

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ (МИИТ)

ФАКУЛЬТЕТ «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»
КАФЕДРА «ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ»

**ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ***

МОСКВА – 2006

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ (МИИТ)

ФАКУЛЬТЕТ «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»
КАФЕДРА «ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ»

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Рекомендовано редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний
для студентов специальности
"Инженерная защита окружающей среды"

МОСКВА – 2006

УДК 504 : 656.2.08

З 40

Попов В.Г, Петров С.В., Боровков Ю.Н., Сухов Ф.И. Защита окружающей среды в чрезвычайных ситуациях на железнодорожном транспорте: Методические указания к практическим занятиям. – М.:МИИТ, 2006. – 62 с.

Настоящие методические указания разработаны для проведения практических занятий по дисциплине «Защита окружающей среды в чрезвычайных ситуациях на железнодорожном транспорте» для студентов пятого курса специальности «Инженерная защита окружающей среды».

© Московский государственный университет
путей сообщения (МИИТ), 2006

ВВЕДЕНИЕ

Одна из глобальных проблем обеспечения безопасности — техногенная безопасность. Только сейчас она формируется как глобальную проблему социально-экономического характера. Это понимание приходит из-за неуклонного роста производственной и транспортной аварийности, постоянно увеличивающихся масштабов этих происшествий, большой тяжести их последствий. Иногда эти последствия имеют трансграничное распространение, как это случилось при аварии на Чернобыльской АЭС. Многие страны во второй половине XX века пережили производственные аварии, имевшие масштабы национальных катастроф. При этом они произошли на объектах различного назначения: ядерных, химических, космических и авиационных, надводных и подводных [1].

Проблема техногенной безопасности связана с ростом мировой экономики. С одной стороны, с непрерывным увеличением числа производственных мощностей и увеличением объемов производства. С другой — с усложнением промышленных технологий.

Факторами роста техногенной опасности выступают, во-первых, нерациональное с точки зрения безопасности размещение некоторых потенциально опасных объектов производственного назначения, хозяйственной и социальной инфраструктуры; во-вторых, просчеты в технической политике проектирования, строительства, модернизации и эксплуатации потенциально опасных объектов, упадок проектно-конструкторского дела и качества труда, низкое качество прикладных исследований, проектирования, производства и произведенной продукции. В-третьих, распространены

технологическая отсталость производства, низкие темпы внедрения ресурсо – и энергосберегающих и других технически совершенных и безопасных технологий. Повсеместно наблюдается значительный износ средств производства, достигающий в некоторых случаях предаварийного уровня. В-четвертых, снижение профессионального уровня работников, культуры труда, уход квалифицированных специалистов из производства, проектно-конструкторского дела, прикладной науки, упадок ответственности должностных лиц, снижение уровня производственной и технологической дисциплины.

Сюда же следует отнести невыполнение требований нормативно-правовой документации по вопросам техногенной безопасности. Владельцы потенциально опасных предприятий не принимают достаточных мер, а порой и совсем игнорируют работу по предотвращению аварий на них, предупреждению возможного ущерба, защите персонала и населения, проживающего вблизи потенциально опасных объектов. Надзор за состоянием потенциально опасных объектов недостаточен, системы контроля наличия опасных или вредных факторов ненадежны, малочисленны или отсутствуют вовсе.

Снизился уровень техники безопасности на производстве, транспорте, в энергетике и сельском хозяйстве. Значительная часть систем технологического контроля, технической диагностики, безаварийной остановки производства, аварийного оповещения, локализации или подавления аварийных ситуаций малоэффективна, а на некоторых потенциально опасных производствах такие системы технологической безопасности не созданы вообще. За последние годы резко снизились объемы производства индивидуальных

средств защиты для персонала и населения. Не завершено построение и не налажено нормальное функционирование систем декларирования и лицензирования деятельности по созданию и эксплуатации потенциально опасных объектов хозяйственного назначения. Недостаточно широко поставлено дело страхования техногенных рисков.

В данных методических указаниях рассмотрены методики оценки последствий техногенных аварий.

1.1. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ НА ВЗРЫВО- И ПОЖАРООПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

1.1.1. Методика оценки последствий аварий на взрыво- и пожароопасных объектах в открытой атмосфере

При возникновении аварий на объектах данного типа в зависимости от условий могут быть два варианта развития ситуации:

- детонационный взрыв – особый вид экзотермической реакции. Скорость горения достигает 8,5 км/с. Она способствует резкому нарастанию давления на фронте ударной волны. Реакция протекает настолько быстро, что вся энергия, заключенная в ВВ (взрывчатые вещества), высвобождается о того, как наступает расширение продуктов распада. По сути, вся высвободившаяся энергия сосредоточена в объеме исходного ВВ. Давление может достигать 10^9 Па, и происходит взрыв [4].;

- горение ВВ – экзотермическая реакция, протекающая в поверхностном слое вещества. Реакция поддерживается за счет теплопроводности и диффузионного теплообмена газообразных продуктов реакции с общей массой ВВ (Различают стационарное (послойное горение) и возмущенное (объемное горение с характерным резким нарастанием горения.) [4].

При детонационном взрыве скорость распространения пламени от точки инициирования взрыва смеси превышает скорость звука. При дефлационном горении скорость распространения пламени не превышает 100 – 200 м/с, а давление 20 – 100 кПа. Вариант аварии зависит от вида хранящегося

вещества, концентрации его в воздушной смеси и других условий, которые заблаговременно трудно прогнозировать.

