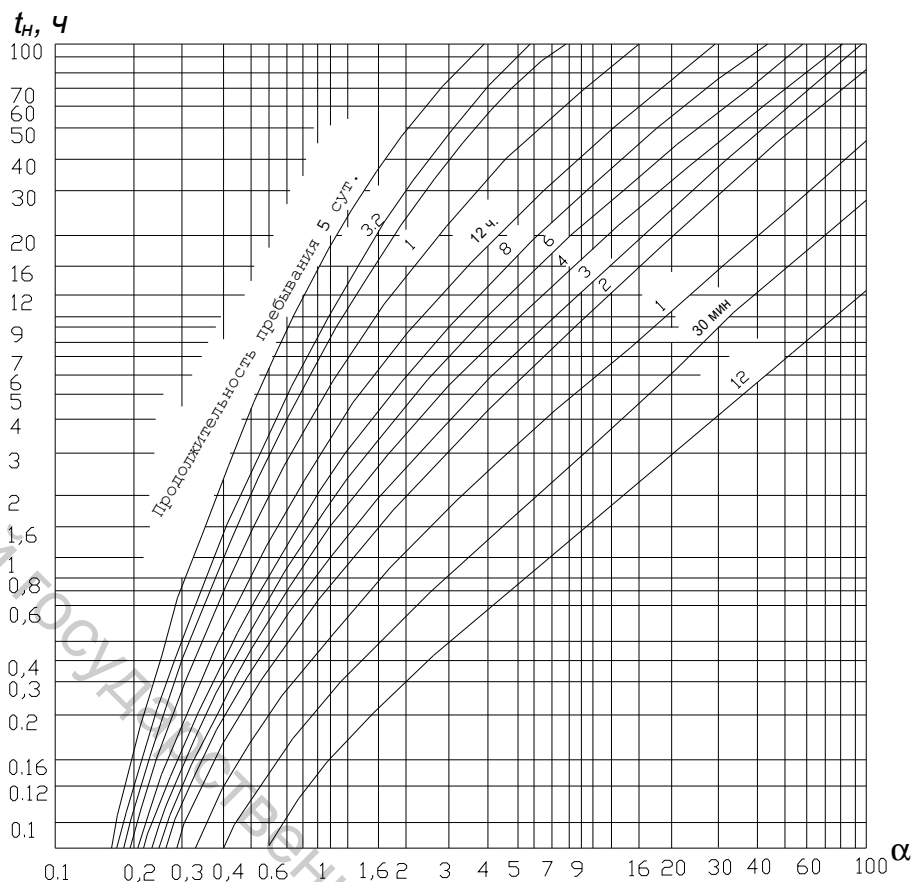


Рисунок 1.2 – График определения продолжительности пребывания в зоне радиоактивного заражения (при ядерном взрыве)

Исходными данными для расчета являются:

- PI – уровень радиации на 1 час после взрыва или P_n – уровень радиации к моменту t_n входа в зараженный участок, рад/ч, ($PI = P_n \cdot k_n$);
- $D_{уст}$ ($D_{зад}$) – заданная доза излучения радиации, рад;
- $k_{осл}$ – коэффициент ослабления излучения (табл. 1.10).

Вначале находят относительную величину b :

$$b = \frac{D_{зад} \cdot k_{осл}}{PI} \quad (1.25)$$

Затем, по значению b на время начала входа в зону t_n по таблице 1.11 находят допустимую продолжительность пребывания в зоне T . Время T можно также найти по графику (рис. 1.2), для чего вычисляют по формуле (1.11) величину α , затем по ее значению и времени t_n определяют допустимую продолжительность пребывания людей на зараженной местности.

1.2.7 Определение допустимого времени начала входа в зону заражения (начала работ)

Для определения допустимого времени начала входа в зону заражения или начала работ в зоне по заданной дозе излучения необходимы следующие исходные данные:

- PI – уровень радиации на 1 час после взрыва, $рад/ч$;
- $D_{уст} (D_{зад})$ – заданная доза излучения, $рад$;
- $t_p (T)$ – продолжительность работ в зоне, $ч$;
- $k_{осл}$ – коэффициент ослабления радиационного излучения.

Если предполагаемая суммарная доза, которую может получить личный состав рабочей бригады (формирования), больше, чем заданная доза излучения ($D_{\Sigma} > D_{зад}$), то определяется число смен работающих:

$$N = \frac{D_{\Sigma}}{D_{зад}}, \quad (1.26)$$

где D_{Σ} – суммарная доза, определяемая по формуле (1.23), $рад$.

Далее по формуле (1.11) определяется относительная величина a . По графику (см. рис. 1.2) при заданном $T (t_p)$ находят время начала работ. Если установлено, что будет работать несколько смен N , то найденное значение будет являться временем начала работ первой смены. Время окончания работ первой (предыдущей) будет являться временем начала работ следующей смены.

Таблица 1.11 – Допустимая продолжительность пребывания людей на радиоактивно зараженной местности, T (ч:мин)

b	Время, прошедшее с момента взрыва до начала облучения, ч						
	0:5	1	2	3	4	5	6
0,2	0:15	0:14	0:13	0:12	0:12	0:12	0:12
0,3	0:22	0:22	0:20	0:19	0:19	0:19	0:19
0,4	0:42	0:31	0:26	0:26	0:25	0:25	0:25
0,5	1:02	0:42	0:35	0:34	0:32	0:32	0:32
0,6	1:26	0:54	0:44	0:41	0:39	0:39	0:38
0,7	2:05	1:08	0:52	0:49	0:47	0:46	0:45
0,8	2:56	1:23	1:02	0:57	0:54	0:53	0:52
0,9	4:09	1:42	1:12	1:05	1:02	1:00	0:59
1,0	5:56	2:03	1:23	1:14	1:10	1:03	1:06
2,0	без огранич.	11:52	4:06	3:13	2:46	2:35	2:29
2,5	без огранич.	31:00	6:26	4:28	3:48	3:28	3:16
3,0	без огранич.	без огранич.	9:54	6:09	5:01	4:28	4:10

1.2.8 Определение возможных потерь при пребывании на радиоактивно зараженной местности

Возможные радиационные потери личного состава формирований МЧС (населения, рабочих и служащих) определяют по дозе излучений, которую они могут получить за определенное время и в определенных условиях пребывания на зараженной местности. При повторном облучении людей необходимо учи-

тывать остаточную дозу излучения $D_{ост}$, т.е. часть дозы излучения, полученной ранее, но не восстановленной организмом к данному сроку. Организм человека способен восстанавливать до 90 % радиационного поражения, причем процесс восстановления начинается через 4 суток от начала первого облучения. Значения остаточной дозы излучения зависят от времени, прошедшего после облучения.

Порядок определения радиационных потерь следующий:

1. По формулам (1.22, 1.23) рассчитывают суммарную дозу излучения, которую может получить личный состав за все время пребывания на зараженной местности с учетом степени их защищенности и остаточной дозы.

2. По таблице 1.12 определяют возможные радиационные потери по величине суммарной дозы излучения (D_{Σ}) и времени, за которое она получена.

Таблица 1.12 – Радиационные потери в зависимости от суммарной дозы

Суммарная доза излучения, рад	100	125	150	175	200	225	250	275	300
Выход из строя, %	–	5	15	30	50	70	85	95	100

1.3 Задачи по теме

Задача 1.1 Определение дозы излучения

Формированию МЧС предстоит проводить спасательные работы T часов на радиоактивно зараженной в результате аварии на АЭС местности. Определить дозу излучения, которую получит личный состав формирования при входе в зону через t_n часов после аварии, если уровень радиации к этому времени составил P_n .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$T, ч$	6	7	8	9	10	9	8	7	6	5	4	3
$t_n, ч$	4	4,5	3	2,5	6	3	3,5	2	3	4	5	5
$P_n, рад/ч$	5	6	7	8	10	9	11	12	11	10	9	10

Задача 1.2 Определение допустимой продолжительности пребывания

Определить допустимую продолжительность работы студентов спасательного формирования комиссии по ЧС университета на радиоактивно загрязненной в результате аварии на АЭС местности, если измеренный уровень радиации при входе в зону через t_n часов после аварии составлял P_n , а заданная доза – $D_{зад}$, коэффициент ослабления – $K_{осл}$.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_n, ч$	2	4	4	6	8	12	24	1	2	3	4	5
$P_n, рад/ч$	3	5	6	7	8	10	12	14	20	20	30	30
$D_{зад}, рад$	10	20	30	35	20	15	25	10	50	40	30	20
$k_{осл}$	1	1	1	1	2	2	2	5	2	2	2	3

*При полученном значении $\alpha > 1$ - использовать данные для $\alpha = 1$.

Задача 1.3 Определение времени начала работ

Формированию МЧС предстоит провести аварийно-восстановительные работы продолжительностью T часов на объекте, расположенном в зоне радиоактивного загрязнения в результате аварии на АЭС местности, допустимая установленная доза – $D_{уст}$. Определить время начала работ формирования на объекте, имеющем коэффициент ослабления стен – $k_{осл}$ (при работе внутри объекта), если измеренный уровень радиации на объекте через t часов после аварии составлял P_t .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$T, ч$	2	2	4	3	3	3	4	4	4	6	6	6
$D_{уст}, рад$	20	20	30	30	30	35	35	35	40	40	40	50
$k_{осл}$	1,5	1,5	2	2	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3
$P_t, рад/ч$	5	4	4	4	3	3	3	4	5	6	5	4
$t, ч$	4	5	6	7	8	9	10	9	10	9	11	12

Задача 1.4 Определение дозы облучения за длительный период

Определить дозу облучения, которую получит выпускник университета при направлении его на работу в местность с уровнем первоначального загрязнения N_0 радионуклидом X , период полураспада которого $T_{1/2}$, за период работы по распределению, если время его прибытия после аварии t_1 , а время убытия t_2 ; n – число гамма-квантов, приходящихся на один распад.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$N_0, Ки/км$	5	10	15	20	25	30	35	1	15	20	25	20
$T_{1/2}, лет$	30	30	29	29	29	29	30	30	30	30	30	30
$t_1, лет$	10	12	14	16	18	20	20	10	14	16	18	12
$t_2, лет$	70	60	50	40	40	50	60	60	50	40	40	60
X	C_s-137	C_s-137	S_t-90	S_t-90	S_t-90	S_t-90	C_s-137	C_s-137	C_s-137	C_s-137	C_s-137	C_s-137
$E, МэВ$	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,7	0,5	0,7	1,0	1,0
$k_{осл}$	2,5	2,5	1	1,5	1	1	2,5	2,5	2	2	2	2
n	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1

Задача 1.5 Определение уровней радиации на различное время после аварии

На АЭС произошла авария с выбросом радиоактивного вещества. Определить уровень радиации в районе университета через 1 сутки, 3 суток, 5 суток после аварии, если на время t уровень радиации в районе университета составил P_t .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t, ч$	1	2	3	4	5	6	7	8	3	4	5	6
$P_t, рад/ч$	100	90	80	70	60	50	40	30	130	120	110	100

Задача 1.6 Определение показателя спада

Определить показатель спада уровня радиации, если на время t_1 после аварии на АЭС уровень радиации был P_1 , а на время t_2 после аварии уровень радиации был P_2 .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P_1 , рад/ч	500	450	400	350	350	350	200	250	350	450	550	650
t_1 , ч	2	2	2	3	3	3	4	4	4	3	3	3
P_2 , рад/ч	400	400	300	300	300	300	150	200	200	200	200	200
T_2 , ч	6	7	8	9	8	8	7	6	6	6	7	7

Задача 1.7 Определение уровня загрязненности местности за длительный период

Определить уровень загрязненности местности через t лет после аварии на Чернобыльской АЭС и соответствующий ему уровень радиации. Преобладающим в данном районе является загрязнение X-радионуклидами с периодом полураспада $T_{1/2}$, если начальный уровень загрязнения местности N_0 и соответствующий ему уровень радиации P_0 .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	Cs-137	Cs-137	Cs-137	Cs-134	Pu-241	Pu-238	Pu-238	Pu-238	St-90	St-90	St-90	St-90
$T_{1/2}$, лет	30	30	30	2	14,4	87,7	87,7	87,7	29,1	29,1	29,1	29,1
P_0 , рад/ч	200	210	220	400	410	300	310	320	330	340	350	360
t , лет	15	15	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18
N_0 , Ки/км ²	150	150	150	150	150	120	100	100	100	100	100	100

Задача 1.8 Определение возможных доз облучения за время пребывания в зоне радиоактивного заражения

Спасательному формированию комиссии по ЧС университета предстоит работать T часов на открытой местности в зоне радиоактивного заражения после ядерного взрыва, где уровень радиации на 1 час составил PI . Студенты формирования получили предварительную дозу D_{np} несколько недель назад, t_{np} – время, прошедшее после предварительного облучения. Определить суммарную дозу облучения D_{Σ} , которую получают студенты формирования при входе в зону радиоактивного поражения ядерного взрыва через t_n часов после взрыва.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T , ч	2	3	4	5	5	4	3	2	3	4	5	6
t_{np} , ч	2	3	4	5	5	4	3	2	3	4	5	6
PI , рад/ч	50	40	60	70	80	70	60	50	70	60	50	40
D_{np} , рад	10	15	20	25	30	35	40	50	50	60	70	80
t_{np} , нед.	4	3	6	8	10	10	12	12	6	8	10	12

Задача 1.9 Определение времени взрыва ядерного боеприпаса

В районе расположения университета были измерены уровни радиации. На время t_1 уровень составил P_{t1} , а на время t_2 – P_{t2} . Определить время взрыва ядерного боеприпаса.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
t_1 , ч	10	11	11	9	9	10	8	8	7	6	5	4
P_{t1} , рад/ч	50	50	60	60	60	80	70	70	70	80	90	90
t_2 , ч	10,30	11,15	11,30	10	10	11	9	8,30	7,30	7	6	4,30
P_{t2} , рад/ч	45	40	42	36	30	32	21	42	50	50	40	40

Задача 1.10 Определение возможных доз излучения при заданной продолжительности облучения

Объект находится на расстоянии M км от города, по которому был нанесён ядерный удар мощностью q , вид взрыва – X . Метеоданные в районе взрыва: направление ветра – b град, средняя скорость ветра – u . Определить время подхода радиоактивного облака к объекту и возможные дозы облучения рабочих и служащих, расположенных в производственных зданиях, с учетом $k_{осл}$, при возможной продолжительности облучения 1 ч, 6 ч, 12 ч.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
M , км	50 «З»	70 «З»	80 «З»	20 «С»	30 «С»	50 «Ю»	70 «Ю»	90 «В»	80 «В»	70 «В»	60 «В»	50 «В»
q , кт	400	900	900	500	1000	800	600	300	400	500	600	1000
X	н	н	н	в	в	в	н	н	н	в	в	в
b , град	90°	90°	90°	180°	180°	360°	5°	270°	260°	270°	275°	280°
u , км/ч	50	60	70	40	50	50	40	30	40	30	30	20
$k_{осл}$	7	5	10	7	5	10	7	2	3	4	5	4

Примечание. «З» – западнее города; «В» – восточнее города; «С» – севернее города; «Ю» – южнее города; н – наземный; в – воздушный.

Задача 1.11 Определение уровня радиации на 1 час после взрыва

Измеренный постом радиационного наблюдения комиссии по ЧС университета через t_n часов после взрыва уровень радиации в районе расположения университета составил P_n . Определить уровень радиации на 1 час после взрыва PI . В какой зоне радиоактивного заражения находится университет?

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
t_n , ч	2	3	4	5	6	7	8	4	9	10	11	12
P_n , рад/ч	3,5	5,3	5,7	5,8	5,8	19,5	24,5	2	20	25	30	35

Задача 1.12 Определение возможных доз облучения при преодолении зоны заражения

Студент университета, следуя в транспортном средстве на каникулы, проехал со скоростью u км/ч через след радиационного заражения, который образовался после ядерного взрыва. Маршрут проходил под углом к основанию следа b град. Определить дозу облучения, полученную студентом, если по данным радиационной разведки уровень радиации в 5-ти точках маршрута составил на 1 час после взрыва $PI_1, PI_2, PI_3, PI_4, PI_5$ рад/ч. (Для вариантов 5 – 12 известно только $P_{max} = PI_3$).

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
L , км	10	40	30	40	20	30	40	60	50	70	90	80
u , км/ч	20	30	60	60	30	40	80	80	25	30	60	80
PI_1 , рад/ч	4	20	5	30	–	–	–	–	–	–	–	–
PI_2 , рад/ч	30	30	10	60	–	–	–	–	–	–	–	–
PI_3 , рад/ч	240	120	300	160	300	320	240	280	310	330	220	300
PI_4 , рад/ч	16	35	20	15	–	–	–	–	–	–	–	–
PI_5 , рад/ч	10	20	40	35	–	–	–	–	–	–	–	–
Вид трансп.	авт.	авт.	ж/д	ж/д	авт.	авт.	ж/д	ж/д	авт.	авт.	ж/д	ж/д
b , град	90	45	90	45	90	45	90	45	90	45	90	45

Задача 1.13 Определение допустимой продолжительности пребывания в зоне заражения по заданной дозе излучения

Определить допустимую продолжительность работы студентов формирования комиссии по ЧС университета на военном предприятии, если предприятие находится в очаге радиоактивного поражения ядерного взрыва и измеренный уровень радиации при входе в очаг через t_n часов после взрыва составил P_n . Известна допустимая доза излучения – $D_{зад}$.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_n, ч$	2	0.5	1	2	3	4	5	6	5	4	3	3
$P_n, рад/ч$	20	40	60	70	80	90	30	40	35	25	70	75
$D_{зад}, рад$	40	20	30	28	48	30	20	40	30	20	40	50
$k_{осл}$	1	1	1	1	1	3	3	3	1	1	2	1,5

Задача 1.14 Определение допустимого времени входа в зону радиоактивного загрязнения (начала работы в зоне)

Рассчитать режим работы цеха в радиоактивно загрязненной зоне, образовавшейся после ядерного взрыва, если известны: допустимая доза излучения – $D_{зад}$; уровень радиации на 1 час после взрыва – PI ; число смен в бригаде – N , продолжительность работы первой смены – T . Продолжительность работы остальных смен не должна превышать 8 часов. Коэффициент ослабления излучения зданием цеха – $k_{осл}$.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$D_{зад}, рад$	30	40	50	60	50	40	30	20	25	35	45	50
$PI, рад/ч$	240	280	200	384	480	400	720	400	500	600	500	400
$k_{осл}$	7	7	4	4	6	5	8	5	5	7	5	6
N	3	4	2	3	4	3	3	4	3	3	3	3
$T, ч$	2	3	3	3	2	4	3	3	2	3	3	2

Задача 1.15 Определение возможных потерь при действии на радиоактивно загрязненной местности

Студенты формирования комиссии по ЧС университета вошли в зону радиоактивного загрязнения для проведения спасательных работ в t_n часов после ядерного взрыва. Уровень радиации на время входа в очаг радиоактивного поражения t_n составил P_n . Время работы в зоне на открытой местности составило T часов. Определить % потерь с учетом $k_{осл}$ используемых средств индивидуальной защиты.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_n, ч$	2	2	3	4	3	4	5	6	5	5	4	4
$P_n, рад/ч$	200	400	100	300	400	500	600	700	600	500	400	400
$T, час$	4	4	4	4	5	4	3	2	3	3	2	2
$k_{осл}$	2	2,5	2	2,5	2	2,5	2	2,5	2	2,5	2	2,5

2 ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Под химической обстановкой понимают совокупность последствий химического заражения местности сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ) или отравляющими веществами (ОВ), оказывающими влияние на деятельность объектов хозяйствования, формирований МЧС и населения.

Химическая обстановка создается в результате разлива (выброса) СДЯВ или применения химического оружия 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.

В таблице 2.1 приведена оценка степени вертикальной устойчивости воздуха по данным прогноза погоды.

Таблица 2.1 – Степень вертикальной устойчивости атмосферы

Скорость ветра, м/с	Ночь		Утро		День		Вечер	
	Ясно, переменная облачность	Сплошная облачность	Ясно, переменная облачность	Сплошная облачность	Ясно, переменная облачность	Сплошная облачность	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.

2.1 Оценка химической обстановки на объектах, имеющих СДЯВ

В данном разделе для оценки обстановки на химически опасных объектах (ХОО) использовалась 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*, проводится с целью организации защиты людей, которые могут оказаться в очаге поражения.

При оценке химической обстановки методом прогнозирования исходят из возможности возникновения наиболее неблагоприятной ситуации, т.е. принимают, что произошел одновременный разлив (выброс) всего запаса СДЯВ (емкости разрушаются полностью) на объекте при благоприятных для нерассеивания зараженного воздуха метеоусловиях (инверсия $u_g = 1\text{ м/с}$). При аварии на газо- и продуктопроводах величина выброса СДЯВ принимается равной его максимальному количеству, содержащемуся между автоматическими отсекающими.

Если произошла реальная авария на объекте, т.е. разрушение емкости, содержащей СДЯВ, то оценка производится по фактически сложившейся обстановке с учетом реального количества вытекшего СДЯВ и метеоусловий. При этом следует иметь в виду, что СДЯВ, имеющие низкую температуру кипения ($t_{кип} < 20\text{ }^\circ\text{C}$) (фосген, фтористый водород и т.д.), по мере их разлива сразу же испаряются, и количество ядовитых паров равно количеству вытекшего ядовитого вещества. Если СДЯВ имеют $t_{кип} > 20\text{ }^\circ\text{C}$ (сероуглерод, синильная кислота,

* В специальной литературе применяется также термин «аварийные химически опасные вещества» - АХОВ

жидкий аммиак, сжиженный хлор), то они разливаются по территории объекта и, испаряясь, заражают приземные слои воздуха.

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 на грунт);
- 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.