При детонационном взрыве в открытой атмосфере можно выделить две зоны:

- Зона детонации;
- Зона распространения ударной волны.

Расчет радиуса зоны детонации (детонационной волны) r_0 определяется по эмпирической формуле (1.1) [2]:

$$r_0 = 18,5 \cdot \sqrt[3]{K \cdot M} \quad (1.1)$$

где, r_0 - расчетный радиус детонационной волны, м;

18,5 - эмпирический показатель, учитывающий условия взрыва;

K - коэффициент, характеризующий объем газа или паров вещества, переходящий в стехиометрическую (взрывную) смесь, и изменяющийся от 0,4 до 0,6;

M - количество вещества, т.

Максимальное давление в зоне детонации зависит от вида вещества и приводится в справочной литературе.

На расстояниях $R > r_0$ распространяется ударная волна. Значение максимального избыточного давления во фронте ударной волны ΔP_ϕ может быть определено по формулам, аппроксимирующим численное решение системы нестационарных уравнений газовой динамики. Приведем эти формулы:

$$\Delta P_\phi = P_0 \cdot \bar{P}$$

$$\lg \bar{P} = 0,65 - 2,18 \cdot \lg \bar{R} + 0,52 \cdot (\lg \bar{R})^2, \quad \bar{R} = \frac{R}{\sqrt[3]{m_T}}, \quad (1.2)$$

где ΔP_{ϕ} - максимальное избыточное давление во фронте ударной волны, Па;

P_0 - атмосферное давление, равное $1,013 \cdot 10^3$ Па;

R - расстояние от центра взрыва, м;

m_T - тротильный эквивалент взрыва газозвушной смеси, кг, определяется по формуле (1.3):

$$m_T = 2 \cdot m \cdot Q_{m,CTX} / Q_T, \quad (1.3)$$

где $m = P_{CTX} \cdot V_0$ - масса горючего облака, кг;

Q_T - теплота взрыва тротила ($4,184 \cdot 10^6$ Дж/кг);

$Q_{m,CTX}$ - теплота взрыва единицы массы смеси

Используя формулы (1.1) – (1.3), можно рассчитать значения механических нагрузок на объекты в районе аварии или определить опасные зоны по механическим нагрузкам при известной защищенности объекта.

В основу методики оценки воздействия теплового излучения при аварии на взрывопожарном объекте положены следующие закономерности. При аварийном вскрытии газопроводов и емкостей, разливах углеводородов и их испарении облако газопаровоздушной смеси (ГПВС) может не детонировать, а интенсивно гореть, образуя огненный шар. Поражающее действие теплового излучения огненного шара определяется тепловой энергией, приходящийся на единицу поверхности объекта на конкретном расстоянии от центра огненного шара. Зависимость теплового потока q , Вт/м², определяется следующим соотношением:

$$q = \Theta^4 \cdot \frac{5,26 \cdot 10^{-5} \cdot \left(2 \cdot R_0 / r\right)^2}{161,7 + \left(2 \cdot R_0 / r\right)^2}, \quad (1.4)$$

где Θ - температура огненного шара, К (для топлива ≈ 2500 К, для горючих газов ≈ 1350 К);

R_0 - радиус огненного шара, м;

r - расстояние от центра огненного шара до объекта.

Радиус огненного шара R_0 , м, определяется по формуле (1.5):

$$R_0 = 1/2 \cdot A_1 \cdot M^\alpha, \quad (1.5)$$

где A_1 - коэффициент, равный 3,76 – 3,86 для различных веществ;

α - коэффициент, равный 0,320 – 0,325 для различных веществ.

Время существования огненного шара τ_s , с:

$$\tau_s = A_2 \cdot M^\beta, \quad (1.6)$$

где A_2 - коэффициент, равный 0,268 - 0,288

β - коэффициент, равный 0,328 – 0,348

M в формулах (1.5) – (1.6) – масса испарившегося продукта, кг.

Используя формулы (1.4) – (1.6), можно рассчитать тепловые потоки действующие на объекты в районе аварии или определить зоны возгорания при известных тепловых потоках воспламенения.

По приведенным зависимостям можно провести расчеты и получить справочные данные, используемые в методиках оценки механического и теплового

поражающего воздействия при авариях на взрывопожароопасных объектах. В таблице 1.1 приведены значения радиуса детонационной волны (r_0) в зависимости от массы взрывоопасного вещества M на объекте аварии.

Таблица № 1.1

Значение радиусов детонационной волны r_0

M , т	r_0 , м	M , т	r_0 , м	M , т	r_0 , м
0,2	8	3	20	100	63
1,0	13,5	5	23	500	108
2,0	17	10	29	1000	138

В таблице 1.2 приведены значения максимального давления в волне детонации для ГПВС различных веществ.

Таблица № 1.2

Максимальное давление в волне детонации P_m , кПа

Горючий компонент	P_m , кПа	Горючий компонент	P_m , кПа	Горючий компонент	P_m , кПа
Аммиак	1290	Оксид углерода	1820	Ацетон	1850
Ацетилен	2140	Пропан	1890	Бензол	1960
Буган	1880	Пропилен	1870	Дихлорэтан	1600
Водород	1200	Этан	1690	Толуол	1900
Метан	1570	Этилен	1910	Этанол	1760

В таблице 1.3 приведены значения избыточного давления во фронте воздушной ударной волны ΔP_ϕ на расстояниях $r > r_0$.

Таблица № 1.3

Значения ΔP_ϕ , кПа

P_m , кПа	Расстояние от центра взрыва, доли r_0						
	1,1	1,2	1,4	1,8	2,0	3,0	4,0
1000	527	390,0	306,0	187,0	163,0	85,0	49,0
1200	632	468,0	367,0	224,0	196,0	102,0	59,0
1400	738	546,0	428,0	262,0	228,0	119,0	69,0
1600	843	624,0	490,0	299,0	260,0	136,0	78,0
1800	949	702,0	551,0	337,0	293,0	153,0	88,0

Р _м , кПа	Расстояние от центра взрыва, доли г ₀						
	1,1	1,2	1,4	1,8	2,0	3,0	4,0
2000	1054	782,0	612,0	374,0	326,0	170,0	99,0
2200	1159	860,0	673,0	411,0	359,0	187,0	109,0

Продолжение таблицы № 1.3

Значения ΔР_ф, кПа

Р _м , кПа	Расстояние от центра взрыва, доли г ₀							
	6,0	8,0	10,0	12,0	15,0	20,0	30,0	50,0
1000	27,0	14,0	14,0	10,0	8,0	5,0	3,0	1,0
1200	32,0	20,0	17,0	12,0	10,0	6,0	4,0	1,2
1400	38,0	24,0	20,0	14,0	11,0	7,0	4,0	1,4
1600	43,0	27,0	22,0	16,0	13,0	8,0	5,0	1,6
1800	49,0	31,0	25,0	18,0	14,0	9,0	6,0	1,8
2000	54,0	34,0	27,0	20,0	17,0	10,0	7,0	2,0
2200	59,0	37,0	30,0	22,0	19,0	11,0	8,0	2,2

Используя данные справочных источников, приведем значения ΔР_ф при взрыве ГПВС, которые могут вызвать различные степени разрушения (повреждений) некоторых типовых сооружений в ПР.

Таблица № 1.4

Значения ΔР_ф, вызывающие разрушения сооружений

Сооружения	ΔР _ф , вызывающие разрушения, кПа				
	Полное	Сильное	Среднее	Слабое	Отдельные повреждения
Здания с металлическим каркасом	80	50	30	20	5
Здания крупноблочные	50	40	30	20	10
Здания малоэтажные кирпичные	45	35	25	15	5
Здания многоэтажные кирпичные	40	30	20	10	5

Сооружения	ΔP_{ϕ} , вызывающие разрушения, кПа				
	Полное	Сильное	Среднее	Слабое	Отдельные повреждения
Здания деревянные	30	20	12	7	4
Подземные линии коммунальных хозяйств	1500	1200	700	300	200
Воздушные линии связи и электроснабжения	70	-	35	-	-
Мосты металлической конструкции	250	200	150	160	50
Мосты железобетонные	200	150	120	100	50
Автомобильные дороги и аэродромы	4000	3000	1000	300	120
Защитные сооружения ВСЗ ¹	1300	800	500	300	200
Защитные сооружения НСЗ ²	800	500	300	150	100
Наземные и обвалованные резервуары	190	120	70	50	20
Подземные резервуары	450	280	175	50	20

Примечание: поражение людей наступает при $\Delta P_{\phi} = 10$ кПа. (на слабое и полное не делится, смертельный случай возможен при любом ΔP_{ϕ})

В результате обрушения конструкций зданий при полном и сильном разрушении вокруг них образуются зоны поражения – завалы. Размеры зон поражения от стен зданий приведены в таблице 1.5.

¹ Защитные сооружения ВСЗ – высокой степени защиты.

² Защитные сооружения НСЗ – низкой степени защиты.

Таблица 1.5

Радиусы завалов R_3 , при обрушении зданий

Тип	Конструкция	Этажность	Высота, м	R_3 , м
Жилые	Кирпичные	2	7,5	8
		3	11	12
		5	18	20
		9 и более	32	35
	Крупноблочные	5	18	19
		9 и более	32	34
	Крупнопанельные	5	18	21
9 и более		32	35	
Производственные	Кирпичные	1 – 3	12	9
		3 - 5 и более	20	17
	Крупнопанельные	1 – 3	12	6
		3 - 5 и более	20	23

В таблице 1.6 приведены значения теплового потока и времени горения при аварии со взрывом или горением на объектах хранения газообразных и твердых веществ. Для объектов с топливом q , взятые из табл. 1.6, необходимо умножить на 11,7.

Таблица 1.6

Значения теплового потока при взрыве (горении) ГПВС

M, т	Значение теплового потока, Вт/м ² , при значениях r_T , м					Время горения τ_3 , с
	50	100	200	300	500	
0,2	10^3	310	72	32	12	1,6
1	$3 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$	94	34	2,8
2	$5 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^2$	10^2	53	3,4
3	$7 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$	70	4
5	10^4	$3 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^2$	99	5
10	$2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$	10^3	$7 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$	6
100	$7 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^2$	13
500	$2 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^4$	10^4	$6 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	22

М, т	Значение теплового потока, Вт/м ² , при значениях r _T , м					Время горения τ _з , с
	50	100	200	300	500	
1000	4·10 ⁵	8·10 ⁴	2·10 ⁴	9·10 ³	3·10 ³	30

Продолжение таблицы 1.6

Значения теплового потока при взрыве (горении) ГПВС

М, т	Значение теплового потока, Вт/м ² , при значениях r _T , м					Время горения τ _з , с
	1000	2000	3000	5000	7000	
0,2	3	0,7	-	-	-	1,6
1	8	2	0,5	-	-	2,8
2	13	3,4	0,8	-	-	3,4
3	18	4	1	-	-	4
5	25	6	1,5	0,4	-	5
10	39	10	2,5	0,6	-	6
100	2·10 ²	45	20	0,8	-	13
500	5·10 ²	100	59	21	-	22
1000	8·10 ²	2·10 ²	94	33	17	30

П р и м е ч а н и е: Значение критериального теплового потока равно: древесина – 2,2·10⁴ Вт/м²; нефтепродукты – 2,7·10⁴ Вт/м²; люди – 1,3·10³ Вт/м².