2.1.1 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 выше температуры окружающей среды, эквивалентное количество вещества определяется только по вторичному облаку.

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

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

$$S_p = \frac{G}{r \cdot h}, \text{ м}^2, \quad (2.1)$$

где G – масса СДЯВ, т; ρ – плотность СДЯВ, т/м³;
 h – толщина слоя СДЯВ, м.

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

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

$$h = H - 0,2, \quad (2.2)$$

где H – высота поддона (обваловки), m .

2.1.1.1 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

$$Q_{э1} = K_1 \times K_3 \times K_5 \times K_7 \times Q_0, \text{ т}, \quad (2.3)$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от условий хранения СДЯВ (для сжиженных газов $K_1 < 1$; для сжатых газов $K_1 = 1$ (см. табл. 2.2);

K_3 – коэффициент, учитывающий токсичность СДЯВ, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого СДЯВ (см. табл.2.2);

K_5 – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха, определяемой по табл. 2.1 (для инверсии – $K_5 = 1$; для изомерии – $K_5 = 0,23$; 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). Для сжатых газов $K_7 = 1$) (см. табл. 2.2);

Q_0 – количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, t .

Для сжиженных газов, не вошедших в таблицу (табл. 2.2), значение коэффициента K_7 принимается равным 1, а значение K_1 определяется по соотношению:

$$K_1 = \frac{c_p \Delta T}{L_{исп}}, \quad (2.4)$$

где c_p – удельная теплоёмкость жидкого СДЯВ, $kJ/(kg \cdot K)$;

ΔT – разность температур жидкого СДЯВ до и после разрушения ёмкости,

K ;

$L_{исп}$ – удельная теплота испарения, kJ/kg .

При хранении газа в сжатом виде его количество, выброшенное при аварии, определяется по формуле

$$Q_0 = \rho \times p \times V, \text{ т}, \quad (2.5)$$

где ρ – плотность СДЯВ, t/m^3 ;

p – давление газа в хранилище, atm ;

V – объем хранилища (объем трубопровода от места разрыва до отсекающей), m^3 .

В случае если СДЯВ составляет определенную долю n от всего объема выброшенного газа, то полученное по формуле (2.5) значение Q_0 умножается на n .

2.1.1.2 Определение эквивалентного количества вещества по вторичному облаку

Эквивалентное количество вещества по вторичному облаку рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{э2}} = (1-K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot \frac{Q_0}{h \cdot r}, \text{ т}, \quad (2.6)$$

где K_1, K_2 – коэффициенты, зависящие от физико-химических свойств СДЯВ, см. табл. 2.2;

K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра, см. табл. 2.3;

K_6 – коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после начала аварии – t ; h – толщина слоя СДЯВ, м;

r – плотность жидкой фазы СДЯВ, т/м^3 , см. табл. 2.2.

Коэффициент K_6 определяется исходя из условия:

$$K_6 = \begin{cases} t^{0,8} n p u t < t_{\text{исп}} \\ t_{\text{исп}}^{0,8} n p u t > t_{\text{исп}} \end{cases}; \text{ где } t_{\text{исп}} - \text{ время испарения СДЯВ, ч.}$$

Если $t_{\text{исп}} < 1$ ч, K_6 принимается для 1 ч.

Время испарения рассчитывается по формуле

$$t_{\text{исп}} = \frac{h \cdot r}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7}, \text{ ч.} \quad (2.7)$$

При аварии на химически опасном объекте с одновременным выливом разных СДЯВ, определяется суммарное эквивалентное количество СДЯВ по формуле

$$Q_{\text{э}} = 20 \cdot K_1 \cdot K_5 \cdot \sum_{i=1}^n (K_{2i} \cdot K_{3i} \cdot K_{6i} \cdot K_{7i} \cdot \frac{Q_i}{r_i}), \text{ т}, \quad (2.8)$$

где K_{2i} – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств i -го СДЯВ, см. табл. 2.2;

K_{3i} – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе i -го СДЯВ;

K_{6i} – коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после начала аварии (разрушения объекта);

K_{7i} – поправка на температуру для i -го СДЯВ;

Q_i – запасы i -го СДЯВ на объекте, т; r – плотность i -го СДЯВ, т/м^3 .

2.1.2 Расчет глубины зоны заражения при аварии на химически опасном объекте

Используя значения Q_3 , полученных по формулам (2.3), (2.5), (2.6), (2.8) по таблице 2.4 определяется глубина зоны заражения для первичного Γ_1 и вторичного Γ_2 облаков в зависимости от скорости ветра u .

Если расчетное эквивалентное количество вылившегося вещества ($Q_{э1}$ или $Q_{э2}$) не совпадает с табличным в таблице 2.4, тогда проводят интерполяцию значений глубин по формуле:

$$\Gamma = \Gamma_m + \frac{\Gamma_b - \Gamma_m}{Q_{эб} - Q_{эм}} \cdot (Q_{эф} - Q_{эм}), \text{ км}, \quad (2.9)$$

где $Q_{эф}$ – эквивалентное количество вылившегося СДЯВ по первичному (вторичному) облаку;

$Q_{эм}$, $Q_{эб}$ – меньшее и большее табличное значение массы СДЯВ, соответственно;

Γ_m , Γ_b – меньшие и большие табличные значения глубины зоны заражения соответственно.

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

$$\Gamma_{зар} = \Gamma_1 + 0,5\Gamma_2, \text{ если } \Gamma_1 > \Gamma_2 \text{ или } \Gamma_{зар} = \Gamma_2 + 0,5\Gamma_1, \text{ если } \Gamma_1 < \Gamma_2. \quad (2.10)$$

Полученное значение $\Gamma_{зар}$ сравнивается с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс $\Gamma_{пред}$, которое определяется по формуле:

$$\Gamma_{пред} = tu, \quad (2.11)$$

где u – скорость переноса переднего фронта заражённого воздуха при заданной скорости ветра и степени вертикальной устойчивости атмосферы, км/ч (по табл. 2.5); t – время от начала аварии, ч.

За истинную глубину зоны заражения принимается меньшее из двух сравниваемых между собой значений:

$$\Gamma = \min\{\Gamma_{зар}, \Gamma_{пред}\}. \quad (2.12)$$

Таблица 2.2 – 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
Акролеин	—	0,839	52,7	0,2*	0	0,013	3,0	0,1	0,2	0,4	1	2,2
Аммиак: хранение под давлением	0,0008	0,681	-33,42	15,0	0,18	0,025	0,04	$\frac{0}{0,9}$	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,6}{1}$	$\frac{1}{1}$	1,4
изотермическое хранение	—	0,681	-33,42	15,0	0,01	0,025	0,04	$\frac{0}{0,9}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,4}{1}$
Арсин	0,0035	1,64	-62,47	0,2	0,17	0,054	3,0	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,5}{1}$	$\frac{0,8}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,2}{1}$
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	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,5}{1}$	$\frac{0,8}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,2}{1}$
Водород фтористый	—	0,989	19,52	4,0	0	0,028	0,15	0,1	0,2	0,5	1	1
Водород хлористый	0,0016	1,191	-85,10	2,0	0,28	0,037	0,30	$\frac{0,64}{1}$	$\frac{0,6}{1}$	$\frac{0,8}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,2}{1}$
Водород бромистый	0,0036	1,490	-66,77	2,4	0,13	0,055	6,0	$\frac{0,2}{1}$	$\frac{0,5}{1}$	$\frac{0,8}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,2}{1}$
Водород цианистый	—	0,687	25,7	0,2	0	0,026	3,0	0	0	0,4	1	1,3
Диметиламин	0,0020	0,680	6,9	1,2*	0,06	0,041	0,5	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,3}$	$\frac{0}{0,8}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,5}{1}$

Продолжение табл. 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Метиламин	0,0014	0,699	-6,5	1,2*	0,13	0,034	0,5	$\frac{0}{0,3}$	$\frac{0}{0,7}$	$\frac{0,5}{0,1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,5}{1}$
Метил бромистый	—	1,732	3,6	1,2	0,04	0,039	0,5	$\frac{0}{0,2}$	$\frac{0}{0,4}$	$\frac{0}{0,9}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,3}{1}$
Метил хлористый	0,0023	0,983	-23,75	1,8	0,14	0,044	0,056	$\frac{0}{0,5}$	$\frac{0,1}{1}$	$\frac{0,6}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,5}{1}$
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	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,3}$	$\frac{0}{0,8}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,4}{1}$
Нитрил акриловой кислоты	—	0,806	77,3	0,75	0	0,007	0,80	0,04	0,1	0,4	1	2,4
Окислы азота	—	1,491	21,0	1,5	0	0,040	0,40	0	0	0,4	1	1
Оксид этилена	—	0,882	10,7	2,2*	0,05	0,041	0,27	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,3}$	$\frac{0}{0,7}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3,2}{1}$
Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	-10,1	1,8	0,11	0,049	0,333	$\frac{0}{0,2}$	$\frac{0}{0,5}$	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,7}{1}$
Сероводород	0,0015	0,964	-60,35	16,1	0,27	0,042	0,036	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,5}{1}$	$\frac{0,8}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,2}{1}$
Сероуглерод	—	1,263	46,2	45,0	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1
Соляная кислота (кон- центр.)	—	1,198	—	2,0	0	0,021	0,30	0	0,1	0,3	1	1,6
Триметиламин	—	0,671	2,9	6,0*	0,07	0,047	0,1	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,4}$	$\frac{0}{0,9}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2,2}{1}$
Формальдегид	—	0,815	-19,0	0,6*	0,19	0,034	1,0	$\frac{0}{0,4}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0,5}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,5}{1}$
Фосген	0,0035	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1,0	$\frac{0}{0,1}$	$\frac{0}{0,3}$	$\frac{0}{0,7}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{2,7}$
Фтор	0,0017	1,512	-188,2	0,2*	0,95	0,038	3,0	$\frac{0,7}{1}$	$\frac{0,8}{1}$	$\frac{0,9}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,1}{1}$

Окончание табл. 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Фосфор треххлористый	—	1,570	75,3	3,0	0	0,010	0,2	0,1	0,2	0,4	1	2,3
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	$\frac{0}{0,9}$	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,6}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1,4}{1}$
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. Плотности газообразных СДЯВ в графе 3 приведены для атмосферного давления; при давлении в емкости, отличном от атмосферного, плотности газообразных СДЯВ определяются путем умножения данных графы 3 на значение давления в кгс/см².

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

3. 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).

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

Таблица 2.3 – 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	3,67	4,00

Таблица 2.4 – 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 $u > 15$ м/с размеры зон заражения принимать как при скорости ветра 15 м/с.

2. При скорости ветра $u < 1$ м/с размеры зон заражения принимать как при скорости ветра 1 м/с.

Таблица 2.5 – 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											

При укрупненных расчетах глубина зоны заражения может быть определена в зависимости от известных смертельных и поражающих концентраций по формуле

$$Г = 54,23 \sqrt{\frac{G_1^2}{D^2 \cdot u_6^2 \cdot K^2}}, \text{ м}, \quad (2.13)$$

где G_1 – количество СДЯВ, кг;

$D = C \cdot T$ – токсодоза, мгмин/л;

C – концентрация, мг/л;

T – время воздействия СДЯВ данной концентрации, мин;

u_6 – скорость ветра в приземном слое, м/с (местность открытая).

K – коэффициент, учитывающий вертикальную устойчивость воздуха (инверсия $K = 1$, изотермия $K = 2$, конвекция $K = 4$).

2.1.3 Определение площади зоны заражения

Площади зоны возможного заражения СДЯВ по массе, обусловленные воздействием первичного, вторичного облаков или их совокупностью, определяются по формуле

$$S_m = \frac{p \cdot \Gamma^2 \cdot j}{360}, \text{ км}^2, \quad (2.14)$$

где S_m – площадь зоны заражения СДЯВ по массе;

Γ – глубина зоны заражения (Γ_1 – первичного облака, Γ_2 – вторичного облака, $\Gamma_{зар}$ – полная), км;

φ – угловой размер зоны заражения, град (определяется по табл. 2.6).

Таблица 2.6 – Скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха

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

Площадь зоны фактического заражения СДЯВ на момент времени t по переносу зараженного облака воздушными массами:

$$S_{\phi} = K_8 \Gamma^2 t^2, \text{ км}^2, \quad (2.15)$$

где K_8 – коэффициент, зависящий от вертикальной устойчивости воздуха ($K_8 = 0,081$ – при инверсии, $K_8 = 0,133$ – при изотермии, $K_8 = 0,235$ – при конвекции);

t – время с момента начала аварии, ч.

По результатам проведенных расчетов по формулам (2.9) – (2.15), с учетом скорости приземного ветра (см. табл. 2.6), зоны заражения наносятся на карты в виде круга или сектора с радиусом, равным глубине зоны заражения.

В случае аварии на ХОО, расположенном на расстоянии R (км) от города и при условии, что $\Gamma > R$, зона заражения охватывает как город, так и загородную зону.

Площадь зоны заражения СДЯВ в городе S_{zop} рассчитывается по формуле

$$S_{zop} = \frac{S_{\phi}}{p} \cdot \left(\frac{p}{2} + \arcsin \frac{(2 \cdot R - \Gamma)}{\Gamma} \right) \cdot \frac{S_{\phi} \cdot (2 \cdot R - \Gamma)}{1,6 \cdot \Gamma^2} \cdot \sqrt{\Gamma \cdot R - R^2}, \quad \text{км}^2. \quad (2.16)$$

Тогда площадь зоны заражения в загородной зоне $S_{3.3}$:

$$S_{3.3} = S_{\phi} - S_{zop}, \quad \text{км}^2. \quad (2.17)$$

2.1.4 Определение времени подхода зараженного воздуха к определенному рубежу (объекту)

Время подхода зараженного воздуха к определенному рубежу определяется по формуле

$$t_{подх} = \frac{R}{u_{cp} \cdot 60}, \text{ мин}, \quad (2.18)$$

где R – расстояния от места разлива СДЯВ до данного рубежа или объекта, км;

u_{cp} – средняя скорость, которая равна скорости переноса воздушных масс u_n (см. табл. 2.6).

Средняя скорость может быть также определена:

$$\begin{aligned} &\text{при инверсии} - u_{cp} = (2; 2,2) u; \\ &\text{при изотермии} - u_{cp} = (1,5; 2) u; \\ &\text{при конвекции} - u_{cp} = (1,5; 1,8) u, \end{aligned} \quad (2.19)$$

где первая цифра в скобках – поправочный коэффициент, принимаемый при $R < 10$ км;

вторая цифра в скобках – поправочный коэффициент, принимаемый при $R > 10$ км;

u – скорость ветра в приземном слое, м/с.

2.1.5 Определение времени поражающего действия СДЯВ

Время поражающего действия СДЯВ $t_{пор}$ в очаге химического поражения определяется временем испарения СДЯВ с поверхности его выброса. Время минимального испарения жидкости $t_{исп}$ определяется как частное от деления массы жидкости в резервуаре G_1 на скорость испарения $C_{исп}$:

$$t_{пор} = t_{исп} = \frac{G_1}{C_{исп}}. \quad (2.20)$$

Скорость испарения, т.е. количество испарившейся жидкости в единицу времени, может быть найдена по формуле:

$$C_{исп} = 12,5 \cdot S \cdot P_s \cdot (5,38 + 4,1u) \cdot \sqrt{M} \cdot 10^{-8}, \text{ т/мин} \quad (2.21)$$

где S – площадь разлива, м²;

P_s – давление насыщенных паров, кПа;

M – молекулярная масса жидкости, кг/кмоль;

u – скорость ветра, м/с.

Результаты расчетов скорости и времени испарения по формулам (2.20, 2.21) для некоторых СДЯВ представлены в табл. 2.7. Таким образом, используя табл. 2.7, можно найти время поражающего действия с учетом поправочного коэффициента, учитывающего скорость ветра:

$$T_{пор} = t_{исп} \cdot K_u. \quad (2.22)$$

Таблица 2.7 – Время испарения некоторых СДЯВ, ч (скорость ветра – 1 м/с)

Наименование СДЯВ	Вид хранилища	
	необвалованное	обвалованное
Хлор	1,3	22
Фосген	1,4	23
Аммиак	1,2	20
Сернистый ангидрид	1,3	20
Сероводород	1,0	19

Примечание. При скорости ветра более 1 м/с в расчеты вводится поправочный коэффициент K_u

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6
K_u	1	0,7	0,55	0,43	0,37	0,32

2.1.6 Определение возможных потерь людей в очаге химического поражения

Потери рабочих и служащих и проживающего вблизи от объектов, имеющих СДЯВ, населения, а также личного состава формирований МЧС будут зависеть от численности людей, оказавшихся на площади очага, степени их защищенности и своевременного использования ими средств индивидуальной защиты. Количество рабочих и служащих, оказавшихся в очаге поражения, подсчитывается по их наличию на территории объекта, по зданиям, цехам, участкам, а количество населения – по кварталам города. Возможные потери людей в очаге химического поражения определяются по табл. 2.8 с учетом примечаний.

Таблица 2.8 – Возможные потери людей от СДЯВ в очаге поражения, %

Условия расположения людей	Обеспечение противогазами, %									
	0	20	30	40	50	60	70	80	90	100
На открытой местности	90 – 100	75	65	58	50	40	35	25	19	10
В простейших укрытиях	50	40	35	30	27	22	18	14	9	4

Примечание. Ориентировочная структура потерь людей в очаге поражения, %:

- поражения легкой степени – 25; средней и тяжелой степени – 40;
- со смертельным исходом – 35.

2.2. Оценка химической обстановки при применении химического оружия

Химическая обстановка создается в результате применения химического оружия с образованием зон химического заражения и очагов химического поражения.

Зоной химического заражения называется территория, подвергшаяся непосредственному воздействию химического оружия (район применения), и территория, над которой распространилось облако зараженного воздуха с поражающими концентрациями. В зоне химического заражения может возникнуть один или несколько очагов химического поражения.

Очагом химического поражения называется территория, в пределах которой в результате воздействия химического оружия произошли массовые поражения людей, животных и сельскохозяйственных растений.

Оценка химической обстановки предусматривает определение:

- размеров зон химического заражения и очагов химического поражения;
- глубины распространения зараженного воздуха;
- времени подхода зараженного воздуха к объекту;
- стойкости ОВ на местности и технике;
- времени пребывания людей в средствах защиты;

- возможных потерь рабочих и служащих в очагах химического поражения.

2.2.1 Определение размеров и площади зоны химического заражения

Размеры и площадь зоны химического заражения при применении химического оружия авиации определяются с помощью таблиц.

При расчетах необходимы следующие *исходные данные*:

- количество и тип самолетов, участвующих в химическом нападении;
- тип ОВ и способ применения (выливными авиаприборами, химическими бомбами, снарядами или ракетами);
- метеоусловия (скорость и направление приземного ветра);
- характер местности (город, лесной массив или открытая местность).

Средства применения химического оружия определяют, как правило, визуальными силами разведки или по информации городского отдела по ЧС. Тип ОВ определяется только средствами химической разведки (приборами химической разведки) или с помощью лабораторных анализов.

Для определения площади зоны химического заражения по табл. 2.9 по исходным данным (количество и тип самолетов; способ применения и тип ОВ) определяют длину L , а по табл. 2.10 – глубину зоны химического заражения G .

Таблица 2.9 – Длина зоны химического заражения (км)

Способ применения и тип ОВ	Количество и тип самолетов			Длина зоны химического заражения L , км
	1	2	звено самолетов	
Поливка, VX	B-52	–	–	8
	F-111	–	–	8
	–	B-52	–	8
	–	F-111	–	8
	–	–	B-52	8
	–	–	F-111	4
	F-4	–	–	4
	F-105	–	–	4
	–	F-4	–	4
	–	F-105	–	4
Бомбометание, GB, HD	B-52	–	–	2
	–	B-52	–	4
	–	–	B-52	6
	F-4	–	–	1
	F-105	–	–	2
	–	F-4	–	2
	–	F-105	–	4
	–	–	F-4 F-105	4

Затем намечают границы зоны химического заражения на карте местности, для чего перпендикулярно направлению ветра наносят в масштабе карты границу зоны заражения с наветренной стороной длиной L . На расстоянии Γ от района применения химического оружия по направлению ветра наносят дальнюю границу зоны заражения длиной $L + 2a_v$, затем наносят боковые границы зоны заражения, для этого через крайние точки границ с наветренной и подветренной сторон зоны заражения проводят соединительные линии. Выявляют очаги химического поражения и их границы (населенные пункты, объекты и их части, оказавшиеся в границах зоны химического заражения, являются вероятными очагами химического поражения).

Площадь зоны химического заражения определяется по формуле:

$$S_3 = \Gamma \cdot (L + a_v), \quad (2.23)$$

где a_v – коэффициент рассеивания зараженного облака ОВ ветром, $a_v = 0,05\Gamma$ при инверсии; $0,1\Gamma$ – при конвекции; $0,08\Gamma$ – при изотермии.

Таблица 2.10 – Глубина опасного распространения зараженного воздуха, км

Тип ОВ	Глубина опасного распространения зараженного воздуха при устойчивом ветре и скорости, м/с (изотермия)	
	1	2 – 4
<i>GB</i>	50	40
<i>VX</i>	8	12
<i>HD</i>	24	15

Примечания. 1. При конвекции глубина распространения облака зараженного воздуха уменьшается примерно в 2 раза, при инверсии – увеличивается в 1,5-2 раза.

2. При неустойчивом ветре глубина распространения *GB* будет в 3 раза меньше, а при *HD* – в 2 раза.

3. В населенных пунктах со сплошной застройкой и лесных массивах глубина распространения зараженного воздуха уменьшается в среднем в 3,5 раза.