Методика оценки

А. Исходные данные;

1. Вид и масса ГПВС M , т;
2. Возможные объекты поражения в районе аварии;
3. Задача оценки последствий аварии.

Б. Последовательность решения задачи:

1. Из табл. 1.4 определяют значения критерии давления для слабого и полного разрушения объектов и поражения людей;
2. По значению массы ГПВС из табл. 1.1 определяют радиус детонационной волны, r_0 , м;
3. По виду ГПВС из табл. 1.2 определяют максимальное давление в детонационной волне P_m ;
4. По значениям P_m и критериев давления в ударной волны ΔP_ϕ из табл. 1.3 определяют радиусы слабого и полного разрушения объектов и поражения людей $R_{сл}$ и $R_{пол}$ (в долях r_0 , $R_i = r_0 \cdot (R/r_0)_i$);
5. Сравнивая радиусы поражения и реальное удаление объектов от источника аварии, делают вывод о последствиях механического действия взрыва;
6. Из справочных источников определяют критерии значения тепловых потоков, вызывающие возгорание объектов и поражение людей;
7. По значению массы ГПВС и критерии тепловых потоков из табл. 1.6 определяют радиусы теплового поражения объектов и людей r_T .

8. Сравнивая результаты механического и теплового поражения (пункты 4 и 7), делают выводы о последствиях аварии;
9. Из табл. 1.5 определяют радиусы завалов от обрушения зданий, оказавшихся в зоне полного разрушения R_3 .

Пример

А. Исходные данные:

1. В хранилище находится 10 т сжиженного пропана;
2. В районе хранилища могут находиться люди, размещено малоэтажное кирпичное здание, деревянное здание, резервуар с мазутом наземный;
3. Определить радиусы зон поражения объектов в районе хранилища ГПВС при возникновении взрыва.

Б. Решение:

1. Из табл. 1.4 определяем значения критерии давления для слабого и полного разрушения объектов в районе хранилища и поражения людей соответственно:
малоэтажное здание 15 кПа и 45 кПа
здание деревянное 7 кПа и 30 кПа
резервуар с мазутом 50 кПа и 190 кПа
поражение людей 10 кПа
2. По значению массы ГПВС (M) из табл. 1.1 определяем давление в детонационной волне r_0 : $r_0 = 29$ м;
3. По виду ГПВС – пропану из табл. 1.2 определяем максимальное давление в детонационной волне P_m : $P_m = 1890$ кПа;

4. По значениям P_m (1890 кПа) и критериями давления ΔP_ϕ определяем радиусы поражения объектов из табл. 1.3, м:

	$R_{сл}$	$R_{пол}$
малоэтажное здание	$29 \cdot 15 = 435$	$29 \cdot 6 = 174$
здание деревянное	$29 \cdot 30 = 870$	$29 \cdot 8 = 232$
резервуар с мазутом	$29 \cdot 6 = 175$	$29 \cdot 2,75 = 80$
поражение людей	$29 \cdot 20 = 580$	

5. Сравнивая радиусы зон поражения и реальное размещение объектов, делаем вывод о возможных последствиях механического действия взрыва при аварии в хранилище ГПВС.

Поражение наступит:

люди при $R = 580$ м;
резервуар с мазутом $R = 175$ м;
деревянное здание $R = 870$ м;
малоэтажное кирпичное здание $R = 435$ м.

Разрушение наступит:

резервуар с мазутом $R = 80$ м;
деревянное здание $R = 232$ м;
малоэтажное кирпичное здание $R = 174$ м.

6. Из табл. 1.6 (примечание) определяем критериальные тепловые потоки, вызывающие возгорание объектов и поражение людей, Вт/м²:

возгорание зданий (по деревянным элементам)
 $2,2 \cdot 10^4$

воспламенение пролитого мазута
 $2,7 \cdot 10^4$

поражение людей
 $1,3 \cdot 10^3$

7. По значению массы ГПВС и критериями тепловых потоков из табл. 1.6 определяем радиусы теплового поражения объектов и людей, м:
- | | |
|--------------------------------|---------------|
| возгорание зданий | ≈ 50 |
| воспламенение пролитого мазута | ≈ 45 |
| поражение людей | ≈ 190 |
8. Сравнивая результаты механического и теплового поражения (п. 4 – 7), делаем вывод: поражение людей, зданий и резервуара будет определяться механическими нагрузками;
9. Из табл. 1.5 определяем радиус завала от обрушенного кирпичного здания R_3 :

$$R_3 = 9 \text{ м.}$$

Ответ представляется в виде:

1. Критериальное давление соответственно равно:

малоэтажное здание	15 кПа и 45 кПа
здание деревянное	7 кПа и 30 кПа
резервуар с мазутом	50 кПа и 190 кПа
поражение людей	10 кПа

2. $r_0 = 29 \text{ м;}$
 3. $P_m = 1890 \text{ кПа;}$
 4. $R_{сл}$ и $R_{пол}$:

	$R_{сл}$	$R_{пол}$
малоэтажное здание	$29 \cdot 15 = 435$	$29 \cdot 6 = 174$
здание деревянное	$29 \cdot 30 = 870$	$29 \cdot 8 = 232$
резервуар с мазутом	$29 \cdot 6 = 175$	$29 \cdot 2,75 = 80$
поражение людей	$29 \cdot 20 = 580$	

5. Поражение наступит:

люди при	$R = 580 \text{ м;}$
резервуар с мазутом	$R = 175 \text{ м;}$

- деревянное здание $R = 870$ м;
 малоэтажное кирпичное здание $R = 435$ м.
 Разрушение наступит:
- резервуар с мазутом $R = 80$ м;
 деревянное здание $R = 232$ м;
 малоэтажное кирпичное здание $R = 174$ м.
6. критерии тепловых потоков $Вт/м^2$:
- возгорание зданий (по деревянным элементам)
 $2,2 \cdot 10^4$
- воспламенение пролитого мазута
 $2,7 \cdot 10^4$
- поражение людей
 $1,3 \cdot 10^3$
7. радиусы теплового поражения объектов и людей, м:
- возгорание зданий ≈ 50
 воспламенение пролитого мазута ≈ 45
 поражение людей ≈ 190
8. поражение людей, зданий и резервуара будет определяться механическими нагрузками;
9. $R_3 = 9$ м.

1.1.2. Методика оценки последствий взрыва ГПВС в помещениях и ВВ в хранилищах

На железнодорожном транспорте, в коммунально-энергетических сетях, при проведении сварочных работ в сооружениях и на других объектах могут возникнуть ЧС в результате взрыва, при аварийном вскрытии баллонов со сжиженными газами (пропан, ацетилен и т.д.). В результате испарения выброса сжиженного газа при соответствующих условиях может произойти взрыв. Согласно ГОСТ 12.1.004-85 избыточное давление взрыва ГПВС с учетом негерметичности помещений можно определить по формуле (1.7) [2]:

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_0 \cdot Z}{V_{св} \cdot \rho_v \cdot C_p \cdot T_0 \cdot K_H}, \text{ кПа} \quad (1.7)$$

где, m – масса сжиженного газа в емкости, кг, поступившего в помещение в результате аварийного вскрытия баллона;

H_T – теплота сгорания газа, Дж/кг;

ρ_v – плотность воздуха до взрыва ($\rho_v = 1,225$ кг/м³);

P_0 – начальное давление (допускается принимать 101 кПа)

Z – доля участия газа во взрыве;

$V_{св}$ – свободный объем помещения (допускается принимать 0,8 от полного объема), м³;

C_p – удельная теплоемкость воздуха (допускается принимать $C_p = 1,01 \cdot 10^3$, Дж/кг · К);

T_0 – начальная температура воздуха, К;

K_H – коэффициент учета негерметичности помещения и неадиабатичности процесса горения (K_H для газа ≈ 3).

В табл. 1.7 приведены рассчитанные значения ΔP для условий: ГПВС – пропан; $T_0 = 293 \text{ K}$; $Z = 1$; $H_T = 2,8 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$.

Таблица 1.7

Значение ΔP при аварийном взрыве ГПВС – пропана в помещениях, кПа

Масса, кг	Объем помещения $V, \text{ м}^3$						
	50	75	100	150	200	250	300
60	385	256	192	128	96	77	64
30	230	154	115	83	58	46	38
20	105	70	53	35	26	21	18
15	97	64	48	32	24	19	16
10	64	43	32	2	16	13	11
5	32	21	16	11	8	6	5

Используя данные табл. 1.7 и критериальные значения давления при разрушениях различной степени в условиях взрыва внутри помещения, можно оценить возможные последствия аварии данного типа.

По зависимости, аналогичной 1.7, рассчитываются и давления при взрыве в помещениях аэрозолей, пыли.

При оценке последствий взрывов в хранилищах ВВ и боеприпасов может быть использована формула, полученная путем аппроксимации результатов опытных данных:

$$R = K \cdot C^{1/3} \cdot \left[1 + (3180/C)^2 \right]^{-1/6}, \quad (1.8)$$

где, R – расстояние, на котором могут возникнуть различные степени разрушения сооружений и поражение людей, м;

K – коэффициент, учитывающий степень разрушения сооружений или поражения людей;

C – масса ВВ в хранилище, кг.

Опытные значения коэффициентов K для степеней разрушения зданий приведены в табл. 1.8:

Таблица 1.8

Степень разрушения	K
Полное	3,8
Сильное	5,5
Среднее	9,6
Слабое	28

Примечание: для оценки поражения людей можно принять $K = 38$ (отсутствие существенных травм).

Используя формулу (1.8), можно рассчитать безопасные расстояния от хранилища ВВ для зданий и людей. В табл. 1.9 приведены данные $R_{\text{без}}$.

Таблица 1.9

Безопасные расстояния от складов ВВ до внешних объектов, м

Масса ВВ, т	Радиус $R_{\text{без}}$, м
До 10	800
До 15	1000
До 30	1500
До 60	2000
До 80	2250
До 240	3500

Используя формулу (1.8) и данные табл. 1.8 можно оценить возможные последствия взрывов в хранилищах ВВ и боеприпасов.