2.2.2 Определение глубины распространения зараженного воздуха и времени его подхода

Объем воздуха, в котором распределен пар или аэрозоль ОВ, называется *облаком зараженного воздуха*. Облако зараженного воздуха (ЗВ) под действием ветра переносится на определенную глубину в зависимости от типа ОВ, рельефа местности, лесных массивов, скорости ветра и степени вертикальной устойчивости воздуха.

Глубиной распространения облака зараженного воздуха называется расстояние от наветренной границы района применения химического оружия до рубежа еще возможного поражения людей без средств индивидуальной защиты.

Глубина распространения облака определяется по табл. 2.10 с учетом примечаний. Время подхода зараженного облака к объекту определяют по табл. 2.11.

Таблица 2.11 – Время подхода зараженного облака ОВ

Расстояние от района применения химического оружия, км	Время подхода облака при скорости ветра в приземном слое, м/с			
	1	2	3	4
1	15	8	5	4
2	30	15	10	8
4	66	33	22	15
6	100	50	30	25
8	135	60	45	30
10	150	80	55	35
12	180	100	60	50
15	240	120	85	60
20	300	160	110	80
25	360	200	140	105
30	420	240	160	120

2.2.3 Определение стойкости ОВ на местности

Под *стойкостью отравляющего вещества* понимается способность его сохранять поражающее действие на незащищенных людей.

Стойкость ОВ определяется временем (рассчитанным в часах, сутках), по истечении которого люди могут безопасно находиться на зараженной местности без средств индивидуальной защиты.

Стойкость ОВ на местности определяется по табл. 2.12. Действительная стойкость находится с учетом расположения объекта (в лесу, на открытой местности).

Таблица 2.12 – Стойкость ОВ на местности (*GB* – в часах, *VX* и *HD* – в сутках)

Тип ОВ	Скорость ветра, м/с	Температура почвы, °С			
		0	10	20	30
<i>GB</i>	до 1,9	28	13	6	3
	2 – 8	19	8	4	2
<i>VX</i>	0 – 8	20	10	5	1,5
<i>HD</i>	до 1,9	–	4	2,5	1,0 – 1,5
	2 – 8	–	2,5	1,5	1

Примечания: 1. На территории объекта без растительности найденное по таблице значение стойкости необходимо умножить на 0,8.

2. Стойкость ОВ зимой для *GB* от 1 до 5 суток, для *VX* – более одного месяца.

3. Стойкость в лесу в 10 раз больше, чем указано в таблице.

2.2.4 Определение времени пребывания людей в средствах защиты кожи

Продолжительность пребывания людей в средствах защиты при выполнении работы в очагах поражения зависит главным образом от температуры окружающего воздуха и определяется по табл. 2.13.

При расчетах обычно принимается, что предельное время пребывания людей в зоне заражения – 4 часа.

Таблица 2.13 – Время пребывания в средствах защиты кожи

Температура воздуха, °С	Время пребывания в средствах защиты кожи, ч
30 и выше	0,3
25 – 29	0,5
20 – 24	0,8
15 – 19	2,0
15 и ниже	3 и более

Примечания. 1. При нахождении в тени, а также в пасмурную погоду или ветреную погоду это время может быть увеличено в 1,5 раза.

2. Повторное пребывание в средствах защиты кожи сверх установленного времени для данной температуры возможно после 20-30-минутного отдыха вне участка заражения, в тени.

2.2.5 Определение возможных потерь рабочих, служащих и населения в очаге химического поражения

Количество потерь рабочих, служащих, населения и личного состава формирований МЧС, оказавшихся в очаге химического поражения, зависит от степени обеспеченности их средствами индивидуальной защиты, местонахождения (на открытой местности, в укрытиях), своевременности применения средств защиты и других факторов. Ориентировочно количество личного состава формирований МЧС и населения, зараженных ОВ типа VX, приближенно можно принять:

- при нахождении в районе сосредоточения (на месте) – 30 %;
- при нахождении на марше – 50 % от всего состава, оказавшегося в ОХП.

Возможные потери от ОВ типа VX представлены в табл. 2.14.

Таблица 2.14 – Возможные потери людей от ОВ в очаге поражения, %

Уровень защищенности людей	Доля потерь со степенью поражения, %				
	в районе применения		на удалении, км		
	смертельной и тяжелой	легкой	до 5		до 10
			смертельной и тяжелой	легкой	легкой
Высокий	10	30	–	–	–
Средний	15	40	0 – 10	70	20
Слабый	50 – 90	50	15	80	20

Примечание. Высокий – люди хорошо обучены пользованию средствами индивидуальной защиты, расположены в противорадиационных укрытиях; средний – удовлетворительно обучены пользованию средствами индивидуальной защиты, расположены в перекрытых траншеях, заводских зданиях, жилых домах; слабый – неудовлетворительно обучены пользованию средствами индивидуальной защиты, расположены на открытой местности или в открытых траншеях.

2.3 Задачи по теме

Задача 2.1 Определение глубины распространения СДЯВ

В промышленной зоне города разрушилась ёмкость, содержащая G тонн жидкого СДЯВ под давлением. Ёмкость имеет высоту обвалования B . Определить глубину заражения СДЯВ в случае разрушения объекта, если скорость ветра в приземном слое – u , температура воздуха – T , степень вертикальной устойчивости – I .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
СДЯВ	A	A	A	A	X	X	X	$Cв$	$Cв$	Φm	Φm	X
G , т	270	580	1500	22000	250	800	10000	15000	8000	5000	6000	7000
B , м	1,5	1,2	1,0	2,0	-	1,5	2,0	1,0	-	1,5	1,2	1,0
T , °C	10	-10	25	0	5	-12	20	25	-15	0	5	-10
I	Ин	Ин	Из	Из	Ин	Из	Ин	Из	Ин	Из	Ин	Из
u , м/с	2,0	2,5	3,0	1,5	1,0	2,0	3,0	1,5	2,2	3,0	1,3	2,0

Примечание. A – аммиак, X – хлор; $Cв$ – сероводород; Φm – фтор; Ин – инверсия; Из – изотермия; К – конвекция.

Задача 2.2 Определение глубины распространения нескольких СДЯВ (АХОВ)

На производственном объединении сосредоточены запасы трех видов жидких АХОВ, хранящихся под давлением в количестве: G_1 (первое в перечне), G_2 , G_3 , т. Определить глубину заражения суммарно от нескольких АХОВ в случае разрушения объекта, если скорость ветра в приземном слое – u , температура воздуха – T , степень вертикальной устойчивости – I .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
СДЯВ	X, Φ , X_{ψ}	A, M , T_m	Φm , Φ_{ψ}, \mathcal{E}	X, X_{ψ} , Φ	C_{ψ}, A , T_m	C_{ψ}, X , T_m	X_{ψ} , C_{ψ}, Φ	X , C_{ψ}, M	M , T_m, Φ	X_{ψ} , C_{ψ}, A	Φ, A , X_{ψ}	$\Phi m, X$, C_{ψ}
G_1 , т	400	1000	150	250	400	4000	60	1500	700	250	300	200
G_2 , т	50	220	200	300	2000	500	400	700	200	500	800	400
G_3 , т	25	150	100	150	150	200	100	300	500	3000	50	100
T , °C	14	10	31	12	25	10	27	29	9	9	5	10
I	Ин	Из	К	Ин	Из	К	Ин	Из	К	Ин	Из	К
u , м/с	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	4,5	4,0	3,5	2,0	1,5	2,0

Примечание: A – аммиак, M – метиламин, X – хлор, X_{ψ} – хлорциан, X_{ψ} – хлороводород, C_{ψ} – сероводород, C_{ψ} – соляная кислота, T_m – триметиламин, Φ – фосген, Φm – фтор, Φ_{ψ} – фтороводород, \mathcal{E} – этиленамин; Ин – инверсия; Из – изотермия; К – конвекция.

Задача 2.3 Определение площади зоны заражения СДЯВ

В результате аварии на промышленном объекте образовалась зона заражения СДЯВ глубиной G , после аварии прошло t часов. Определить площадь зоны заражения по массе (S_m) и фактическую (S_{ϕ}), если скорость ветра в приземном слое – u , степень вертикальной устойчивости – I .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
G , км	3	5	9	11	15	20	4	6	8	10	12	16
t , ч	2	3	3	4	4	5	2	2	2	4	3	3
u , м/с	1,0	2,0	2,5	3,5	5,0	4,5	3,0	2,5	1,5	1,0	1,3	2,0
I	Ин	Из	К	Ин	Из	К	Ин	Из	К	Ин	Из	К

Примечание. Ин – инверсия; Из – изотермия; К – конвекция.

Задача 2.4 Определение времени подхода зараженного воздуха

В промышленной зоне произошла авария с выбросом СДЯВ. Определить время подхода зараженного воздуха к университету, расположенному в R километрах с подветренной стороны от промышленной зоны. Скорость ветра – u , степень вертикальной устойчивости – I .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
R , км	6	8	12	14	13	11	9	7	9	10,5	11	12
u , м/с	2	3	4	5	6	4	4	3	4	4	5	5
I	Ин	Ин	К	Из	Ин	К	К	Ин	Ин	Ин	К	К

Примечание. Ин – инверсия; Из – изотермия; К – конвекция.

Задача 2.5 Определение времени поражающего действия СДЯВ

В промышленной зоне произошла авария с выбросом СДЯВ. Определить время поражающего действия СДЯВ.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
СДЯВ	A	X	Ca	X	Cv	A	X	Φ	X	A	X	A
Ёмк. обв.	нет	нет	да	нет	нет	нет	да	да	да	да	нет	нет
u , м/с	2	3	4	5	6	4	4	3	2	3	4	3

Примечание. A – аммиак; X – хлор; Ca – сернистый ангидрид; Cv – сероводород; Φ – фосген.

Задача 2.6 Определение возможных потерь в ОХП

Определить возможные потери студентов факультета (N – число студентов), находящихся в M (где находятся), если они обеспечены противогазами на X % и оказались в очаге химического поражения в результате аварии на химически опасном объекте, содержащем СДЯВ.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N	300	400	500	600	200	150	100	50	300	400	500	500
M	A	A	$Об$	$П$	$П$	$Об$	$Об$	$Об$	$П$	$П$	$П$	$П$
X , %	90	80	70	60	50	40	30	20	30	40	50	60

Примечание. A – аудитория; $Об$ – общежитие; $П$ – площадь (улица).

Задача 2.7 Определение площади зоны химического заражения ОВ

Противник нанёс химический авиационный удар по колледжу с применением ОВ типа U , скорость ветра – u , вид местности (застройки) – M . Степень вертикальной устойчивости воздуха – I . Определить площадь зоны химического заражения.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Чем	2F4	1B52	3B52	2B52	1F111	2B52	1F4	3F105	1B52	1B52	3B52	3B52
Как	$П$	$П$	$Б$	$Б$	$П$	$П$	$Б$	$Б$	$Б$	$Б$	$П$	$П$
$ОВ - U$	VX	VX	GB	GB	VX	GB	GB	GB	HD	HD	VX	VX
u , м/с	3	2	1	4	3	2	1	4	2	3	3	2
M	О	О	Сз	Сз	Сз	О	О	О	О	О	Сз	Сз
I	Из	Ин	К	Из	Ин	Из	К	Ин	Ин	Из	Ин	Из

Примечание. Ин – инверсия; Из – изотермия; К – конвекция; О – открытая; Сз – сплошная застройка; П – полив; Б – бомбометание.

Задача 2.8 Определение глубины распространения заражённого ОВ воздуха

Противник нанёс химический удар по городу, с применением ОВ. Скорость ветра – u м/с. Определить глубину распространения облака заражённого воздуха и время его подхода к университету, расположенному в городе в R километрах от района применения ОВ. Степень вертикальной устойчивости воздуха – I .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Тип ОВ	GB	VX	HD	GB	VX	HD	GB	VX	GB	GB	VX	VX
u , м/с	3	2	1	4	3	2	1	4	2	2	3	3
I	Из	Ин	К	Из	Ин	К	Из	Ин	Ин	Ин	Из	Из
R , км	10	4	2	8	2	6	8	6	10	12	15	20

Примечание. Ин – инверсия; Из – изотермия; К – конвекция.

Задача 2.9 Определение стойкости ОВ на местности

Противник нанёс химический удар с применением ОВ по студенческому спортивному лагерю, расположенному в месте M (тип местности). Скорость ветра – u м/с, температура почвы – $T_{\text{почвы}}$ °С.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Тип ОВ	GB	VX	HD	GB	VX	HD	GB	VX	GB	GB	GB	GB
u , м/с	4	5	6	8	1	2	2	4	1	2	5	6
M	Л	Л	Л	О	О	О	Л	Л	О	О	О	О
$T_{\text{почвы}}$, °С	+20	0	+10	+20	+30	+20	+10	0	0	+10	+20	+30

Примечание. Л – лес; О – открытая.

Задача 2.10 Определение допустимого времени пребывания в средствах защиты кожи

Определить допустимое время пребывания студентов спасательного формирования комиссии по ЧС университета в защитных плащах, надетых в виде комбинезона, при проведении ими спасательных работ на зараженной ОВ местности при температуре воздуха – $t_{\text{в}}$ °С и определённых погодных условиях.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_{\text{в}}$, °С	15	18	22	24	26	28	30	10	30	26	26	24
погода	Я	П	Т	В	Я	П	Т	Я	В	Я	Я	Т

Примечание. Я – ясно; В – ветрено; П – пасмурно; Т – темно.

Задача 2.11 Определение возможных потерь при химическом ударе

Противник нанёс удар по заводу с применением ОВ типа VX. Рабочие и служащие обеспечены индивидуальными средствами защиты. Степень защищённости рабочих и служащих – «з1». Университет расположен на удалении R километров от завода. Уровень защищённости студентов – «з2». Определить возможные потери.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Тип ОВ	VX	VX	VX	VX	VX	VX	VX	VX	VX	VX	VX	VX
«з1»	Ср	В	Ср	Ср	В	Ср	Ср	В	Ср	Ср	Сл	Сл
«з2»	С	Ср	С	Ср	С	В	Ср	С	Ср	Ср	Сл	Сл
R , км	5	4	3	5	7	8	9	10	8	8	12	12

Примечание. В – высокая степень защищённости; Ср – средняя; С – слабая.

3 ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ

Безопасность людей при пожарах и взрывах, а также сокращение возможного ущерба от них достигается обеспечением пожарной безопасности производственных объектов и взрывобезопасности производственных процессов.

Под пожарной безопасностью подразумевается такое состояние объекта, при котором с большой вероятностью предотвращается возможность возникновения пожара, а в случае его возникновения обеспечивается эффективная защита людей от опасных и вредных факторов пожара и спасение материальных ценностей.

Под взрывобезопасностью подразумевается такое состояние производственного процесса, при котором с большой вероятностью исключается возможность взрыва или в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей вызываемых им опасных и вредных факторов и обеспечивается сохранение материальных ценностей.

Пожарная безопасность производственных объектов и взрывобезопасность производственных процессов обеспечиваются разработкой и осуществлением систем предотвращения пожаров и взрывов и систем пожарной защиты и взрывозащиты. Система предотвращения пожара должна разрабатываться по каждому объекту из расчета, что нормативная вероятность возникновения пожара и взрыва принимается равной не более 10^{-6} в год в расчете на отдельный пожароопасный элемент данного объекта. Нормативная вероятность воздействия опасных факторов взрыва на людей в течение года также не должна превышать 10^{-6} на человека.

Для предотвращения пожаров и взрывов необходимо исключить возможность образования горючей и взрывоопасной среды, а также предотвратить возникновение в горючей среде (или внесение в нее) источников (импульсов) зажигания. Эти задачи решаются как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации предприятий и других объектов хозяйства.

3.1 Исходные данные для прогнозирования пожарной обстановки

Под *пожарной обстановкой* понимается совокупность последствий стихийных бедствий, аварий (катастроф), первичных и вторичных поражающих факторов ядерного оружия, других современных средств поражения и прежде всего зажигательных средств, в результате которых возникают пожары, оказывающие влияние на устойчивость работы объектов хозяйства и жизнедеятельность населения.

Оценка пожарной обстановки включает:

- определение масштаба и характера (вида) пожара (отдельные очаги, сплошные пожары, пожары в завалах, низовые, верховые, подземные, полевые); скорость и направление пожара; площади зон задымления и время сохранения дыма и др;

- анализ влияния пожара на устойчивость работы отдельных элементов и объекта в целом, а также на жизнедеятельность населения;

- выводы об устойчивости отдельных элементов и объекта в целом к возгоранию и рекомендации по ее повышению, предположения по выбору наиболее целесообразных действий формирований МЧС по локализации и тушению пожара, эвакуации при необходимости рабочих и служащих, населения и материальных ценностей из зоны (очага) пожара.

Оценка пожарной обстановки производится на основе данных прогноза и пожарной разведки.

Исходные данные:

– сведения о наиболее вероятных стихийных бедствиях, авариях (катастрофах);

– состояние окружающей среды (особенно лесов) и населенных пунктов;

– метеорологические условия, рельеф местности, наличие различных преград, водоисточников;

– сведения о возможности применения ядерного оружия и зажигательных средств;

– данные о пожаро- и взрывоопасности объекта и его элементов, а также о его технологическом процессе (для промышленных объектов).

3.2 Классы взрывоопасных зон

Взрывоопасная зона – помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в которой имеются или могут образовываться взрывоопасные смеси.

Классы взрывоопасных зон определяются как нормативно, согласно Правил устройства электроустановок (ПУЭ) (см. табл. 3.1), так и аналитически.

3.2.1 Аналитическое обоснование классов взрывоопасных зон

Некоторым группам взрывоопасных помещений аналогичного назначения, но отличающихся технологией производства, присвоение определенных классов не представляется возможным. В таких случаях классы взрывоопасности устанавливаются расчетным путем.

В помещениях, опасных в связи с взрывом газопаровоздушных смесей, классификация помещений расчетным путем основана на учете физико-химических свойств, количества выделяющихся горючих веществ и объемов помещений. В качестве условия для расчета принимают аварийную ситуацию, связанную с повреждением оборудования или нарушением технологического процесса. Класс взрывоопасной зоны зависит от относительного объема взрывоопасной смеси (по сравнению со свободным объемом помещения). Если при нормальном технологическом процессе относительный объем взрывоопасной смеси получается более 5% (от свободного объема помещения), класс зоны будет В-I.

Таблица 3.1 – Взрывоопасные зоны

Класс зоны	Характеристика
В-I	Зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы
В-Ia	Зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а их образование возможно только в результате аварий или неисправностей
В-Iб	Зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а их образование возможно только в результате аварий или неисправностей и которые отличаются одной из следующих особенностей: - горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15% и более) и резким запахом при предельно допустимых концентрациях по ГОСТ 12.1005; - помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода, в которых по условиям технологического процесса исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения, имеют взрывоопасную зону только в верхней части помещения; - зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения, и в которых работа с горючими газами и ЛВЖ производится без применения открытого пламени
В-Iг	Пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ, надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры), эстакад для слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т.п.
В-II	Зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы
В-IIa	Зоны, расположенные в помещениях, где взрывоопасные смеси пылей с воздухом возможны только в результате аварий или неисправностей

Если время образования взрывоопасной смеси менее 1 ч, взрывоопасной зоной считается зона в пределах до 5 м (по горизонтали и вертикали) от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих паров.

Однако при аварийном состоянии технологического оборудования при том же относительном объеме взрывоопасной смеси зона класса будет В-Ia.

Относительный объем взрывоопасной смеси (B) определяют по формуле

$$B = \frac{V_{расч.взр.см.}}{V_{св}} \cdot 100\% , \quad (3.1)$$

где $V_{расч.взр.см.}$ – расчетный объем взрывоопасной смеси, $м^3$;
 $V_{св}$ – свободный объем помещения, $м^3$.

Расчетный объем взрывоопасной смеси, в котором может образоваться взрывоопасная концентрация, определяется по формуле

$$V_{расч.взр.см} = 1,5 \frac{m}{C_{ниж}} , \quad (3.2)$$

где $C_{ниж}$ – нижний концентрационный предел воспламенения вещества, $г/м^3$; m – количество поступающих в помещение веществ, $г$.

3.3 Расчет категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности

Основой для проведения расчетов служат Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь (НПБ 5-2005) «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». При расчетах используются таблицы 3.2 и 3.3, приведенные в СНБ 2.02.01-98 (Пожарно-техническая классификация зданий, строительных конструкций и материалов).

Таблица 3.2 – Степень и предел огнестойкости зданий и строительных конструкций

Степень огнестойкости здания	Предел огнестойкости и класс пожарной опасности строительных конструкций							
	Несущие элементы здания	Само-несущие стены	Наружные ненесущие стены	Перекрытия междуэтажные (в т.ч. чердачные и над подвалами)	Элементы бесчердачных покрытий		Лестничные клетки	
					Настилы, в т.ч. с утеплителем	Фермы, балки, прогоны	Внутренние стены	Марши и площадки лестниц
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	R 120-KO	RE 90-KO	E 60-KO	REI 90-KO	RE 30-KO	R 30-KO	REI 120-KO	R 60-KO
II	R 120-KO	RE 75-KO	E 30-KO	REI 60-KO	RE 30-KO	R 30-KO	REI 120-KO	R 60-KO
III	R 90-KO	RE 60-KO	E 30-KO	REI 60-KO	RE 30-KO	R 30-KO	REI 105-KO	R 45-KO
IV	R 60-KO	RE 45-KO	E 30-K1	REI 45-KO	RE 15-K1	R 15-K1	REI 90-KO	R 45-KO
V	R 45-K1	RE 30-K1	E15-K2	REI 45-K1	RE 15-K1	R 15-K1	REI 60-KO	R 45-KO
VI	R 30-K2	RE 15-K2	E15-K2	REI 30-K2	RE15-K2	R15-K2	REI 45-KO	R 30-K1
VI	R 30-K2	RE 15-K2	E15-K2	REI 30-K2	RE15-K2	R15-K2	REI 45-KO	R 30-K1
VII	R 15-K3	RE 15-K3	E 15-K3	REI 15-K3	RE 10-K3	R 10-K3	REI 30-K1	R 15-K2
VIII	Н.Н.-К3	Н.Н.-К3	Н.Н.-К3	Н.Н.-К3	Н.Н.-К3	Н.Н.-К3	Н.Н.-К1	Н.Н.-К2

Примечания. 1. К несущим элементам здания относятся: несущие стены; колонны; балки перекрытий; ригели; фермы; элементы арок и рам; диафрагмы жесткости, а также другие конструкции (за исключением самонесущих стен) и связи, обеспечивающие общую устойчивость и геометрическую неизменяемость здания. Предел огнестойкости несущих наружных и внутренних несущих стен определя-

ется по критическим состояниям в соответствии с ГОСТ 30247.1.

2. В зданиях всех степеней огнестойкости требования по пределам огнестойкости внутренних несущих стен и перегородок (за исключением самонесущих) заполнений проемов в строительных конструкциях (дверей, ворот, окон, люков, а также фонарей) не предъявляются, за исключением специально оговоренных случаев.

Таблица 3.3 – Категория помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А (взрывопожароопасная)	Горючие газы (ГГ), легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б (взрывопожароопасная)	Горючие пыли или волокна, ЛВЖ с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости (ГЖ) в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1-В4 (пожароопасные)	ГЖ и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б
Г1	Процессы, связанные со сжиганием в качестве топлива ГГ и ЛВЖ
Г2	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени. Процессы, связанные со сжиганием в качестве топлива ГЖ, а также твердых горючих веществ и материалов
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Примечание. Допускается относить к категории Д помещения, в которых находятся на рабочих местах отдельные предметы мебели.

Методика расчета включает следующие этапы:

1. Изучение характеристики помещения, технологического процесса производства, запроектированных технических средств противопожарной защиты.
2. Выбор расчетного варианта разгерметизации технологического оборудования.
3. Сбор и подготовка исходных данных для расчета.
4. Расчет количественных параметров взрывопожароопасности аварийной ситуации, массы взрывопожароопасных веществ, поступивших в помещение при разгерметизации технологического оборудования, избыточного давления взрыва.
5. Проверка принадлежности помещения от высшей категории к низшей.

При расчёте значений критериев взрывопожарной опасности в качестве расчётного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором во взрыве участвует наибольшее количество веществ или материалов, наиболее опасных в отношении последствий взрыва.

Количество поступивших в помещение веществ, которые могут образовать взрывоопасные газоздушные или паровоздушные смеси, определяется исходя из следующих предпосылок:

- а) происходит расчётная авария одного из аппаратов;
- б) всё содержимое аппарата поступает в помещение;
- в) происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потоку в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов*;
- г) происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости, и площадь испарения при разливе на пол определяется (при отсутствии справочных данных) исходя из расчёта, что 1 л смесей и растворов, содержащих 70% и менее (по массе) растворителей, разливается на площади 0,5 м, а остальных жидкостей – на 1 м² пола помещения;
- д) происходит испарение жидкости из ёмкостей, эксплуатируемых с открытым зеркалом жидкости, или со свежеекрашенных поверхностей;
- е) длительность испарения жидкости принимается равной времени её полного испарения, но не более 3600 с.

**Примечание.* Расчётное время отключения трубопроводов определяется в каждом конкретном случае, исходя из реальной обстановки, и должно быть минимальным с учётом паспортных данных на запорные устройства, характера технологического процесса и вида расчётной аварии.

Расчётное время отключения трубопроводов следует принимать равным:

- времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным установки, если вероятность отказа системы автоматики в соответствии с нормативными документами не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование её элементов (но не более 3 с);
- 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервирование её элементов;
- 300 с при ручном отключении.

Не допускается использование технических средств для отключения трубопроводов, для которых время отключения превышает приведённые выше значения.

Количество пыли, которое может образовать взрывоопасную смесь, определяется из следующих предпосылок:

- а) расчётной аварии предшествовало пылевыведение в производственном помещении, происходящее в условиях нормального режима работы (например, вследствие пылевыведения из негерметичного производственного оборудования);
- б) в момент расчётной аварии произошла плановая (ремонтные работы) или внезапная разгерметизация одного из технологических аппаратов, за кото-

рой последовал аварийный выброс в помещение всей находившейся в аппарате пыли.

Свободный объем помещения определяется как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием. Если свободный объем помещения определить невозможно, то его допускается принимать условно равным 80% геометрического объема помещения.

3.3.1 Применение легко воспламеняющихся жидкостей

Алгоритм расчета категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности с применением ЛВЖ:

1. Определяется стехиометрическая концентрация паров ЛВЖ:

$$C_{стх} = \frac{100}{1 + 4,84b}, \quad \%, \quad (3.3)$$

где $b = n_c + \frac{n_H - n_x}{4} - \frac{n_o}{2}$ – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения; n_c, n_H, n_o, n_x – число атомов C, H, O и галоидов в молекуле углеводородного горючего (при отсутствии данных принимать $n_x=0$).

2. Определяется общая масса паров ЛВЖ, вышедших в помещение при расчетной аварии:

$$m = m_p + m_{емк} + m_{св.окр}, \quad кг, \quad (3.4)$$

где m_p – масса ЛВЖ, испарившейся с поверхности разлива, кг;

$m_{емк}$ – масса жидкости, испарившейся с поверхности открытых емкостей, кг; в случае отсутствия $m_{емк} = 0$;

$m_{св.окр}$ – масса жидкости, испарившейся со свежоокрашенных изделий, кг; в случае отсутствия $m_{св.окр} = 0$.

Общая масса ЛВЖ, вышедшей в помещение при аварии, определяется по формуле

$$m_p = m_{p1} + m_{p2}, \quad кг, \quad (3.5)$$

где m_{p1} – масса ЛВЖ, вышедшей из бака в помещение при аварии, кг;

m_{p2} – масса ЛВЖ, вышедшей в помещение при аварии до отключения питающего трубопровода, кг.

Масса ЛВЖ, вышедшая из бака в помещение при аварии:

$$m_{p1} = \kappa_б \cdot V_б \cdot r, \quad кг, \quad (3.6)$$

где $\kappa_б$ – коэффициент заполнения бака; $V_б$ – объем бака, $м^3$;

r – плотность ЛВЖ, $кг/м^3$.

Масса ЛВЖ, вышедшая в помещение до отключения питающего трубопровода:

$$m_{p2} = (qt_{откл} + 0,785 d^2 l) r, \quad (3.7)$$

где q – производительность насоса, $м^3/с$;
 $t_{откл}$ – расчетное время отключения насоса, $с$;
 $\frac{\pi d^2}{4} = 0,785 \times d^2$ – площадь сечения питающего трубопровода, $м^2$;
 l – длина питающего трубопровода, $м$; r – плотность ЛВЖ, $кг/м^3$.

3. Определяется площадь испарения при разливе ЛВЖ на пол исходя из условия, что 1л ЛВЖ разливается на площади $1м^2$, т.е. толщина пленки $d=1мм=0,001м$:

$$F_{исп} = \frac{m_p}{r \cdot d}, \text{ м}^2. \quad (3.8)$$

4. Определяется интенсивность испарения:

$$W_u = 10^{-6} \cdot \eta \sqrt{M} \cdot p_{н.п.}, \quad (3.9)$$

где η – коэффициент испарения, зависящий от скорости и температуры воздушного потока над поверхностями помещения (см. табл.3.4);

M – молекулярная масса ЛВЖ; $p_{н.п.}$ – давление насыщенных паров, $кПа$.

Таблица 3.4 – Значение коэффициента испарения η

Скорость воздушного потока в помещении $м/с$	Температура воздуха в помещении, $^{\circ}C$				
	10	15	20	30	35
0	1	1	1	1	1
0,1	3,0	2,6	3,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,3	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
0,5	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

5. Расчетное время испарения $T_{исп}$ при определении массы паров ЛВЖ, поступивших в помещение, принимается равным времени полного испарения жидкости с рассматриваемой поверхности, но не более 3600 с, по формуле

$$T_{исп} = \frac{m_{жс}}{W \cdot F_{исп}} \leq 3600. \quad (3.10)$$

Определяется масса паров, образующихся в помещении и могущих участвовать во взрыве:

$$m_{исп} = W \cdot T_{исп} \cdot (F_{исп1} + F_{исп2}), \quad (3.11)$$

где $F_{исп2}$ — площадь дополнительных источников испарения, $м^2$ (при отсутствии дополнительных источников $F_{исп2} = 0$).

6. В процессе испарения часть паров ЛВЖ удаляется из помещения под действием аварийной вентиляции. Массу паров жидкости, которая остается в помещении, определяют по формуле

$$m_{исп.расч} = \frac{m_{исп}}{\frac{A \cdot T_{исп}}{3600} + 1}. \quad (3.12)$$

Работа аварийной вентиляции учитывается, если она обеспечена резервными вентиляторами с автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной расчетной аварии.

7. Окончанием расчета является определение избыточного давления взрыва Dp по формуле:

$$Dp = (p_{max} - p_0) \cdot \frac{mz}{V_{св} \cdot \rho_n} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_n}, \text{ кПа}, \quad (3.13)$$

где p_{max} — максимальное давление взрыва, принимается $p_{max} = 900 \text{ кПа}$;

p_0 — начальное давление, принимается $p_0 = 101 \text{ кПа}$;

m — масса паров ЛВЖ, вышедших в помещение при расчетной аварии, кг (по формуле 3.12);

z — коэффициент участия горючего во взрыве, определяется по табл. 3.5, принимается $z = 0,3$;

V — объем помещения, м^3 ; $V_{св} = 0,8V$ — свободный объем помещения, м^3 ;

$\rho_{н.р.}$ — плотность пара при расчетной температуре, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$C_{ст}$ — стехиометрическая концентрация паров ЛВЖ (см. формулу 3.3);

K_n — коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения, принимаем $K_n = 3$.

Таблица 3.5 – Значение коэффициента участия горючего во взрыве – z

Вид горючего вещества	Значение z
Водород	1,0
Горючие газы (кроме водорода)	0,5
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые до температуры вспышки и выше	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при наличии возможности образования аэрозоля	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при отсутствии возможности образования аэрозоля	0

В заключение, на основании расчетов определяется категория рассматриваемого помещения (согласно табл. 3.3) и класс взрывоопасной зоны (см. п. 3.2.1).

3.3.2 Применение горючих газов

Алгоритм расчета категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности с применением горючих газов:

1. Масса газа (m_0), вышедшего в помещение при расчетной аварии:

$$m_0 = (V_a + V_T) \cdot r, \text{ кг}, \quad (3.14)$$

где V_a – объем газа, вышедшего из аппарата, м^3 ; V_T – объем газа, вышедшего из трубопроводов, м^3 ; r – плотность газа, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Объем газа, вышедшего из аппарата, определяется по формуле:

$$V_a = 0,01 \cdot p_1 \cdot V_6, \text{ м}^3, \quad (3.15)$$

где V_6 – объем баллона, м^3 ; p_1 – давление газа в баллоне, кПа .

Общий объем газа, вышедшего из подводящего и отводящего трубопроводов, определяется по формуле

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \text{ м}^3, \quad (3.16)$$

где V_{1T} – объем газа, вышедшего из подводящего трубопровода до его отключения;

V_{2T} – объем газа, вышедшего из подводящего и отводящего трубопровода после отключения компрессора.

Объем газа, вышедшего из подводящего трубопровода до его отключения, определяется по формуле

$$V_{1T} = q \cdot t_{\text{откл}}, \text{ м}^3, \quad (3.17)$$

где q – расход газа (производительность компрессора), $\text{м}^3/\text{с}$;
 $t_{\text{откл}}$ – время отключения компрессора, с .

Объем газа, вышедшего из подводящего и отводящего трубопровода после отключения компрессора, определяется по формуле

$$V_{2T} = 0,01 \cdot p_2 \cdot (r_1^2 l_0 + r_2^2 l_n), \text{ м}^3, \quad (3.18)$$

где p_2 – максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа (допускается принимать $p_1 = p_2$);

r_1 и r_2 – внутренний радиус трубопроводов, м ; l_0 и l_n – длина отводящего и подводящего трубопроводов, м .

2. Расчетная масса газа, вышедшего в объем помещения с учетом работы аварийной вентиляции, определяется по формуле (3.12), принять $T = 60\text{с}$:

$$m_p = \frac{m_0}{\frac{A \cdot T}{3600} + 1}, \text{ кг.}$$

3. По формуле (3.3) определяется стехиометрическая концентрация газа:

$$C_{см} = \frac{100}{1 + 4,84b}, \quad \%.$$

4. Окончанием расчета является определение избыточного давления взрыва Dp по формуле (3.13)

$$Dp = (p_{max} - p_0) \cdot \frac{mz}{V_{св} r_z} \cdot \frac{100}{C_{см}} \cdot \frac{1}{K_n}, \text{ кПа,}$$

где $p_{max} = 900 \text{ кПа}$ – максимальное давление взрыва;

$p_0 = 101 \text{ кПа}$ – начальное давление (равно $p_{атм}$);

m , кг — расчетная масса газа;

$z = 0,5$ – коэффициент участия горючего во взрыве, определяется по табл. 3.5;

$V_{св} = 0,8V$ — свободный объем помещения, м^3 ;

r_z — плотность газа по воздуху (относительная плотность);

$C_{см}$ — стехиометрическая концентрация газа;

K_n — коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения, принимаем $K_n = 3$.

В заключение, на основании расчетов избыточного давления, возможного при аварийной ситуации, определяется категория рассматриваемого помещения, в котором в технологическом процессе используется горючий газ (согласно табл. 3.3).

3.3.3 Помещения с образованием в них взрывоопасных пылей

Алгоритм расчета категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности при образовании в них взрывоопасных пылей:

1. Масса пыли, выделяющейся за t часов работы j -го оборудования при обработке поверхностей:

$$M_j = V_{др} \cdot r_{др} \cdot t, \text{ кг,} \quad (3.19)$$

где $V_{др} = S \cdot \delta$ - объем древесины, переходящей в пыль, м^3 (S – площадь обрабатываемой поверхности, м^2 , δ – толщина снимаемого слоя, м);

$r_{др}$ – плотность древесины, $\text{кг}/\text{м}^3$;

t – период работы, ч .

2. Расчетная масса взвешенной пыли, образовавшейся в результате аварийной ситуации, определяется по формуле

$$m = m_{\text{взв}} + m_{\text{ав}}, \text{ кг}, \quad (3.20)$$

где $m_{\text{взв}}$ — расчетная масса взвихрившейся пыли, кг;

$m_{\text{ав}}$ — расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, кг.

3. Расчетная масса взвихрившейся пыли определяется по формуле

$$m_{\text{взв}} = \kappa_{\text{вз}} \cdot m_n, \text{ кг}, \quad (3.21)$$

где $\kappa_{\text{вз}}$ — доля отложенной в помещении пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации;

m_n — масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии, кг.

Масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии определяется по формуле

$$m_n = \frac{K_r}{K_y} \cdot (m_1 + m_2), \quad (3.22)$$

где K_r — доля горючей пыли в общей массе отложившейся пыли (принять $K_r = 1$);

m_1 — масса пыли, оседающей на труднодоступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между текущими уборками, кг;

m_2 — масса пыли, оседающей на труднодоступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между генеральными уборками, кг;

K_y — коэффициент эффективности пылеуборки (при ручной сухой уборке принимают $K_y = 0,6$).

Массу пыли, оседающей на различных поверхностях в помещении за междууборочный период, определяется по формуле

$$m_i = M_i(1 - \alpha) \cdot b_i, \quad (3.23)$$

где $i = 1$ — период времени между текущими уборками, кг; 2 — период времени между генеральными уборками, кг;

M_{i1} — масса пыли, выделяющаяся в объем помещения за период времени t_1 — между текущими пылеуборками, ч;

M_{i2} — масса пыли, выделяющаяся в объем помещения за период времени t_2 — между генеральными уборками, ч;

α — доля выделяющейся в объем помещения пыли, которая удаляется вытяжными вентиляторами;

b_1 и b_2 — доля выделяющейся в объем помещения пыли, оседающей на труднодоступных для уборки поверхностях ($b_1 + b_2 = 1$).

При отсутствии сведений о величине коэффициентов β_1 и β_2 допускается принимать $b_1 = 1$ и $b_2 = 0$.

4. Расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварии, определяется по формуле

$$m_{ав} = (m_{ан} + q \cdot T) \cdot K_n, \quad (3.24)$$

где $m_{ан}$ — масса горючей пыли, выбрасываемой в помещение из аппарата; q — производительность поступления пыли в станок до момента его отключения (принять $q = 0 \text{ кг/с}$); T — время отключения станка, с;

K_n — коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение.

В отсутствие экспериментальных сведений о величине K_n полагать:

- для пылей с дисперсностью 350 мкм и более — $K_n = 0,5$;
- для пылей с дисперсностью менее 350 мкм — $K_n = 1$.

Масса горючей пыли, выбрасываемой в помещение из аппарата, определяется по формуле:

$$m_{ан} = \frac{M_j}{n_{см} \cdot 3600} \cdot (1 - a), \quad (3.25)$$

где M_j — масса пыли, выделяющейся за 1 ч работы j -го оборудования — определяется по формуле (3.19);

$n_{см}$ — количество станков; $(1 - a)$ — доля пыли, не улавливаемая вентиляцией;

5. Окончанием расчета является определение избыточного давления взрыва Δp для пыли по формуле

$$\Delta p = \frac{m \cdot H_T \cdot p_0 \cdot z}{V_{св} \cdot r_0 \cdot c_p \cdot T_0 \cdot K_n} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (3.26)$$

где m — масса пыли, участвующая во взрыве (по формуле 3.20), кг;

H_T — теплота сгорания, Дж/кг;

$p_0 = 101 \text{ кПа}$ — начальное давление (равно $p_{атм}$);

z — коэффициент участия горючей пыли во взрыве; $z = 0,5$ — коэффициент участия горючей пыли во взрыве, определяется по табл. 3.5;

$V_{св} = 0,8V$ — свободный объем помещения, м^3 ;

$r_0 = 1,205 \text{ кг/м}^3$ — плотность воздуха до взрыва при $t_{возд} = 20^\circ \text{C}$;

$c_p = 1,01 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ — теплоемкость воздуха;

$T_0 = t \text{ }^\circ\text{C} + 273$ — начальная температура воздуха, K;

K_n — коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения, принять $K_n = 3$.

В заключение, на основании расчетов избыточного давления, возможного при аварийной ситуации, определяется категория рассматриваемого помещения, в котором в технологическом процессе обращается взрывопожароопасная древесная пыль (согласно табл. 3.3).

3.4 Задачи по теме

Задача 3.1 Определение категории помещения, использующего ЛВЖ, по взрывопожарной и пожарной опасности

Рассчитать категорию производственного помещения (размеры $l \times b \times h$), использующего в своем технологическом процессе ЛВЖ по взрывопожарной и пожарной опасности, если коэффициент свободного объема помещения $K_{св} = 0,8$, кратность аварийной вентиляции $A = 10 \text{ ч}^{-1}$, температура воздуха – $t_в$. ЛВЖ имеет следующие характеристики: температура вспышки – $t_{всп}$, молекулярную массу M , давление насыщенных паров – $p_{нп}$, плотность жидкости – $\rho_{ж}$, плотность пара при расчетной температуре – $\rho_{п.р.}$. Характеристики технологического процесса: объем аппарата – $V_{ан}$. Степень заполнения – $\kappa_б$, температура жидкости в аппарате – $t_{ж}$, избыточное давление в аппарате $p_p = 0$, подача насоса – q , питающий трубопровод имеет длину $l_0 = 10 \text{ м}$, диаметр $d_0 = 20 \text{ мм}$, время отключения насоса (закрытия задвижек) ручное – $t_{откл} = 300 \text{ с}$. При расчетах принять: начальное давление $p_0 = p_{атм} = 101 \text{ кПа}$, максимальное давление взрыва $p_{max} = 900 \text{ кПа}$, $\eta = 1$ ($u_{возд} = 0 \text{ м/с}$).