Методика оценки

А. Исходные данные:

1. Масса ВВ, т;
2. Расстояния и объекты поражений в районе хранилища;
3. Задача оценки последствий аварии.

Б. Решение:

1. Из табл. 1.9 определяем безопасные расстояния от хранилища ВВ для людей.
2. По формуле 1.8 вычисляем расстояние, на котором могут возникнуть различные степени разрушения сооружений (коэффициент К берем из табл. 1.8):

$$R = K \cdot C^{1/3} \cdot \left[1 + (3180/C)^2 \right]^{-1/6}$$

3. Сравнивая $R_{\text{без}}$ из пункта 1 и данные задания определяем состояние безопасности людей.
4. Сравнивая R из пункта 2 и данные задания определяем степень разрушения зданий.

Пример

А. Исходные данные:

1. В хранилище находится 15 т ВВ;
2. На расстоянии 1600 м от хранилища могут находиться люди, в 50 м от хранилища находится здание;
3. Определить разрушится ли здание до средней степени разрушения; пострадают ли при взрыве люди.

Б. Решение:

1. Из табл. 1.9 определяем безопасные расстояния от хранилища ВВ для людей:

$$R_{\text{без}} = 1000 \text{ м}$$

2. По формуле 1.8 вычисляем расстояние, на котором могут возникнуть различные степени разрушения сооружений (коэффициент К берем из табл. 1.8):

$$R = 9,6 \cdot 1500^{1/3} \cdot \left[1 + (3180/1500)^2 \right]^{-1/6}$$

С – равно 15 т (1500 кг)

К – равен 9,6

$$R = 82,7 \text{ м}$$

3. Сравнивая $R_{\text{без}}$ из пункта 1 и данные задания определяем:

т.к. 1600 м больше 1000 м.

Люди находятся в безопасности.

4. Сравнивая R из пункта 2 и данные задания определяем:

т.к. 82,7 больше 50

Здание разрушится до средней степени разрушения

Ответ представляется в виде:

Люди находящиеся на расстоянии 1600 м – не пострадают

Здание находящиеся в 50 м от хранилища разрушится до средней степени разрушения.

1.2. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЛЕСОПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ В ПОЖАРНОМ РАЙОНЕ (ПР³)

Согласно Лесному кодексу Российской Федерации все леса России подлежат охране. Основными задачами охраны лесов от пожаров являются: предупреждение лесных пожаров, их обнаружение, ограничение распространения и тушение. Организация разработки и выполнения мероприятий по охране лесов обеспечивается Правительством Российской Федерации, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, федеральным органом управления лесным хозяйством и его территориальными органами. Практическое осуществление мероприятий по предупреждению, обнаружению и тушению пожаров в лесах возложено на лесхозы и государственную лесную охрану.

В состав государственной лесной охраны входят: лесники, егеря, мастера леса, лесничие и их помощники, главные лесничие, специалисты лесных отделов и руководители лесхозов, другие должностные лица.

Основными компонентами существующей системы охраны лесов России, обеспечивающими реализацию мероприятий по профилактике, обнаружению и тушению лесных пожаров, являются: специализированная служба авиационной охраны лесов (авиалесоохрана), лесопожарные подразделения, персонал и технические средства лесхозов (наземная лесная охрана); персонал и технические средства других предприятий и организаций, привлекаемые для борьбы с

³ ПР – пожарный район

огнем в условиях высокой и чрезвычайной горимости лесов [5].

В качестве показателей лесопожарной обстановки в лесном массиве в ПР или за пределами его, в районе, сопредельном с ПР, используются площадь пожара $S_{п}$ на время развития пожара τ_p и его периметр $L_{п}$ (время τ_p – время от возникновения пожара до времени начала работ по его локализации и ликвидации). Эти показатели зависят от характеристик лесного массива, температуры, влажности. Влияние этих факторов учитывается лесопожарным коэффициентом η . Статистические данные значений η по регионам страны и месяцам пожароопасного периода приведены в табл. 1.10 [2].

Таблица № 1.10

Значения лесопожарного коэффициента для
экономических районов.

Экономический район	Месяц					
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Ав-густ	Сентябрь
Северный	0,2	0,45	0,65	0,55	0,55	0,45
Северо-западный	0,2	0,45	0,65	0,65	0,65	0,45
Центральный	0,2	0,6	0,45	0,7	0,7	0,45
Волго-вятский	0,2	0,5	0,5	0,75	0,75	0,5
Центрально-черноземный	0,45	0,55	0,7	0,7	0,7	0,55
Поволжский	0,45	0,65	0,6	0,6	0,6	0,45
Северо-кавказский	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,55
Уральский	0,7	0,6	0,6	0,6	0,45	0,45
Западно-сибирский	0,45	0,65	0,65	0,65	0,45	0,45
Восточно-сибирский	0,5	0,65	0,65	0,65	0,5	0,5
Дальневосточный	0,5	0,5	0,65	0,65	0,65	0,65
Юго-западный	0,45	0,45	0,7	0,7	0,7	0,55
Южный	0,4	0,4	0,65	0,65	0,65	0,5

Экономический район	Месяц					
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Белоруссия	0,4	0,45	0,7	0,7	0,7	0,45

На основе проведения расчетов по математическим моделям динамики развития лесных пожаров и обработки статистических данных массовых пожаров получены номограммы для определения $S_{п}$ и $L_{п}$, приведены на рис. 1.1 и рис 1.2.