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ЛВЖ	Ацетон C_3H_6O	Ацетон C_3H_6O	Ацетон C_3H_6O	Бензол C_6H_6	Бензол C_6H_6	Бензол C_6H_6	Гексан C_6H_{14}	Гексан C_6H_{14}	Гексан C_6H_{14}	Ацетон C_3H_6O
$l \times b \times h, \text{ м}$	20×20 ×3	10×20 ×5	40×20 ×3	20×20 ×3	10×20 ×5	40×20 ×3	20×20 ×3	10×20 ×5	40×20 ×3	10×20 ×3
$t_в, ^\circ\text{C}$	20	25	30	20	30	35	20	25	30	22
$t_{всп}, ^\circ\text{C}$	-18	-18	-18	-11	-11	-11	-23	-23	-23	-18
M	50	50	50	78	78	78	86	86	86	50
$p_{нп}, \text{ кПа}$	24,8	29,16	37,63	11,42	18,91	23,92	16,10	20,13	24,90	26,72
$\rho_{ж}, \text{ кг/м}^3$	792	792	792	879	879	879	660	660	660	792
$\rho_{п.р.}, \text{ кг/м}^3$	2,08	2,04	2,00	3,24	3,13	3,08	3,57	3,51	3,45	2,06
$V_{ан}, \text{ м}^3$	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,5
$\kappa_б, \%$	90	92	95	90	92	95	90	92	95	95
$t_{ж}, ^\circ\text{C}$	20	25	30	20	30	35	20	25	30	22
$q, \text{ м}^3/\text{с}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$

Задача 3.2 Определение категории помещения, использующего горючий газ, по взрывопожарной и пожарной опасности

Рассчитать категорию производственного помещения (размеры $l \times b \times h$), использующего в своем технологическом процессе горючий газ по взрывопожарной и пожарной опасности, если коэффициент свободного объема помещения $K_{св} = 0,8$, кратность аварийной вентиляции $A = 8 \text{ ч}^{-1}$, температура воздуха – $t_в$. Газ имеет следующие характеристики: молекулярную массу M , плотность газа по воздуху – $r_г$. Характеристики технологического процесса: производительность компрессора для сжатия газа – $q, \text{ м}^3/\text{ч}$; подводящий трубопровод имеет длину $l_n = 10 \text{ м}$, диаметр $d_n = 25 \text{ мм}$; отводящий трубопровод имеет длину $l_o = 15 \text{ м}$, диаметр $d_o = 25 \text{ мм}$; емкость одного баллона $0,5 \text{ м}^3$, количество баллонов – n ; давление газа в баллоне – $p_1, \text{ Па}$; максимальное давление в трубопроводе по

тех. регламенту – p_2 , Па; отключение компрессора и баллонов ручное – $t_{откл} = 300$ с. При расчетах принять: начальное давление $p_0 = p_{атм} = 101$ кПа, максимальное давление взрыва $p_{max} = 900$ кПа.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
газ	Метан CH_4	Метан CH_4	Метан CH_4	Пропан C_3H_8	Пропан C_3H_8	Пропан C_3H_8	Бутан C_4H_{10}	Бутан C_4H_{10}	Бутан C_4H_{10}	Метан CH_4
$l \times b \times h$, м	20×20 ×10	10×20 ×12	40×20 ×15	20×20 ×10	10×20 ×12	40×20 ×15	20×20 ×10	10×20 ×12	40×20 ×15	10×20 ×15
$t_в$, °C	20	25	30	20	30	35	20	25	30	30
M	16	16	16	78	78	78	86	86	86	50
r_2	0,55	0,55	0,55	1,52	1,52	1,52	2,06	2,06	2,06	0,55
q , м ³ /с	0,03	0,05	0,1	0,03	0,05	0,1	0,03	0,05	0,1	0,08
n	40	60	80	40	60	80	40	60	80	50
p_1 , кПа	30000	35000	40000	30000	35000	40000	30000	35000	40000	25000
p_2 , кПа	30000	35000	40000	30000	30000	30000	30000	35000	40000	25000

Задача 3.3 Определение категории помещения, в котором выделяется взрывоопасная пыль по взрывопожарной и пожарной опасности

Рассчитать категорию производственного помещения (размеры $l \times b \times h$), в технологическом процессе которого выделяется взрывоопасная пыль по взрывопожарной и пожарной опасности, если коэффициент свободного объема помещения $K_{св} = 0,8$, доля пыли, которая удаляется вытяжными вентиляторами – a , температура воздуха – $t_в$, $r_в$ – плотность воздуха, теплоемкость воздуха – $c_p = 1,01 \cdot 10^3$ Дж/(кгК). В помещении шлифуются деревянные поверхности, выделяется пыль древесная, которая имеет теплоту сгорания – H_T .

Характеристики технологического процесса: установлено шлифовальных станков – $n_{см}$, на которых в час обрабатывается 5 м² поверхности, при этом удаляется с поверхности слой δ ; ежедневная продолжительность работ – 16 час (две смены), ежемесячная – 400 час (25 рабочих дней); производительность поступления пыли в станок до момента его отключения – $q = 0$ кг/с; коэффициент пыления – $K_n = 0,5$. Уборка – ручная сухая: текущая 1 раз в сутки и генеральная 1 раз в месяц; доля выделяющейся в объем помещения пыли, оседающей на труднодоступных для уборки поверхностях при текущей уборке – b_1 , при генеральной уборке – b_2 .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l \times b \times h$, м	10×20 ×4	15×20 ×5	15×15 ×5	10×20 ×4	15×20 ×5	15×15 ×5	10×20 ×4	15×20 ×5	15×15 ×5	10×10 ×4
a	0,72	0,75	0,80	0,72	0,75	0,80	0,72	0,75	0,80	0,82
$t_в$, °C	20	24	30	20	24	30	20	24	30	30
$r_в$, кг/м ³	1,205	1,189	1,165	1,205	1,189	1,165	1,205	1,189	1,165	1,165
H_T , Дж/(кгК)	$11 \cdot 10^6$	$13 \cdot 10^6$	$16 \cdot 10^6$	$11 \cdot 10^6$	$13 \cdot 10^6$	$16 \cdot 10^6$	$11 \cdot 10^6$	$13 \cdot 10^6$	$16 \cdot 10^6$	$18 \cdot 10^6$
$n_{см}$	4	5	6	4	5	6	4	5	6	3
d , м	0,0005	0,0008	0,001	0,0005	0,0008	0,001	0,0005	0,0008	0,001	0,001
b_1	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0	0,9	0,8
b_2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2

4 ОЦЕНКА ОБСТАНОВКИ ПРИ НАВОДНЕНИИ

4.1 Общие сведения

Наводнение – это значительное затопление водой местности, городов, населенных пунктов, сельскохозяйственных объектов и наносящее им ущерб.

Причинами наводнений могут быть природные явления и техногенная деятельность человека (антропогенные причины). Природными причинами являются формирование половодий и паводков, продолжительные дожди и ливни, снеготаяние, в результате чего может происходить затопление значительных территорий.

Антропогенными причинами наводнений являются: хозяйственная деятельность человека в речных бассейнах и руслах, строительство плотин и дамб без учета возможных наводнений, строительство дорог без учета движения сточных вод и др.

Наводнения бывают низкие, высокие, выдающиеся, катастрофические. Так как этим стихийным бедствиям присуща цикличность, то можно дать их характеристику:

- **низкие** наводнения происходят на равнинной местности один раз в 5-10 лет;
- **высокие** наводнения – один раз в 20-25 лет и наносят большой ущерб;
- **выдающиеся** наводнения – один раз в 50-100 лет и охватывают целые речные бассейны, требуют массовой эвакуации людей, скота и имущества;
- **катастрофические** наводнения – один раз в 100-200 лет, наносят огромный экономический ущерб, вызывают гибель большого числа людей и животных, экологические катастрофы.

Как правило, наводнениям предшествуют половодья и паводки, которые вызывают затопление территории и образуют зону затопления.

Зона затопления – территория, покрываемая водой в результате превышения притока воды по сравнению с пропускной способностью русла.

Зона катастрофического затопления – зона затопления, на которой произошла гибель людей, сельскохозяйственных животных и растений, повреждены или уничтожены материальные ценности, а также нанесен ущерб окружающей природной среде.

Половодье – увеличение водности рек весной за счет таяния снега. Оно начинается, когда среднесуточная температура становится положительной. Уровень воды в реках Республики Беларусь поднимается на 2-3 м, иногда более 5 м и длится 15-20 дней. Наивысший уровень воды обычно наступает через 3-5 дней после начала половодья.

Паводок – это фаза водного режима реки, характеризующаяся интенсивным, обычно кратковременным увеличением расхода воды, вызываемая дождями или снеготаянием во время оттепелей. Она может многократно повторять-

ся в различные сезоны года. Наводнения весной часто вызываются заторами и зажорами на реках.

Затор – это скопление льда во время ледохода и закупоривание реки.

Зажор – это скопление шуги, которая представляет собой рыхлый лед, находящийся подо льдом. Зажор наблюдается в начале зимы, в то время как затор – в конце зимы и весной. Зажоры образуются в период формирования ледяного покрова. Они вызывают подъем воды выше по течению реки. Подъем воды в реках вызывают и нагоны.

Нагон – это подъем уровня воды, вызванный воздействием ветра на водную поверхность. Такие явления случаются в устьях крупных рек, на больших озерах и водохранилищах.

Подтопление – повышение уровня грунтовых вод, нарушающее нормальное использование территории, строительство и эксплуатацию расположенных на ней объектов. Оно также наносит ущерб экономике и социальной сфере.

4.1.1 Правила поведения и действия населения при наводнениях

Действия населения при наводнениях осуществляются с учетом времени упреждения наводнения, а также опыта наблюдений прошлых лет за проявлениями этой стихии. Масштабы наводнений, например, вызываемых весенними, летними или осенними паводками, могут прогнозировать за месяц и более, нагонные наводнения – за несколько часов (до суток).

При значительном времени упреждения наводнения осуществляются мероприятия по возведению соответствующих гидротехнических сооружений на реках и в других местах предполагаемого наводнения, по подготовке и проведению заблаговременной эвакуации населения и сельскохозяйственных животных, по вывозу материальных ценностей из районов возможного затопления.

Об эвакуации на случай наводнения, как правило, объявляется специальным распоряжением комиссии по борьбе с наводнением. Население о начале и порядке эвакуации оповещается по местным радиотрансляционным сетям и местному телевидению; работающие, кроме того, оповещаются через администрацию предприятий, учреждений и учебных заведений, а население, не занятое в производстве и сфере обслуживания, – через жилищно-эксплуатационные конторы и домоуправления. Населению сообщаются места развертывания сборных эвакуопунктов, сроки явки на эти пункты, маршруты следования при эвакуации пешим порядком, а также другие сведения, соотносящиеся с местной обстановкой, ожидаемым масштабом бедствия, временем его упреждения. При наличии достаточного времени население из угрожаемых районов эвакуируется вместе с имуществом. С этой целью каждой семье предоставляется автомобильный или гужевой транспорт с указанием времени его подачи.

Эвакуация производится в ближайшие населенные пункты, находящиеся вне зон затопления. Расселение населения осуществляется в общественных зданиях или на жилой площади местных жителей.

На предприятиях и в учреждениях при угрозе затопления изменяется режим работы, а в некоторых случаях работа прекращается. Защита некоторой части материальных ценностей иногда предусматривается на месте, для чего заделываются приямки, входы и оконные проемы подвалов и нижних этажей зданий. В зонах возможных затоплений временно прекращают работу школы и дошкольные детские учреждения; детей переводят в школы и детские учреждения, которые находятся в безопасных местах.

В случае внезапных наводнений предупреждение населения производится всеми имеющимися техническими средствами оповещения, в том числе и с помощью громкоговорящих подвижных установок.

Внезапность возникновения наводнения вызывает необходимость особого поведения и действий населения. Если люди проживают на первом этаже или других нижних этажах и на улице наблюдается подъем воды, необходимо покинуть квартиры, подняться на верхние этажи, если дом одноэтажный – занять чердачные помещения. При нахождении на работе по распоряжению администрации следует, соблюдая установленный порядок, занять возвышенные места. Находясь в поле, при внезапном затоплении следует занять возвышенные места или деревья, использовать различного рода плавающие предметы.

Поиск людей на затопленной территории организуется и осуществляется немедленно, для этого привлекаются экипажи плавающих средств формирований гражданской обороны и все другие имеющиеся силы и средства.

При спасательных работах необходимо проявлять выдержку и самообладание, строго выполнять требования спасателей. Нельзя переполнять спасательные средства (катера, лодки, плоты и т. п.), поскольку это угрожает безопасности и спасаемых, и спасателей. Попав в воду, следует сбросить с себя тяжелую одежду и обувь, отыскать поблизости плавающие или возвышающиеся над водой предметы, воспользоваться ими до получения помощи.

4.1.2 Перечень мероприятий по оценке обстановки

Оценка обстановки включает:

- определение масштаба и характера (вида) наводнения (см. п. 4.1);
- анализ влияния наводнения на устойчивость работы объектов хозяйства, а также на жизнедеятельность населения;
- выводы об устойчивости отдельных объектов и инфраструктуры района возможного затопления в целом к наводнению и рекомендации по ее повышению;
- предложения по выбору наиболее целесообразных действий формирований МЧС в условиях наводнения, эвакуации при необходимости рабочих и служащих объектов, населения и материальных ценностей из зоны наводнения;
- планирование действий по ликвидации последствий наводнения.

К основным данным по оценке последствий наводнения относятся:

- численность населения, количество населенных пунктов, предприятий, протяженность автомобильных и железных дорог, линий электропередач, связи и коммуникаций, оказавшихся в зоне затопления;

- количество погибших людей;

- степень повреждения домов, мостов, показатели гибели скота, урожая и т.д. (прямой ущерб);

- затраты на эвакуацию, на доставку продуктов питания пострадавшим, строительных материалов, на тушение возможных пожаров от коротких замыканий в электросистемах и т.д. (косвенный ущерб).

Прямой и косвенный ущерб находятся, как правило, в соотношении 70:30.

Оценка обстановки при наводнении производится на основе данных прогноза и анализа реально сложившейся ситуации.

4.2 Аварии на гидротехнических сооружениях

Опасность возникновения затопления низинных районов происходит при разрушении плотин, дамб и гидроузлов. Непосредственную опасность представляет стремительный и мощный поток воды, вызывающий поражения, затопления и разрушения зданий и сооружений.

Высота и скорость волны прорыва зависят от того, где происходит – в верхнем или нижнем бьефах, а также от рельефа местности за плотиной.

Значительные участки местности через 15-30 мин. обычно оказываются затопленными слоем воды толщиной от 0,5 до 10 м и более. Время, в течение которого территории могут находиться под водой, колеблется от нескольких часов до нескольких суток. По каждому гидроузлу имеются схемы и карты, где показаны границы затопления и дается характеристика волны прорыва. В этой зоне запрещено строительство жилья и предприятий.

4.2.1 Исходные данные

Исходными данными для оценки обстановки при наводнениях, вызванных авариями на гидротехнических сооружениях являются:

- объём водохранилища W , $м^3$;

- ширина прорана B , $м$;

- глубина воды перед плотиной (глубина прорана) H , $м$;

- средняя скорость движения волны пропуска, u , $м/с$.

- характеристика населенных пунктов, расположенных в зоне возможного затопления, а также расстояние между плотиной и населенными пунктами (расчетными точками) R , $км (м)$;

- метеорологические условия, рельеф местности, наличие различных преград, водоисточников.

4.2.2 Алгоритм расчета

Алгоритм расчета оценки обстановки при наводнениях, вызванных авариями на гидротехнических сооружениях:

1. Определяется время подхода волны пропуска до различных расчетных точек:

$$t_{под} = \frac{R}{3600 \cdot u}, \text{ ч}, \quad (4.1)$$

где R – расстояние, м.

2. По таблице 4.1 определяется высота волны пропуска для различных расчетных точек (заданных расстояниях).

Таблица 4.1 – Ориентировочная высота волны пропуска и продолжительность ее прохождения на различных расстояниях от плотины

Параметры	Расстояние от плотины, км						
	0	25	50	100	150	200	250
Высота волны пропуска, h , м	$0,25H$	$0,2H$	$0,15H$	$0,075H$	$0,05H$	$0,03H$	$0,02H$
Продолжительность прохождения волны пропуска, t , ч	T	$1,7T$	$2,6T$	$4T$	$5T$	$6T$	$7T$

3. Определяется время опорожнения водохранилища по формуле

$$T = \frac{W}{N \cdot B \cdot 3600}, \text{ ч}, \quad (4.2)$$

где B – ширина прорана или участка перелива воды через гребень неразрушенной плотины, м;

N – максимальный расход воды на 1 м ширины прорана, $\text{м}^3/(\text{с}\cdot\text{м})$ – принимается ориентировочно по табл. 4.2.

Таблица 4.2 – Максимальный расход воды на 1 м ширины прорана

Максимальный расход воды	Ширина прорана B , м			
	5	10	25	50
$N, \text{м}^3/(\text{с}\cdot\text{м})$	10	30	125	350

4. При прогнозировании обстановки принимается худший вариант – произошло полное опорожнение водохранилища за время T (см. п.3), по таблице 5.1 определяется продолжительность прохождения волны пропуска для различных расчетных точек (заданных расстояниях). С учетом времени подхода волны пропуска до различных расчетных точек определяется общее время пребывания людей в защитных сооружениях:

$$t_{защ} = t_{под} + t. \quad (4.3)$$

4.3 Задачи по теме

Задача 4.1 Определение параметров волны пропуска

Определить параметры волны пропуска в населенном пункте при наводнении в случае аварии, повлекшей за собой прорыв плотины, находящейся от населенного пункта на расстоянии R . Объем водохранилища W , ширина прорана B , глубина воды перед плотиной H , средняя расчетная скорость движения волны пропуска u .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$W, м^3$	30· 10^6	40· 10^6	50· 10^6	60· 10^6	70· 10^6	80· 10^6	85· 10^6	90· 10^6	95· 10^6	100· 10^6	110· 10^6	120· 10^6
$B, м$	5	10	25	50	25	50	25	50	50	25	50	50
$H, м$	50	40	35	20	30	40	50	55	65	70	60	60
$u, м/с$	5	5	5	6	6	6	3	3	3	4	4	4
$R, км$	25	25	25	50	50	50	50	100	100	100	100	100

Задача 4.2 Определение времени нахождения в защитном сооружении

Определить время нахождения в защитном сооружении работников объекта в случае аварии, в результате которой произошел прорыв плотины водохранилища, находящегося на расстоянии R от промышленного объекта. Ожидаемая высота волны пропуска на объекте является опасной, средняя скорость движения волны пропуска u , объем водохранилища W , ширина прорана B .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$W, м^3$	30· 10^6	40· 10^6	50· 10^6	60· 10^6	70· 10^6	80· 10^6	85· 10^6	90· 10^6	95· 10^6	100· 10^6	110· 10^6	120· 10^6
$B, м$	5	10	25	10	25	50	50	50	50	25	50	50
$u, м/с$	3	3	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8
$R, км$	0	25	25	25	25	25	50	50	100	100	120	120

5 ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОБЪЕКТОВ

5.1 Общие сведения

Под устойчивостью функционирования промышленного объекта понимают способность его в чрезвычайных ситуациях (ЧС) выпускать продукцию в запланированном объеме и номенклатуре, а в случае аварии (при получении слабых и средних разрушений или нарушения связей по поставкам) восстанавливать производство в минимально короткие сроки.

Под *устойчивостью работы объектов*, непосредственно не производящих материальные ценности, понимают способность их выполнять свои функции в условиях ЧС.

Оценка устойчивости объекта хозяйства к воздействию поражающих факторов может быть выполнена при помощи моделирования уязвимости объекта (характер разрушений, пожаров, поражений рабочих и служащих) при возникновении ЧС на основе использования результатов расчетных данных.

При этом учитываются следующие положения:

1) каждый из поражающих факторов любой ЧС может влиять на устойчивость объекта, поэтому устойчивость объекта оценивается по отношению к каждому из поражающих факторов отдельно;

2) оценка устойчивости объекта к вторичным поражающим факторам ядерного взрыва (пожары, взрывы, заражение отравляющими и сильнодействующими ядовитыми веществами местности, её затопление) проводится по той же методике, что и для аналогичных поражающих факторов других ЧС;

3) так как площадь зон поражения при ядерном взрыве (или при аварии на АЭС) в десятки и сотни раз превосходит площадь любого объекта хозяйства, то это позволяет принять значения поражающих факторов одинаковыми на всей площади объекта;

4) для оценки устойчивости объекта к воздействию поражающих факторов можно задаваться различными значениями их параметров (избыточное давление ударной волны – ΔP_{ϕ} ; световой импульс – $I_{св}$; уровень радиации – P и др.) и по отношению к ним анализировать обстановку на объекте;

5) рассматривается самое неблагоприятное развитие ЧС.

Пример. Ядерный взрыв (ЯВ) можно рассматривать как случайное событие, поэтому оно подчиняется законам теории вероятности.

Попадание ядерных боеприпасов в цель подчиняется закону рассеивания, согласно которому отклонение действительного центра (эпицентра) взрыва от намеченного, вызванное рассеиванием боеприпасов, характеризуется вероятным отклонением E , выраженным в км (м). Рассеивание ракет от точки прицеливания (ТП) в подавляющем числе случаев подчиняется круговому закону рас-

* Вероятным отклонением E называется половина ширины бесконечной длины, симметричной относительно центра рассеивания, вероятность попадания в которую – 50 %. Числовые значения вероятного отклонения E приводятся в соответствующих таблицах стрельб.

сеивания. Для кругового закона рассеивания вероятность попадания боеголовок в круг радиусом, равным одному вероятному отклонению E , составляет 20 %, в круг радиусом $2E$ – 59,8 %, $3,2E$ – 90 % – это вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания обозначают через ($r_{откл} = 3,2E$). Вероятное максимальное отклонение ядерного боеприпаса от точки прицеливания характеризует качество ракетной системы по доставке ядерного боеприпаса в цель. Очевидно, что самым неблагоприятным случаем будет тот, при котором центр взрыва окажется ближе к объекту (рис. 5.1).

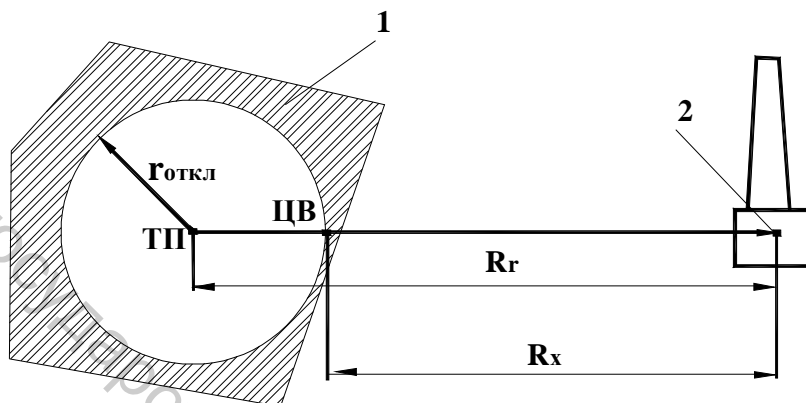


Рисунок 5.1 – Определение границ зон возможных разрушений с учётом вероятного отклонения боеприпаса от точки прицеливания (ТП):
1 – город; 2 – объект

б) объект хозяйства состоит из зданий, сооружений, агрегатов, коммуникаций и др. В совокупности – это инженерно-технический комплекс, элементы которого имеют разную степень устойчивости. Таким образом, устойчивость объекта в целом определяется устойчивостью каждого в отдельности элемента;

7) на каждом объекте имеются главные, второстепенные и вспомогательные элементы, которые в обеспечении функционирования объекта играют разную роль, таким образом, анализ устойчивости объекта предполагает обязательную оценку роли и значения каждого элемента;

8) принцип равной устойчивости ко всем поражающим факторам чрезвычайной ситуации, т.е. выход из строя от различных факторов на одинаковом расстоянии.

5.2 Определение максимальных значений параметров поражающих факторов ядерного взрыва, ожидаемых на объекте

Для оценки устойчивости исследовательская группа объекта получает из городского отдела по ЧС необходимые исходные данные. Если такая информация не поступала, то максимальные значения параметров основных поражающих факторов (воздушная ударная волна, световое излучение, проникающая радиация, радиоактивное заражение местности, электромагнитный импульс) определяются расчетом, например, графоаналитическим методом.

Для расчета графоаналитическим методом нужны следующие *исходные данные*:

- координаты точки прицеливания;
- местоположение объекта;
- мощность ядерного боеприпаса q (кТ, МТ);
- вероятное максимальное отклонение боеприпаса от точки прицеливания – $r_{отк}$.

Расчет производится в следующей последовательности:

1. На карте местности или плане города, в границах которого располагается объект хозяйства, отмечается положение точки прицеливания, и она соединяется прямой линией с центром объекта (рис. 5.2).

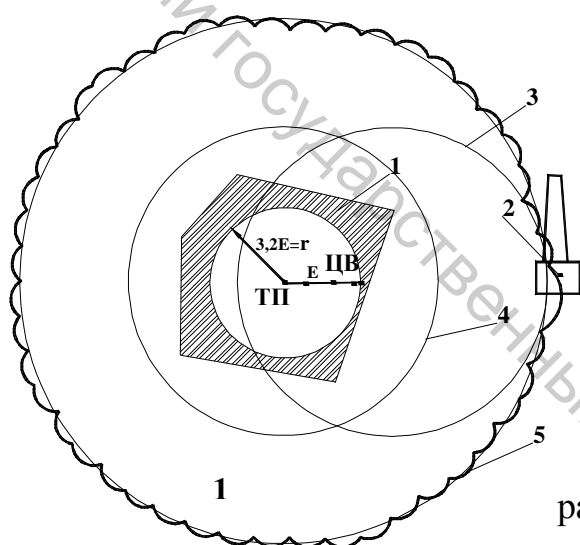


Рисунок 5.2 – Определение минимального расстояния до вероятного центра взрыва:

1 – город; 2 – объект; 3 – граница $\Delta P_\phi = 30$ кПа при отклонении от центра взрыва в сторону объекта на величину $r_{отк} = 3,2E$; 4 – граница $\Delta P_\phi = 30$ кПа при попадании в точку прицеливания; 5 – граница зоны возможных разрушений с учетом вероятного максимального отклонения боеприпаса от точки прицеливания $r_{отк} = 3,2E$.

2. Из точки прицеливания в масштабе карты описывается окружность радиусом, равным вероятному максимальному отклонению ядерного боеприпаса $r_{отк}$. Точка пересечения окружности с прямой, соединяющей ТП и центр объекта, принимается за вероятный самый неблагоприятный центр (эпицентр) взрыва (ЦВ) ядерного боеприпаса, так как он является ближайшим из всех вероятных центров взрыва.

3. Измеряется с учетом масштаба карты (плана местности) расстояние от объекта до ближайшего вероятного центра взрыва R_x . Если известно удаление объекта от точки прицеливания R_r , то R_x можно вычислить по формуле

$$R_x = R_r - r_{отк}. \quad (5.1)$$

4. По таблицам 5.1 –5.3 в зависимости от R_x , q и вида взрыва находятся значения соответствующих параметров поражающих факторов ядерного взрыва.

ва, которые являются максимальными из ожидаемых на рассматриваемом объекте.

Таблица 5.1 – Избыточное давление ударной волны при различных мощностях ядерного боеприпаса и расстояния до центра взрыва

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

Примечание. Верхняя цифра – для воздушного взрыва; нижняя – для наземного.

Таблица 5.2 – Световые импульсы при различных мощностях ядерного боеприпаса и расстояниях до центра взрыва (при слабой дымке)

Мощность боеприпаса, кт	Световые импульсы, кДж/м ²														
	4200	2900	1700	1200	1000	800	720	640	600	560	480	400	320	240	200
	Расстояние до центра взрыва, км														
5	0,31 0,20	0,37 0,24	0,49 0,31	0,58 0,37	0,64 0,41	0,71 0,45	0,75 0,48	0,8 0,51	0,82 0,52	0,85 0,54	0,92 0,59	1,01 0,64	1,13 0,72	1,3 0,83	1,43 0,91
10	0,42 0,28	0,51 0,34	0,67 0,44	0,79 0,55	0,87 0,58	0,97 0,65	1,02 0,68	1,09 0,72	1,12 0,75	1,16 0,81	1,25 0,84	1,37 0,92	1,54 1,02	1,77 1,18	1,94 1,3
20	0,6 0,4	0,7 0,5	0,9 0,6	1,1 0,7	1,15 0,75	1,25 0,8	1,3 0,85	1,35 0,9	1,5 0,95	1,6 1	1,7 1,1	1,8 1,2	2 1,3	2,4 1,4	2,5 1,7
30	0,6 0,4	0,8 0,55	1 0,7	1,2 0,8	1,3 0,9	1,5 1	1,5 1	1,6 1,1	1,7 1,1	1,8 1,2	1,9 1,3	2,1 1,4	2,3 1,5	2,7 1,8	2,9 1,9
50	1,0 0,5	1,2 0,7	1,5 0,9	1,8 1	2 1,1	2,2 1,2	2,3 1,3	2,5 1,4	2,6 1,4	2,7 1,5	3 1,6	3,2 1,7	3,5 2	4,2 2,2	4,6 2,4
100	1,4 0,8	1,7 1	2,3 1,3	2,7 1,5	2,8 1,6	3,1 1,9	3,3 2	3,6 2,15	3,7 2,15	3,9 2,2	4,2 2,4	4,6 2,7	5 3	6 3,4	6,5 3,8
200	1,7 1,0	2,1 1,2	2,7 1,5	3,2 1,8	3,4 2	3,7 2,2	4 2,4	4,3 2,5	4,5 2,6	4,7 2,7	5,8 2,9	6,9 3,2	8 3,6	9 4,1	9,5 4,6
300	2,1 1,2	2,5 1,4	3,3 1,8	3,9 2,2	4,2 2,4	4,5 2,6	4,9 2,9	5,2 3	5,4 3,1	5,6 3,3	6,4 3,5	7,7 3,7	9,1 4,3	10,5 4,9	11,2 5,6
500	2,7 1,5	3,3 1,8	4,4 2,4	5,2 2,8	5,5 3	5,9 3,2	6,3 3,6	6,6 3,8	6,8 3,9	7 4,1	8 4,4	9 4,8	11 5,4	13 6,1	14 7
1000	4,1 2,6	5 3,1	6,4 4	7,7 4,8	8,6 4,9	8,8 5,1	9 5,6	10 6,2	10,6 6,6	11,2 6,8	13,6 7,2	14,8 7,8	15,8 8,6	16,6 10,1	17,6 12,4
2000	4,8 2,8	5,8 3,4	7,6 4,5	9,0 5,3	9,5 5,7	9,7 5,9	10,5 6,4	11 7	11,6 7,2	12,5 7,5	15 8,4	18 8,7	20,5 10	23 11,3	24,2 12,7
5000	6,9 4,2	8,4 5,1	11 6,6	13 7,9	13,8 8,4	14,5 8,8	15,5 9,3	16,5 10	16,9 10,4	17,5 11	20 11,5	23 12,2	26 14,5	29,5 17	31,2 18,3
10000	11,0 6,8	13,3 8,2	17,3 10,8	20,6 12,8	21 13,2	22 14,0	24,6 15	26 16	27 16,5	28 17	29 18	30,5 19	33 25	37 27	38,8 27,8

Примечание. Верхняя цифра – для воздушного взрыва; нижняя – для наземного.

5.3 Оценка устойчивости объекта к воздействию ударной волны ядерного взрыва

В качестве количественного показателя устойчивости объекта к воздействию ударной волны ядерного взрыва (взрыва боеприпаса, бытового взрыва) принимается значение ΔP_{ϕ} , при котором здания, сооружения и оборудование объекта сохранятся или получают слабые и средние разрушения. Это значение избыточного давления принято считать пределом устойчивости объекта к ударной волне $\Delta P_{\phi lim}$.

Таким образом, оценка устойчивости объекта к воздействию ударной волны сводится к определению $\Delta P_{\phi lim}$.

Для оценки требуются следующие исходные данные:

- местоположение точки прицеливания;
- удаление объекта от точки прицеливания (ТП) R_r , км;
- ожидаемая мощность ядерного боеприпаса q , кт (Мт);

- вероятное максимальное отклонение центра взрыва от точки прицеливания $r_{отк}$, км;
- характеристика объекта и его элементов.

Таблица 5.3 – Основные нагрузки, воспринимаемые электронной аппаратурой при её эксплуатации

Воздействия и параметры	Группа аппаратуры			
	наземная	корабельная	самолётная	ракетная
Ударные сотрясения: - ускорение, m/c^2 - длительность, мс	10 – 15 5 – 10	15 5 – 10	6 – 12 до 15	5 – 10 10 – 12
Одиночные удары: - ускорение, m/c^2 - длительность, мс - линейное ускорение, м/с	50 – 1000 0,5 – 10 2 – 5	до 1000 0,5 – 2 –	– – 4 – 10	– – 5 – 50
Вибрация: - частота, Гц - ускорение, m/c^2	10 – 70 1 – 4	0 – 120 1,5 – 2	5 – 2000 до 20	0 – 50 до 20
Ветровая нагрузка при скорости: - рабочей, м/с - предельной, м/с	до 50 до 70	до 50 до 70	– –	– –

Последовательность оценки устойчивости включает в себя следующие этапы:

1. Определение максимального значения избыточного давления ударной волны, ожидаемого на объекте при ядерном взрыве. Для этого рассчитывается $R_x = R_r - r_{отк}$, далее по приведенной выше методике (п. 5.2).

2. Выделение структурных подразделений объекта – цехов, участков производства, систем, от которых зависит функционирование объекта и выпуск необходимой продукции. Решение задачи 2-го этапа целесообразно начинать с оценки роли и значения каждого цеха, участка производства в функционировании предприятия в условиях ЧС.

3. Оценка устойчивости каждого структурного подразделения объекта (цеха, участка производства, системы):

а) выделяются основные элементы структурного подразделения (здание, технологическое оборудование, элементы энергоснабжения и т.д.);

б) на основе изучения технической, строительной документации, внешнего осмотра и измерений составляются укрупненные характеристики каждого элемента структурного подразделения.

Например. Механический участок – промышленное здание с металлическим каркасом и бетонным заполнением с площадью оконных проемов 30 %; оборудование – станки с программным управлением для холодной обработки металла и т.п.

в) определяются степени разрушений элементов структурного подразделения в зависимости от ΔP_{ϕ} , для этого по таблице 5.4 для каждого элемента, со-

гласно его характеристике, находят ΔP_{ϕ} , при которых элемент получит слабые, средние, сильные и полные разрушения;

г) определяется предел устойчивости к ударной волне каждого элемента ΔP_{ϕ} , при котором элемент получает такую степень разрушения, при которой возможно его восстановление силами объекта и возобновление его производства в короткие сроки (при средних разрушениях), при этом, например, если здание цеха из сборного железобетона может получить средние разрушения при $\Delta P_{\phi} = 20 - 30 \text{ кПа}$, то за предел устойчивости берется нижняя граница диапазона, т.е. $\Delta P_{\phi \text{lim}} = 20 \text{ кПа}$;

д) определяется предел устойчивости структурного подразделения к ударной волне по минимальному пределу устойчивости входящих в его состав элементов. Результаты оценки устойчивости каждого структурного подразделения всего объекта заносят в итоговую таблицу (см. табл. 5.5).

4. Определение предела устойчивости объекта к воздействию ударной волны производится по минимальному пределу устойчивости входящих в его состав основных структурных подразделений.

5. Производится заключение об устойчивости объекта к ударной волне, для чего сравнивается найденный $\Delta P_{\phi \text{lim}}$ объекта с $\Delta P_{\phi \text{max}}$ – ожидаемым максимальным значением избыточного давления ($\Delta P_{\phi \text{lim}} > \Delta P_{\phi \text{max}} \Rightarrow$ объект устойчив к воздействию ударной волны; $\Delta P_{\phi \text{lim}} < \Delta P_{\phi \text{max}}$ – не устойчив).

6. Определение степени разрушения производится по таблице результатов оценки для элементов объекта при вероятном $\Delta P_{\phi \text{max}}$ и возможном при этом ущербе (% выхода из строя).

7. На заключительном этапе делаются выводы и предложения на основании анализа результатов оценки устойчивости объекта по каждому структурному подразделению (цеху, участку) и объекту в целом. В них отражаются: предел устойчивости объекта; наиболее уязвимые элементы объекта; характер и степень разрушений, ожидаемых на объекте от ударной волны при максимальном избыточном давлении; возможный ущерб; предел целесообразного повышения устойчивости наиболее уязвимых элементов объекта; предложения (мероприятия) по повышению предела устойчивости объекта к ударной волне.

Целесообразным пределом повышения устойчивости может считаться значение избыточного давления ударной волны ΔP_{ϕ} , вызывающее такие степени и характер разрушения, при которых восстановление его будет реальным. Например, если основной цех объекта при $\Delta P_{\phi} = 30 \text{ кПа}$ получит разрушения, при которых выпуск продукции не может быть налажен, то повышение устойчивости остальных элементов объекта выше этого предела нецелесообразно.

Характер и степень ожидаемых разрушений на объекте могут быть определены для различных дискретных значений избыточного давления ударной волны или интенсивности землетрясения I (в баллах), вызывающие в зданиях и сооружениях слабые, средние и сильные разрушения.

Таблица 5.4 – Степени разрушения элементов объекта при различных избыточных давлениях, *кПа*

Элементы объекта	Разрушение			
	слабое	среднее	сильное	полное
1	2	3	4	5
<i>1. Производственные, административные здания и сооружения</i>				
Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25 – 50 т	20 – 30	30 – 40	40 – 50	50 – 70
То же с крановым оборудованием грузоподъемностью 60 – 100 т	20 – 40	40 – 50	50 – 60	60 – 80
Бетонные, железобетонные здания и здания антисейсмической конструкции	25 – 35	80 – 120	150 – 200	200
Здания с легким металлическим каркасом и бескаркасной конструкции	10 – 20	20 – 30	30 – 50	50 – 70
Промышленные здания с металлическим каркасом и бетонным заполнением с площадью остекления около 30 %	10 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50
Промышленные здания с металлическим каркасом и сплошным хрупким заполнением стен и крыши	10 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50
Многоэтажные железобетонные здания с большой площадью остекления	8 – 20	20 – 40	40 – 90	90 – 100
Здания из сборного железобетона	10 – 20	20 – 30	–	30 – 60
Одноэтажные здания с металлическим каркасом и стеновым заполнением из металла	5 – 7	7 – 10	10 – 15	15
То же с крышей и стеновым заполнением из волнистой стали	7 – 10	10 – 15	15 – 25	25 – 30
Кирпичные бескаркасные производственно-вспомогательные здания с перекрытием (покрытием) из ж/б сборных элементов одно- и многоэтажные	10 – 20	20 – 35	35 – 45	45 – 60
То же с перекрытием (покрытием) из деревянных элементов одно- и многоэтажные	8 – 15	15 – 25	25 – 35	35
Здания фидерной или трансформаторной подстанции из кирпича или блоков	10 – 20	20 – 40	40 – 60	60-80
Складские кирпичные здания	10 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50
Легкие склады-навесы с металлическим каркасом и шиферной кровлей	10 – 25	25 – 35	35 – 50	50
Склады-навесы из железобетонных элементов	20 – 35	35 – 70	80 – 100	100
Административные многоэтажные здания с металлическим или железобетонным каркасом	20 – 30	30 – 40	40 – 50	50 – 60
Кирпичные малоэтажные здания (1 – 2 этажа)	8 – 15	15 – 25	25 – 35	35 – 45
Кирпичные многоэтажные здания (3 и более)	8 – 12	12 – 20	20 – 30	30 – 40
Деревянные дома	6 – 8	8 – 12	12 – 20	20 – 30
Доменные печи	20	40	80	100
Здания ГЭС	50 – 100	100 – 200	200 – 300	300
Затворы плотин	20 – 70	70 – 100	100	–
Остекление зданий обычное	0,5 – 1	1 – 1,5	1,5 – 3	–
Остекление зданий из армированного стекла	1 – 1,5	1,5 – 2	2 – 5	–

Продолжение табл. 5.4

1	2	3	4	5
<i>2. Некоторые виды оборудования</i>				
Станки тяжелые	25 – 40	40 – 60	60 – 70	–
Станки средние	15 – 25	20 – 35	35 – 45	–
Станки легкие	6 – 12	–	15 – 25	–
Краны и крановое оборудование	20 – 30	30 – 50	50 – 70	70
Подъемно-транспортное оборудование	20	50 – 60	60 – 80	80
Кузнечно-прессовое оборудование	50	100 – 110	150 – 200	–
Ленточные конвейеры в галерее на железобетонной эстакаде	5 – 6	6 – 10	10 – 20	20 – 40
Ковшовые конвейеры в галерее на железобетонной эстакаде	8 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 50
Гибкие шланги для транспортирования сыпучих материалов	7 – 15	15 – 25	25 – 35	35 – 45
Электродвигатели мощностью до 2 кВт, открытые	20 – 40	40 – 50	–	50 – 80
Электродвигатели мощностью до 2 кВт, герметические	30 – 50	50 – 70	–	80 – 100
Электродвигатели мощностью от 2 до 10 кВт, открытые	30 – 50	50 – 70	–	80 – 90
Электродвигатели мощностью от 2 до 10 кВт, герметические	40 – 60	60 – 75	–	75 – 110
Электродвигатели мощностью 10 кВт и более, открытые	50 – 60	60 – 80	–	80 – 120
Электродвигатели мощностью 10 кВт и более, герметические	60 – 70	70 – 80	–	80 – 120
Трансформаторы от 100 до 1000 кВ	20 – 30	30 – 50	50 – 60	60
Трансформаторы блочные	30 – 40	50 – 60	–	–
Генераторы на 100 – 300 кВт	30 – 40	50 – 60	–	–
Открытые распределительные устройства	15 – 25	25 – 35	–	–
Масляные выключатели	10 – 20	20 – 30	–	–
Контрольно-измерительная аппаратура	5 – 10	10 – 20	20 – 30	30
Магнитные пускатели	20 – 30	30 – 40	40 – 60	–
Электролампы в плафонах	–	–	–	10 – 20
Электролампы открытые	–	–	–	5 – 7
Паровые котлы, парогенераторы	50 – 70	70 – 100	100 – 150	более 150
<i>3. Коммунально-энергетические сооружения и сети</i>				
Газгольдеры и наземные резервуары для ГСМ и химических веществ	15 – 20	20 – 30	30 – 40	40
Подземные металлические и ж/б резервуары	20 – 50	50 – 100	100 – 200	200
Наземные металлические резервуары и емкости	30 – 40	40 – 70	70 – 90	90
Кабельные подземные линии	200 – 300	300 – 600	600 – 1000	1500
Кабельные наземные линии	10 – 30	30 – 50	50 – 60	60
Трубопроводы наземные	20	50	130	–
Трубопроводы на металлических или ж/б эстакадах	20 – 30	30 – 40	40 – 50	–

Таблица 5.5 – Результаты оценки устойчивости объекта (структурного подразделения) к воздействию ударной волны

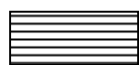
Наименование объекта	Элементы объекта и их характеристика	Степень разрушения при ΔP_{ϕ} (кПа)										ΔP_{ϕ}^{lim} (кПа)	Выход из строя при ΔP_{ϕ}	
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90			
	Здание													
	Технологическое оборудование													
	КЭС													



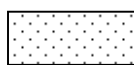
– слабые разрушения



– сильные разрушения



– средние разрушения



– полные разрушения

5.4 Оценка устойчивости сооружений и оборудования к воздействию скоростного напора ударной волны

Для сооружений и оборудования, быстро обтекаемых ударной волной (трансформаторы, станки, антенны, дымовые трубы, опоры ЛЭП и т.п.), наибольшую опасность представляет скоростной напор воздуха, движущийся за фронтом ударной волны. Давление скоростного напора $\Delta P_{ск}$ зависит от избыточного давления ΔP_{ϕ} и определяется по формуле

$$\Delta P_{ск} = 2,5 \frac{\Delta P_{\phi}^2}{\Delta P_{\phi} + 720}, \text{ кПа.} \quad (5.2)$$

График зависимости скоростного напора $\Delta P_{ск}$ от избыточного давления ΔP_{ϕ} приведен на рис. 5.3.