С использованием данных табл. 1.10 и номограмм 1.1 и 1.2 для конкретного ПР может быть составлена таблица для оценки лесопожарной обстановки (табл. 1.11 пример для Поволжья).

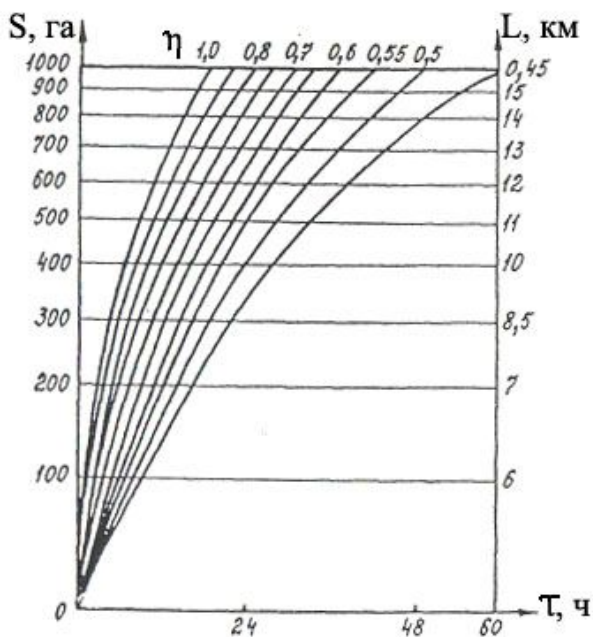


Рис. 1.1. Номограмма оценки лесных пожаров.

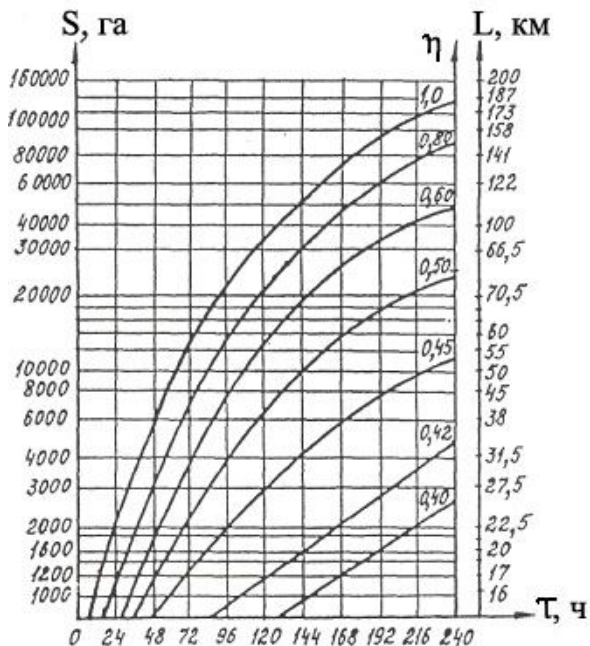


Рис. 1.2. Номограмма оценки лесных пожаров.

Таблица № 1.11

Характеристики лесопожарной обстановки в ПР.

τ_p	Месяц					
	Апрель $\eta = 0,45$		Май $\eta = 0,65$		Июнь $\eta = 0,6$	
	$S_{п.}$, га	$L_{п.}$, км	$S_{п.}$, га	$L_{п.}$, км	$S_{п.}$, га	$L_{п.}$, км
4 ч	40,0	5,5	100,0	6,0	80,0	5,8
8 ч	100,0	6,0	220,0	7,3	200,0	7,0
12 ч	150,0	6,5	350,0	9,5	300,0	8,5
16 ч	190,0	7,0	500,0	11,0	400,0	10,0
20 ч	270,0	8,0	600,0	12,0	500,0	11,0
24 ч	350,0	9,0	700,0	13,0	600,0	12,0
1,5 сут	600,0	12,0	1400,0	18,0	1200,0	17,0
2 сут	800,0	14,0	2200,0	24,0	2000,0	22,5
3 сут	1500,0	19,0	5000,0	35,0	4000,0	32,0

τ_p	Месяц					
	Апрель $\eta = 0,45$		Май $\eta = 0,65$		Июнь $\eta = 0,6$	
	$S_{п, га}$	$L_{п, км}$	$S_{п, га}$	$L_{п, км}$	$S_{п, га}$	$L_{п, км}$
4 сут	2200,0	22,0	9000,0	48,0	7800,0	44,0
5 сут	3000,0	28,0	15000,0	62,0	12000,0	50,0
6 сут	4200,0	33,0	22000,0	75,0	18000,0	67,0
7 сут	6000,0	38,0	29000,0	85,0	26000,0	78,0
8 сут	8000,0	45,0	40000,0	100,0	32000,0	90,0
9 сут	10000,0	50,0	50000,0	111,0	42000,0	102,0
10 сут	12000,0	55,0	60000,0	122,0	52000,0	111,0

Продолжение таблицы № 1.11
Характеристики лесопожарной обстановки в ПР.