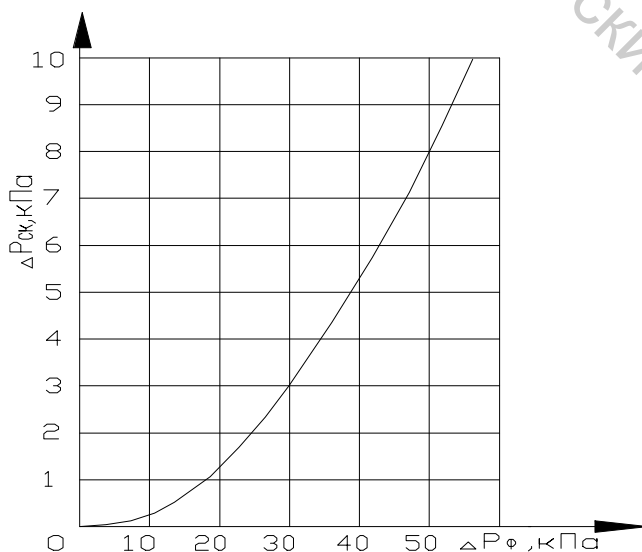


Рисунок 5.3 – Зависимость скоростного напора $\Delta P_{ск}$ от избыточного давления ΔP_{ϕ}

При воздействии скоростного напора на объект возникает смещающая сила $P_{см}$, которая может вызвать смещение оборудования относительно основания, опрокидывание, отбрасывание, ударные перегрузки, т.е. мгновенное инерционное разрушение оборудования.

5.4.1 Смещение оборудования

Смещение оборудования, вызываемое действием ударной волны, может привести к слабым разрушениям, а в ряде случаев и к средним разрушениям.

Оборудование (станок, трансформатор, кран) сдвинется со своего места, если смещающая сила $P_{см}$ будет превышать силу трения $F_{тр}$ и горизонтальную составляющую силы крепления Q_2 :

$$P_{см} \geq F_{тр} + Q_2, \quad (5.3)$$

где $F_{тр} = f \cdot G = f \cdot m \cdot g$ – сила трения, H ;

Q_2 – горизонтальная составляющая силы крепления (суммарное усилие болтов крепления, работающих на срез, H);

f – коэффициент трения, определяется по таблице 5.6;

$g = 9,8 м/с^2$ – ускорение свободного падения.

Таблица 5.6 – Коэффициент трения между поверхностями различных материалов

Наименование трущихся материалов	Коэффициент трения скольжения	Наименование трущихся материалов	Коэффициент трения качения
		Стальное колесо	
1	2	3	4
Сталь по стали	0,15	по рельсу	0,05
Сталь по чугуну	0,3	по кафельной плитке	0,1
Металл по линолеуму	0,2...0,4	по линолеуму	0,15...0,2
Металл по дереву	0,6	по дереву	0,12...0,15
Металл по бетону	0,2...0,5		
<i>Резина по твердому грунту</i>	0,4...0,6		
Резина по линолеуму	0,4...0,6		
Резина по дереву	0,5...0,8		
Резина по чугуну	0,8		
Дерево по дереву	0,4...0,6		
Кожа по чугуну	0,3...0,5		
Кожа по дереву	0,4...0,6		

Если оборудование не закреплено $Q_2 = 0$, тогда смещение оборудования происходит при $P_{см} \geq F_{тр}$, а смещающая сила определяется по формуле

$$P_{см} = C_x \cdot S \cdot \Delta P_{ск}, \quad H, \quad (5.4)$$

где C_x – коэффициент аэродинамического сопротивления предмета,

$S = b \cdot h$ – площадь миделя обтекаемого предмета, m (b – ширина, h – высота).

Значение коэффициента C_x для тел различной формы приводится в таблице 5.7, если же тело имеет сложную форму, составленную из тел (см. табл.

5.7), то примерное значение коэффициента C_x тела сложной формы определяется как

$$C_{xсл} = \frac{\sum C_{xi} S_i}{\sum S_i}, \quad (5.5)$$

где C_x – коэффициент аэродинамического сопротивления i -той части тела;
 S_i – площадь миделя i -той части тела.

Таблица 5.7 – Коэффициент аэродинамического сопротивления для тел различной формы

Форма тела	Рисунок	C_x	Направление движения воздуха
Параллелепипед		0,85 1,3	Перпендикулярно квадратной грани Перпендикулярно прямоугольной грани
Куб		1,6	Перпендикулярно грани
Пластина квадратная		1,45	Перпендикулярно пластине
Диск		1,6	Перпендикулярно диску
Цилиндр: h/d = 1 h/d = 4 h/d = 9		0,4 0,43 0,46	Перпендикулярно оси цилиндра
Сфера		0,25	
Полусфера		0,3	Перпендикулярно плоскости основания отвеса, т.е. параллельно плоскости основания полусферы
Пирамида		1,1	Параллельно основанию
Пирамида усеченная		1,2 ÷ 1,3	

Сила смещения $P_{см}$ прикладывается в центре тяжести площади миделя (в центре давления) предмета (рис. 5.4).

Зная силу трения, можно найти скоростной напор $\Delta P_{ск}$, вызывающий смещение оборудования. Тогда с учетом формулы (3.4) предельное значение скоростного напора, не вызывающее смещение предмета, определится:

$$\Delta P_{ск} = \frac{f \cdot G}{C_x \cdot S} = \frac{f \cdot m \cdot g}{C_x \cdot b \cdot h}, \text{ Па.} \quad (5.6)$$

По найденной величине $\Delta P_{ск}$, используя формулу (5.2) или график (см. рис. 5.3), определяют предельное избыточное давление $\Delta P_{flimсм}$, при котором предмет не смещается.

Когда смещающая сила значительно превосходит силу трения ($P_{см} \gg F_{тр}$), незакрепленные предметы могут отбрасываться на значительные расстояния, дополнительно разрушаясь при этом.

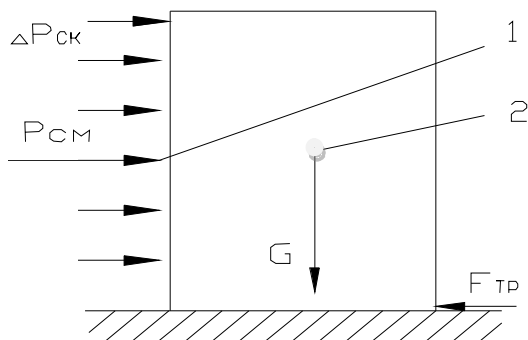


Рисунок 5.4 – Силы, действующие на предмет при смещении:
1 – центр давления; 2 – центр тяжести.

5.4.2 Опрокидывание оборудования

Высокие элементы оборудования (башенные краны, вертикальные станки, высокие приборы, опоры ЛЭП и т.п.) при действии ударной волны могут опрокидываться и сильно разрушаться. Смещающая сила $P_{см}$, действуя на плечо z , будет создавать опрокидывающий момент, а вес оборудования G , действуя на плечо $L/2$, и реакция крепления Q на плечо L – стабилизирующий момент (рис. 5.5).

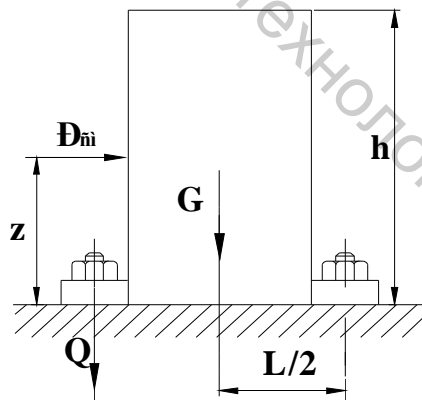


Рисунок 5.5 – Силы и реакции, действующие на предмет при опрокидывании

Условием опрокидывания оборудования является превышение опрокидывающего момента над стабилизирующим, т.е. для закрепленного оборудования

$$P_{см} \cdot z \geq G \cdot L/2 + Q \cdot L, \quad (5.7)$$

а для незакрепленного

$$P_{см} \cdot z \geq G \cdot L/2. \quad (5.8)$$

Считаем, что точка приложения силы $P_{см}$ находится в центре тяжести площади миделя предмета S . Реакция крепления Q определяется как суммарное усилие болтов, работающих на разрыв.

Из неравенства определяем смещающую силу:

$$P_{см} \geq \frac{L}{z} \left(\frac{G}{2} + Q \right), \quad (5.9)$$

тогда скоростной напор $DP_{ск}$, вызывающий опрокидывание оборудования

$$\Delta P_{ск} = \frac{L}{C_x z S} \left(\frac{G}{2} + Q \right). \quad (5.10)$$

Для незакрепленного оборудования ($Q = 0$):

$$\Delta P_{ск} = \frac{GL}{2C_x z S} = \frac{mgL}{2C_x z S}, \text{ Па.} \quad (5.11)$$

По найденному $DP_{ск}$ из графика (см. рис. 5.3) определяют $DP_{ф}$, при котором оборудование опрокидывается.

5.4.3 Инерционное разрушение элементов оборудования (ударные перегрузки)

Для некоторых видов оборудования, измерительных приборов и аппаратуры, имеющих чувствительные элементы, опасными будут большие ускорения, приобретаемые этими элементами при действии ударной волны. Они могут привести к внутренним повреждениям, разрыву, разрушению элементов, пайки, схемы, проводов и т.п. Чтобы определить предельное значение избыточного давления ударной волны $\Delta P_{фlim}$, при котором оборудование еще не получит инерционного разрушения, пользуются графиком зависимости избыточного давления лобового сопротивления $\Delta P_{лоб}$ от избыточного давления ударной волны $\Delta P_{ф}$ (рис. 5.6).

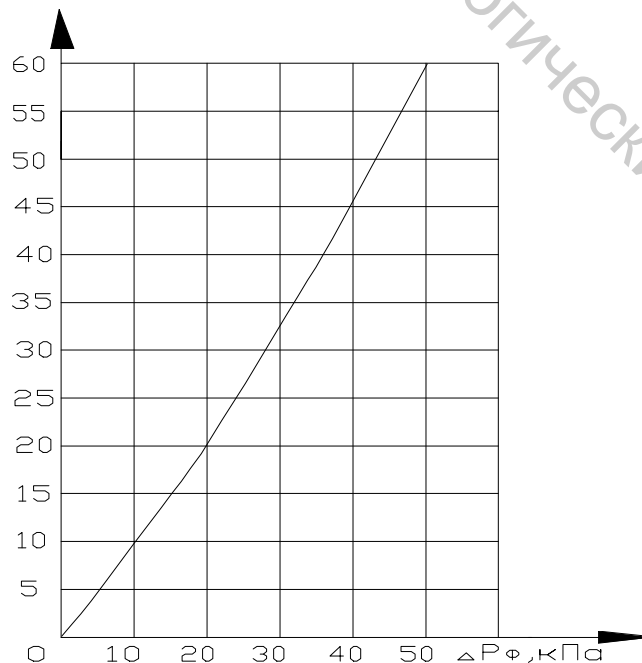


Рисунок 5.6 – Зависимость избыточного лобового давления ($\Delta P_{лоб}$) от избыточного давления ударной волны ($\Delta P_{ф}$)

Для оценки устойчивости прибора к инерционным разрушениям при действии избыточного давления и скоростного напора определяется лобовая сила:

$$P_{\text{лоб}} = (\Delta P_{\text{ф}} + \Delta P_{\text{ск}}) \cdot S, \quad \text{Н}, \quad (5.12)$$

где $S = b \cdot h$ – площадь мишени.

Сила инерции равна сумме сил и реакций связи (для незакрепленного оборудования – это $F_{\text{тр}}$):

$$m \cdot a = P_{\text{лоб}} - F_{\text{тр}}, \quad \text{Н}, \quad (5.13)$$

где m – масса предмета, кг;

a – ударное ускорение м/с².

Учитывая, что силы трения небольшие, пренебрегаем ими:

$$P_{\text{лоб}} = m \cdot a, \quad \text{Н}. \quad (5.14)$$

Если задаться допустимым ускорением при ударе $a_{\text{доп}}$ или допустимой ударной перегрузкой $n_{\text{доп}} = a_{\text{доп}}/g$, не приводящими к инерционным разрушениям, можно определить, какому избыточному лобовому сопротивлению $\Delta P_{\text{лоб}}$ это будет соответствовать:

$$\Delta P_{\text{лоб}} = \frac{P_{\text{лоб}}}{S} = \frac{m \cdot a_{\text{доп}}}{S} = \frac{m \cdot n_{\text{доп}} \cdot g}{S}. \quad (5.15)$$

Допустимые перегрузки для каждого конкретного изделия приводятся в технических условиях (ТУ) на его изготовление. Перегрузки для радиоэлектронной аппаратуры, которые зависят от условий эксплуатации и вида техники, приведены в таблице 5.3.

5.5 Оценка устойчивости объекта к воздействию светового излучения ядерного взрыва

В качестве показателя устойчивости объекта к воздействию светового излучения принимается минимальное значение светового импульса, при котором может произойти воспламенение материалов или конструкций зданий и сооружений, в результате чего возникнут пожары на объекте. Это значение светового импульса принято считать пределом устойчивости объекта к воздействию светового излучения ядерного взрыва $I_{\text{св.лим}}$.

Для оценки уязвимости объекта от светового излучения необходимы следующие исходные данные:

- характеристика зданий и сооружений;
- вид производства и используемые в технологическом процессе горючие вещества и материалы;
- вид готовой продукции;
- ожидаемая степень разрушения зданий и сооружений от воздействия ударной волны.

Последовательность оценки:

1. Определение максимального значения светового импульса $I_{св.маx}$ и избыточного давления ударной волны $DP_{фмаx}$, ожидаемого на объекте.

Согласно методике, изложенной в п. 3.2, находим минимальное расстояние от объекта до ЦВ: $R_x = R_r - r_{отк}$.

В зависимости от расстояния R_x и мощности взрыва q находим по таблицам 5.1 и 5.2 расчетные значения максимального светового импульса и максимального избыточного давления, ожидаемые на объекте. Найденные расчетные значения максимального светового импульса и максимального избыточного давления используются для определения зоны пожаров, в которой может оказаться объект, пожарной обстановки на объекте и позволят установить предел повышения противопожарной устойчивости объекта.

2. Определение степени огнестойкости зданий и сооружений.

Изучается каждое здание и сооружение объекта, определяется, из каких материалов (несгораемых, сгораемых) выполнены основные конструкции здания и сооружения, а также устанавливается степень огнестойкости здания (I, II, III, IV, V, VI, VII или VIII) в зависимости от предела огнестойкости и класса пожарной опасности строительных конструкций (см. табл. 3.2 – гл.3).

3. Выявление сгораемых материалов, элементов конструкций и веществ.

Изучается каждое здание, сооружение и производственные установки объекта и выявляется наличие в конструкциях элементов, которые выполнены из сгораемых материалов, дается их характеристика с точки зрения способности противостоять световому излучению (например: здание лаборатории – двери деревянные белого цвета, крыша покрыта рубероидом).

4. Определение значений световых импульсов, при которых происходит воспламенение элементов, выполненных из сгораемых материалов.

Световые импульсы определяют по таблице 5.8 в зависимости от характеристик элементов зданий и сооружений, выполненных из сгораемых материалов, и ожидаемой мощности ядерного боеприпаса.

5. Определение категории здания по пожарной опасности.

Изучается характер технологического процесса в здании (сооружении) и виды используемых в производстве материалов и веществ, а также вид готовой продукции, и на основании этого по таблице 3.3 (гл.3) определяется категория здания по пожарной опасности (А, Б, В1-В4, Г1, Г2 или Д).

6. Определение плотности застройки на объекте $П$:

$$П = \frac{S_n}{S_m} \cdot 100 \%, \quad (5.16)$$

где S_n – суммарная площадь застройки, $S_n = \sum_1^n S_i$;

S_m – площадь всей застроенной территории объекта.

7. Выводы и предложения по повышению устойчивости объекта и световому излучению.

Полученные расчетные и оценочные данные на всех этапах моделирования сводятся в таблицу результатов оценки (см. табл. 5.9), и по ним делаются выводы, в которых указывается: предел устойчивости объекта к световому излучению $I_{св.лим}$; ожидаемый на объекте максимальный световой импульс; степень разрушения зданий и сооружений от ударной волны. При этом считается, что пожар возникает:

- здания I, II, III, IV степени огнестойкости при $\Delta P_{\phi} > 30 \text{ кПа}$,
- здания V – VIII степени огнестойкости при $\Delta P_{\phi} < 20 \text{ кПа}$.

Объект считается устойчивым к световому излучению, если $I_{св.лим} > I_{св.мах}$.

На основе выводов намечаются конкретные мероприятия по повышению противопожарной устойчивости объекта. Повышение устойчивости объекта к воздействию светового излучения сводится к замене легковоспламеняющихся материалов конструкций здания материалами, воспламеняющимися при более высоком световом импульсе (повышении их теплостойкости). Границы зон пожаров, определенные по результатам оценки устойчивости, могут наноситься на план местности (рис. 5.7).

Таблица 5.8 – Световые импульсы (кДж/м^2), вызывающие воспламенение некоторых материалов при различных мощностях ядерного взрыва

Наименование материала	Мощность взрыва, кт			
	20	100	1000	10000
Древесина сосновая свежеструганая сухая	580	670	880	1000
Доски сосновые (еловые) после распиловки	1670	1760	1880	2100
Доски, окрашенные в белый цвет	1590	1670	1760	1880
Доски, окрашенные в темный цвет	210	250	330	420
Кровля мягкая (толь, рубероид)	540	590	670	840
Черепица красная (оплавление)	840	1050	1260	1670
Сосновая стружка светлая	210	300	420	500
Стружка потемневшая сухая, солома, сено, бумага	120	170	210	250
Обрывки газетной бумаги	80	110	130	170
Бумага оберточная коричневая (листы)	290	330	420	580
Сухая потемневшая древесина, обтирочные материалы, сухие опавшие листья, сухая растительность	240	330	460	580
Дерматин	210	250	290	330
Ткань вискозная подкладочная черная	40	50	75	90
Шторы хлопчатобумажные, ткань х/б грубая, коричневая	290	330	420	500
Муслин х/б, шторы оконные зеленые, парусина для тен-тов зеленая х/б, ткань х/б синяя	210	250	330	420
Спецодежда новая из х/б ткани (синяя)	370	460	500	580
Ткань х/б цвета хаки, спецодежда х/б поношенная синяя, чехлы х/б и вискозные для сиденьев автомобилей	330	370	460	540
Парусина брезентовая, сукно черное, вискозный габардин золотистый	420	460	580	660
Материал х/б обивочный плотный коричневый, сукно шинельное серое, брезент прорезиненный, кожа тонкая коричневая	620	700	840	1260
Ткань х/б для матрацев серая	330	420	500	660

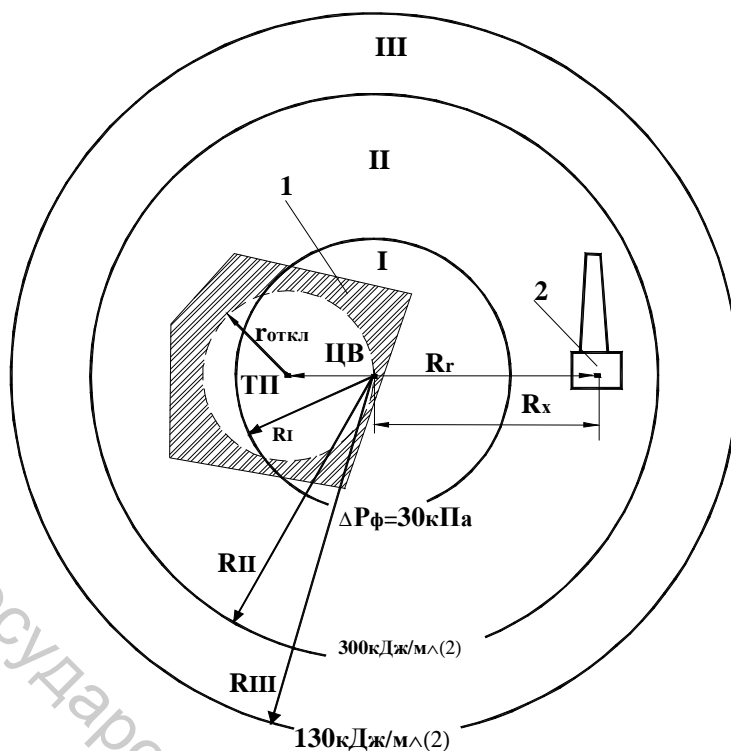


Рисунок 5.7 – Положение зон пожаров в очаге с центром на расстоянии $R_x = 4,4 \text{ км}$ от объекта при воздушном взрыве мощностью $q = 0,5 \text{ Мт}$:

I – зона пожаров в завалах; II – зона сплошных пожаров; III – зона отдельных пожаров; 1 – город; 2 – объект; $R_r = 6 \text{ км}$ – удаление объекта от точки прицеливания; $R_{III} = 15,2 \text{ км}$ – радиус внешней границы зоны отдельных пожаров; $R_{II} = 7,2 \text{ км}$ – сплошных; $R_I = 3 \text{ км}$ – в завалах.

Таблица 5.9 – Результаты оценки устойчивости объекта к воздействию светового излучения ядерного взрыва

Объект, элемент объекта	Степень огнестойкости здания	Категория пожарной опасности производства	Возгораемые элементы объекта и их характеристики	Световой импульс, вызываемый воспламенение сгораемых элементов объекта, кДж/м^2	Разрушение здания при $\Delta P_{\phi \text{ max}}$	Предел устойчивости здания к световому излучению ($U_{\text{свlim}}$)	Зона пожаров, в которой может оказаться объект

5.6 Оценка устойчивости объекта к воздействию взрыва газозвушной смеси

Взрыв газозвушной смеси (ГВС) является поражающим фактором различных ЧС, а также относится к вторичным поражающим факторам ядерного взрыва.

Разрушение и повреждение сооружений технологических установок, емкостей и трубопроводов приводит к истечению газообразных или сжиженных углеводородных продуктов, которые, смешиваясь с воздухом, образуют газоздушную смесь. Наиболее взрыво- и пожароопасные смеси с воздухом углеводородных газов: метана, пропана, бутана, этилена, пропилена, бутилена и др. Взрыв или возгорание этих газов наступает при определенном содержании этих газов в воздухе. Например, взрыв пропана возможен при содержании в 1 м^3 воздуха 21л газа, а возгорание – в 1 м^3 воздуха 95л газа.

При взрыве газозадушной смеси образуется очаг взрыва с ударной волной, вызывающей разрушения зданий, сооружений и оборудования аналогично тому, как это происходит от ударной волны ядерного взрыва. Для определения избыточного давления на определенном расстоянии от центра взрыва необходимо знать количество взрывоопасной смеси.

В очаге взрыва газозадушной смеси принято выделять 3 круговые зоны (рис. 5.8).

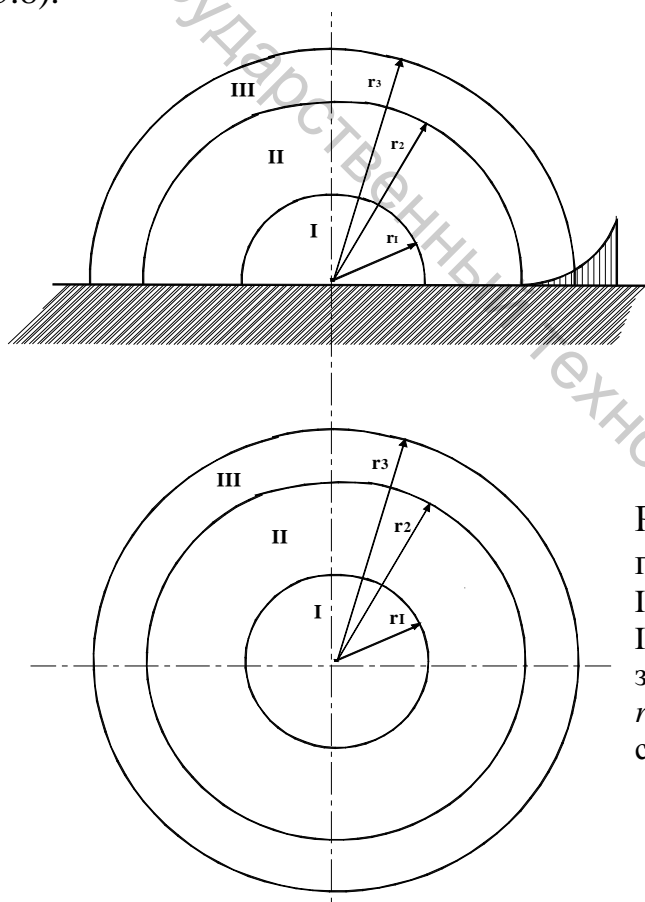


Рисунок 5.8 – Зоны очага взрыва газозадушной смеси:

I – зона детонационной волны;
 II – зона действия продуктов взрыва; III – зона воздушной ударной волны; r_1 , r_2 , r_3 – радиусы внешних границ соответствующих зон

Зона детонационной волны (зона I) находится в пределах облака взрыва. Радиус этой зоны приближенно определяется по формуле

$$r_1 = 17,5\sqrt[3]{Q}, \text{ м}, \quad (5.17)$$

где Q – количество сжиженного углеводородного газа, т.

В пределах зоны I действует избыточное давление, которое может приниматься постоянным, $\Delta P_1 = 1700 \text{ кПа}$.

Зона действия продуктов взрыва (зона II) – охватывает всю площадь разлета продуктов газозвушной смеси в результате ее детонации. Радиус этой зоны $r_{II} = 1,7r_I$, м.

Избыточное давление в пределах зоны II, ΔP_{II} , изменяется от 1350 до 300 кПа и определяется

$$\Delta P_{II} = 1300 \left(\frac{r_I}{R} \right) + 50, \quad (5.18)$$

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

Зона действия воздушной ударной волны (зона III) формируется фронтом ударной волны, распространяющимся по поверхности земли.

Избыточное давление в зоне III – ΔP_{III} может быть определено по графику или расчетным путем.

Для определения избыточного давления в зоне III предварительно определяется относительная величина Y :

$$Y = 0,24r_{III}/r_I, \quad (5.19)$$

где r_I – радиус зоны I;

r_{III} – радиус зоны III или расстояние R от центра взрыва до рассматриваемой точки.

При $Y \leq 2$ имеем

$$\Delta P_{III} = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8\Psi^3} - 1)}, \quad (5.20)$$

при $Y > 2$ имеем

$$\Delta P_{III} = \frac{22}{\Psi \sqrt{1g\Psi + 0,158}}. \quad (5.21)$$

5.7 Оценка воздействия электромагнитного импульса на устойчивость объекта

Электромагнитный импульс (ЭМИ) способен вызвать мощные импульсы токов и напряжений в проводах и кабелях воздушных и подземных линий связи, сигнализации, управления, электропередачи, антенных радиостанций и т.д., которые приводят к сгоранию чувствительных элементов (электронных, электрических), серьезным нарушениям в цифровых и контрольных устройствах. В качестве показателя устойчивости элементов системы к воздействию ЭМИ можно принять коэффициент безопасности K_σ , определяемый отношением предельно допустимого наведенного тока I_σ или напряжения (U_σ) к наведенному, т.е. созданному ЭМИ в данных условиях I_σ (U_σ). Коэффициент безопасности есть логарифмическая величина, измеряемая в децибелах, дБ:

$$K_\sigma = 20 \lg U_\sigma / U_\sigma. \quad (5.22)$$

Устойчивость системы (оборудования) в целом определяется минимальным значением коэффициента безопасности входящих в его состав элементов. Это значение коэффициента безопасности является пределом устойчивости системы к воздействию ЭМИ.

При оценке воздействия ЭМИ на токопроводящие элементы необходимо учитывать, что ЭМИ имеют горизонтальную и вертикальную составляющие напряженностей электрического поля, и поэтому должны определяться значениями напряжений как на вертикальных, так и горизонтальных участках составляющих его линий. Следует также учитывать, что основную опасность представляет вертикальная составляющая напряженности электрического поля, которая превосходит горизонтальную в сотни раз. Максимальные значения напряженностей электрических полей (B/m), возникающих при наземных взрывах, можно определить по формулам:

для вертикальной составляющей

$$E_e = 5 \cdot 10^3 \frac{(1 + 2R)}{R^3} \lg 14,5q; \quad (5.23)$$

для горизонтальной составляющей

$$E_e = 10 \frac{(1 + 2R)}{R^3} \lg 14,5q. \quad (5.24)$$

При воздушных взрывах на напряженность электрических полей в определенной степени влияет изменение асимметрии, вызванной влиянием поверхности земли. Приближенные значения коэффициента асимметрии относительно наземного взрыва как функцию высоты можно определить по графику (рис. 5.9).

Максимальные значения напряженностей электрических полей (B/m), возникающих при воздушных взрывах, можно определить по формулам:

для вертикальной составляющей

$$E_e = 5 \cdot 10^3 \cdot K_a \frac{(1 + 2R)}{R^3} \lg 14,5q; \quad (5.25)$$

для горизонтальной составляющей

$$E_e = 10 \cdot K_a \frac{(1 + 2R)}{R^3} \lg 14,5q, \quad (5.26)$$

где R – расстояние от центра взрыва, км; q – мощность взрыва, кт;

K_a – коэффициент асимметрии, определяется по графику (см. рис. 5.9) в зависимости от высоты взрыва.

Напряжения, наводимые в линиях, токопроводящих элементах электrorадиосистем, можно с достаточной для практических целей точностью определить по формулам (5.27, 5.28).

В вертикальных участках линий и токопроводящих элементах:

$$U_{\epsilon} = \frac{E_{\epsilon} l}{h}, \quad (5.27)$$

в горизонтальных:

$$U_{\epsilon} = \frac{E_{\epsilon} l}{h}, \quad (5.28)$$

где E_{ϵ} (E_{ϵ}) – вертикальная (горизонтальная) составляющая напряженности электрического поля, в/м;

l – длина проводника (токопроводящего элемента), м;

h – коэффициент экранирования линии (элемента).

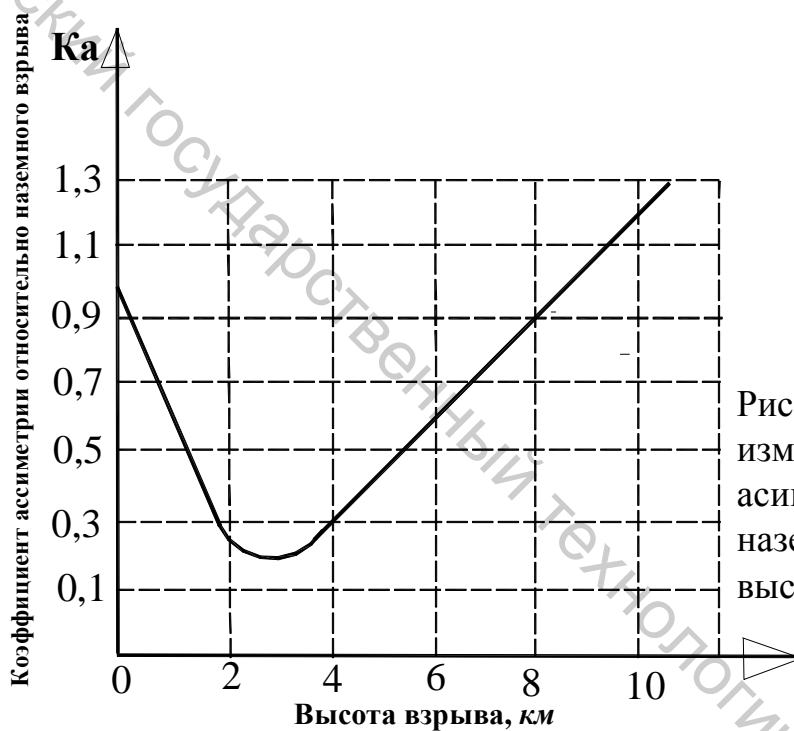


Рисунок 5.9 – Приближенное изменение коэффициента асимметрии относительно наземного взрыва как функции высоты

Результаты оценки устойчивости системы (объекта) к воздействию ЭМИ записывают в таблицу (см. табл.5.10).

Таблица 5.10 – Результаты оценки устойчивости объекта к воздействию ЭМИ наземного ядерного взрыва

Элементы	Допустимые напряжения наводок $U_{д}$, В	Напряженности электрических полей, В/м		Наводимые напряжения в токопроводящих элементах, В		Результаты воздействия
		$E_{в}$	$E_{г}$	$U_{в}$	$U_{г}$	

5.8 Задачи по теме

Задача 5.1 Определение максимального избыточного давления ударной волны

Определить максимальное избыточное давление ударной волны, ожидаемое на объекте. В какой зоне разрушения находится объект? Расстояние от объекта до точки прицеливания – R_r , вероятное максимальное отклонение – $r_{откл}$, мощность взрыва – q .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_r , км	5,2	6,3	7	8	9	10	11	12	3,5
$r_{откл}$, км	0,8	0,8	1,8	1	1	1	1,2	0,5	0,7
q , Мт	0,5	0,5	2	1	1	1	1	0,5	0,3
Вид взрыва	наземный					воздушный			

Задача 5.2 Оценка устойчивости объекта к воздействию ударной волны

Оценить устойчивость сборочного цеха машиностроительного завода к воздействию ударной волны ядерного взрыва. Расстояние от объекта до точки прицеливания – R_r , вероятное максимальное отклонение – $r_{откл}$, мощность взрыва – q .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_r , км	5	6	7	8	9	10	5,5	5	4
$r_{откл}$, км	1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,1	0,6	0,4
q , Мт	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0,3	0,3
Вид взрыва	н	н	н	в	в	в	н	н	н

Характеристика цеха. Здание цеха одноэтажное, кирпичное, бескаркасное, перекрытие из железобетонных плит, технологическое оборудование включает мостовые краны и крановое оборудование, тяжелые станки, КЭС состоят из систем подачи воздуха для пневмоинструмента (трубопроводы на металлических эстакадах) и кабельной наземной электросети.

Задача 5.3 Определение предельного значения избыточного давления, не вызывающего смещения оборудования

Определить предельное значение избыточного давления $DP_{флмсм}$, не вызывающее смещение незакрепленного вертикально-фрезерного станка относительно бетонного основания (вариант 1 – 7), деревянного (8 – 9). Габаритные размеры станка – $l \times b \times h$, масса – m . Коэффициент трения – f . Сделать вывод.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l , мм	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1000	900
b , мм	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	800	700
h , мм	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1400	1400
m , кг	800	800	800	800	800	800	800	600	600
f	0,2	0,35	0,35	0,35	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6

Задача 5.4 Определение предельного значения избыточного давления, не вызывающего опрокидывания оборудования

Найти предельное значение избыточного давления ΔP_{flimon} , при котором незакрепленный станок не опрокинется. Габаритные размеры станка – $l \times b \times h$, масса – m . Коэффициент трения – f . Сделать вывод.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$l, мм$	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1500	1300	1400
$b, мм$	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1200	1400
$h, мм$	1800	1800	1800	1800	1800	1800	2000	1200	1400
$m, кг$	800	800	800	800	800	800	800	500	400
f	Min	Ср.	Ср.	Ср.	Max	Max	Max	Ср.	Ср.

Задача 5.5 Определение предельного значения избыточного давления, при котором прибор не получит инерционные разрушения

Определить предельное значение избыточного давления ΔP_{flimin} , при котором прибор не получит инерционное разрушение, если дано допустимое ускорение $a_{дон}$. Габаритные размеры прибора – $l \times b \times h$, масса – m . Сделать вывод.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$l, мм$	400	450	500	550	600	650	650	620	640
$b, мм$	420	470	500	550	620	650	670	400	300
$h, мм$	720	790	850	900	950	1000	1200	800	700
$m, кг$	60	60	60	60	60	60	60	50	40
$a_{дон}, м/с^2$	100	100	100	100	100	80	80	90	70

Задача 5.6 Определение избыточного давления при взрыве емкости

Требуется определить избыточное давление при взрыве емкости, ожидаемое в районе механического цеха, находящегося на расстоянии R от емкости, в которой находится сжиженный пропан в количестве Q .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, т$	100	100	200	200	216	216	125	125	125
$R, м$	300	100	300	100	500	300	800	800	130

Задача 5.7 Оценка устойчивости объекта к воздействию светового излучения

Определить устойчивость механического цеха машиностроительного завода к воздействию светового излучения ядерного взрыва. Расстояние от объекта до точки прицеливания – R_r , вероятное максимальное отклонение – $r_{откл}$, мощность взрыва – q .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R_r, км$	6	6	6	7	7	7	11	7	7
$r_{откл}, км$	0,8	1,6	2,7	0,6	2	2	0,9	1	0,5
$q, Мг$	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	0,1	0,1
Вид взрыва	в	в	в	н	н	н	н	в	в
$P, мин$	120	120	120	90	90	90	60	60	60
$КС$	В1	В2	В3	В4	Г1	Г1	Г1	Г2	Г2

Характеристика цеха. Здание цеха одноэтажное, кирпичное, бескаркасное, предел огнестойкости несущих стен – II, чердачное перекрытие из железобетонных плит с пределом огнестойкости 60 мин, кровля мягкая (толь по деревянной обрешетке), двери и оконные рамы деревянные, окрашенные в темный цвет, в цехе ведется фрезерование деталей машин. Плотность застройки на заводе – 30 %. Степень огнестойкости соседних зданий – III, категория производства соседних зданий – КС.

Задача 5.8 Оценка устойчивости объекта к воздействию ЭМИ

Требуется оценить устойчивость работы механического цеха завода к воздействию ЭМИ ядерного взрыва. Расстояние от объекта до точки прицеливания – R_r , вероятное максимальное отклонение – $r_{откл}$, мощность взрыва – q . В цехе установлены станки с программным управлением. Коэффициент экранирования кабеля $h = 2$.

Элементы, подверженные воздействию ЭМИ:

1. Электропитание станков $U_{p1} = 380$ В, колебания напряжения составляют c_1 , %; электропитание осуществляется от подстанции по подземному кабелю длиной $L_{т1}$. Кабель имеет вертикальное ответвление к электродвигателю высотой $L_{в1}$.

2. Система программного управления станками состоит из блоков управления станками; пульта управления, выполненного на микросхемах, которые имеют токопроводящие элементы высотой $L_{в2} = 0,05$ м. Рабочее напряжение микросхем $U_{p2} = 12$ В – для вариантов 1 – 4; 24 В – для вариантов 5 – 9. Допустимые колебания напряжения сети c_2 , %.

3. Разводящая сеть имеет: горизонтальную линию $L_{т3}$; вертикальные ответвления к блоку управления станков высотой $L_{в3}$; рабочее напряжение сети $U_{p3} = 220$ В; допустимые колебания c_3 , %.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_r , км	6	6	6	8	8	8	5	5	5
q , кТ	1	1	1	2	2	2	0,5	0,5	0,5
Вид взрыва (высота), км	н	н	н	в (1)	в (1)	в (1)	в (2)	в (2)	н
$r_{откл}$, км	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	0,8	1	1,2
c_1 , %	10	10	15	15	15	15	20	20	20
$L_{т1}$, м	100	90	80	70	60	50	40	30	30
$L_{в1}$, м	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	3	3
c_2 , %	15	15	15	15	20	20	20	20	20
$L_{т3}$, м	50	50	50	100	100	100	100	80	80
$L_{в3}$, м	2	2	2	4	4	4	4	3	3
c_3 , %	15	15	15	15	20	20	20	20	20

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Республика Беларусь. Законы. О радиационной безопасности населения : закон Республики Беларусь № 122-З от 05.01.1998 г // Ведомости Национального собрания РБ. – 1998. – № 5.
2. Республика Беларусь. Законы. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера : закон Республики Беларусь № 141-З от 05.05.1998 г // Ведомости Национального собрания РБ. – 1998. – № 19.
3. Постановление Совета Министров Республики Беларусь № 495 от 10.04.2001 г. О Государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.
4. НПБ 5-2005. Категорирование помещений зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – Мн.: НИИ пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС РБ, 2005. – 39 с.
5. РД52.04.253-90 Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами.
6. СНБ 2.02.01-98. Пожарно-техническая классификация зданий, строительных конструкций и материалов. – Мн.: Изд-во Минскстройархитектуры РБ, 2001. – 11 с.
7. Асаенок, И. С. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях : учеб. пособие / И. С. Асаенок [и др.]. – Мн., 2000. – 220 с.
8. Гражданская оборона : учеб. для студентов пед. ин-тов по спец. 0304 «Допризывная и физ. подготовка» / Ю. В. Боровский [и др.]; под ред. Е. П. Шубина. – М.: Просвещение, 1991. – 223 с.
9. Дорожко, С. В. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность : учеб. пособие. В 3-х ч. Ч. 3 : Радиационная безопасность / С. В. Дорожко, В. П. Бубнов, В. Т. Пустовит. – Мн. : УП «Технопринт», 2003. – 208 с.
10. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность : учеб. пособие. В 3-х ч. Ч. 1 : Чрезвычайные ситуации и их предупреждение / С. В. Дорожко, В. Т. Пустовит, Г. И. Морзак. – Мн. : УП «Технопринт», 2001. – 222 с.
11. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций : учебно-метод. комплекс для студ. технических, финансово-экономических и юридических спец. / сост. и общ. ред. Э. П. Калвана. – 2-е изд., перераб. и доп. – Новополоцк : ПГУ, 2006. – 360 с.
12. Каммерер, Ю. Ю. Аварийные работы в очагах поражения / Ю. Ю. Каммерер, А. Е. Харкевич. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
13. 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», 2006. – 131с.

14. Козлов, В. Ф. Справочник по радиационной безопасности / В. Ф. Козлов. – Минск : Энергоатомиздат, 1991. – 352 с.
15. Мастрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник для студентов высших учебных заведений / Б. С. Мастрюков. – Москва : издательский центр «Академия». – 2004. – 336 с.
16. Николаев, Л. А. Основы защиты населения от оружия массового поражения / Л. А. Николаев. – Мн.: Вышэйшая школа, 1988. – 141 с.
17. Петров, С. В. Первая помощь в экстремальных ситуациях : практическое пособие / С. В. Петров, В. Г. Бубнов. – Москва : Издательство НЦ ЭНАС, 2007. – 96 с.
18. Постник, М. И. Защита населения и объектов народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях / М. И. Постник. – Минск : Вышэйшая школа, 1997. – 398 с.
19. Радиоактивные загрязнения и их измерение : учебное пособие / М. Т. Максимов, Г. О. Оджагов. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 304 с.
20. Чрезвычайные ситуации и правила поведения населения при их возникновении : учеб. пособие / под ред. В. Н. Ковалева. – Мн.: БГЭУ, 1998. – 160 с.
21. Чрезвычайные ситуации с химически опасными веществами : учеб. пособие для курсантов и слушателей высших учебных заведений по специальности «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций» / Э. Р. Бариев [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2008. – 256 с.

Учебное издание

САВЕНОК Владимир Евгеньевич

ТРУТНЕВ Андрей Анатольевич

**ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ ОТ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

Практикум

Редактор В.Н. Потоцкий
Технический редактор В.Е. Савенок
Корректор Е.М. Богачева
Компьютерная верстка А.А. Трутнев

Подписано к печати . Формат 60x90¹/₁₆. Бумага офсетная №1.
Гарнитура «Таймс».
Усл. печ. л. 6,0. Уч.-изд. л. 4,5. Тираж 130 экз. Заказ № _____ .

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210035, г. Витебск, Московский проспект, 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет»
Лицензия № 02330/0494384 от 16 марта 2009 г.