τ_p	Месяц					
	Июль $\eta = 0,6$		Август $\eta = 0,6$		Сентябрь $\eta = 0,45$	
	$S_{п, га}$	$L_{п, км}$	$S_{п, га}$	$L_{п, км}$	$S_{п, га}$	$L_{п, км}$
4 ч	80,0	5,8	80,0	5,8	40,0	5,5
8 ч	200,0	7,0	200,0	7,0	100,0	6,0
12 ч	300,0	8,5	300,0	8,5	150,0	6,5
16 ч	400,0	10,0	400,0	10,0	190,0	7,0
20 ч	500,0	11,0	500,0	11,0	270,0	8,0
24 ч	600,0	12,0	600,0	12,0	350,0	9,0
1,5 сут	1200,0	17,0	1200,0	17,0	600,0	12,0
2 сут	2000,0	22,5	2000,0	22,5	800,0	14,0
3 сут	4000,0	32,0	4000,0	32,0	1500,0	19,0
4 сут	7800,0	44,0	7800,0	44,0	2200,0	22,0
5 сут	12000,0	50,0	12000,0	50,0	3000,0	28,0
6 сут	18000,0	67,0	18000,0	67,0	4200,0	33,0
7 сут	26000,0	78,0	26000,0	78,0	6000,0	38,0
8 сут	32000,0	90,0	32000,0	90,0	8000,0	45,0
9 сут	42000,0	102,0	42000,0	102,0	10000,0	50,0
10 сут	52000,0	111,0	52000,0	111,0	12000,0	55,0

Методика оценки

А. Исходные данные:

1. Регион расположение ПР (определяется по карте);
2. Месяц возникновения пожара;
3. Время прибытия ликвидации пожара, τ_p .

Б. Решение:

1. Для месяца возникновения и развития пожара по заданному τ_p по табл. 1.11 определяют параметры пожара S_n и L_n .

Пример

А. Исходные данные:

1. ПР расположен в Поволжье;
2. Пожар возник в апреле;
3. Отряд ЛП⁴ прибывает через сутки после возникновения пожара.

Б. Решение:

1. По табл. 1.11 определяем: К моменту прибытия отряд ЛП площадь пожара равна 350 га, периметр 9 км.

⁴ отряд ЛП – отряд по ликвидации пожара.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИИ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ

Теоретические основы методики

Одними из наиболее тяжелых в ликвидации, и по последствиям аварии происходят на химически опасных объектах. Аварийные ситуации на таких объектах возможны как из-за отказа оборудования, так и из-за ошибок персонала и воздействий природного характера [3].

Изменение концентрации АХОВ при удалении от места аварии описывается формулой [2]:

$$C = C_0 \cdot e^{-Kx/u}, \quad (1.9)$$

где: C – концентрация на объекте оценки, мг/л;
 C_0 – концентрация в центре района аварии, мг/л;
 K – коэффициент, характеризующий скорость спада концентрации с расстоянием от района аварии, 1/с;
 x – удаление объекта оценки от района аварии, м;
 u – средняя скорость приземного ветра за время распространения облака АХОВ, м/с.

При оценочных расчетах рекомендуется принимать радиус района аварии $R_A = 0,5$ км при низкокипящих АХОВ с емкостью до 100 т и $R_A = 1$ км при больших емкостях; для высококипящих АХОВ $R_A = 0,25$ км с емкостью до 100 т и $R_A = 0,5$ км.

Концентрация паров АХОВ в центре района аварии C_0 и на его границе C_{RA} определяется по формуле:

$$C_0 = \frac{P_{\Gamma} \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t_{\text{кип}})}, \text{ г/л} \quad (1.10)$$

$$C_{R_A} = \frac{P_{\Gamma} \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + t_{\text{воз}})}, \text{ г/л} \quad (1.11)$$

где: P_{Γ} - масса грамм-моля АХОВ, г;
 $t_{\text{кип}}$ - температура кипения АХОВ, С;
 $t_{\text{воз}}$ - температура воздуха, С.

При аварии на объекте с емкостью АХОВ в процессе испарения из разрушенной (поврежденной) емкости распространяется первичное облако зараженного воздуха, а при испарении пролитого на поверхность земли АХОВ распространяется вторичное облако. В литературе обычно приводятся значения глубин распространения первичного и вторичного облака (Γ_1 и Γ_2), в пределах которых возможно поражение людей. В качестве критерия поражения принята токсическая доза (пороговая), вызывающая поражение 50% людей, попавших в эти зоны поражения: PC_{50} г·с/м³.

Коэффициенты скорости спада концентрации в пределах зоны первичного и вторичного облака i -го АХОВ определяются по формулам:

$$K_{\Gamma_{1i}} = -\frac{u}{\Gamma_{1i}} \cdot \ln \frac{C_{\Gamma_{1i}}}{C_{R_{Ai}}}, \text{ 1/с} \quad (1.12)$$

$$K_{\Gamma_{2i}} = -\frac{u}{\Gamma_{2i}} \cdot \ln \frac{C_{\Gamma_{2i}}}{C_{R_{Ai}}}, \text{ 1/с} \quad (1.13)$$

где: Γ_{1i} и Γ_{2i} - глубины распространения первичного и вторичного облака, м;

$C_{Г1i}$ и $C_{Г2i}$ - концентрации АХОВ на расстояниях $Г_1$ и $Г_2$, г/л.

Концентрация $C_{Г1} = C_{Г2}$ и определяется по формуле:

$$C_{Г1} = C_{Г2} = 10^{-3} / 3600 \cdot P \cdot C_{\tau 50}, \quad (1.14)$$

В силу монотонности кривой спада концентрации АХОВ с расстоянием можно принять, что и за пределами глубин $Г_{1i}$ и $Г_{2i}$ значение коэффициентов $K_{Г1i}$ и $K_{Г2i}$ будут сохраняться.

Приняв в качестве критерия значения концентраций, определяющих чрезвычайную ситуацию при аварии объекта с АХОВ, т.е., которые вызывают опасное состояние, можно получить обобщенные приближенные данные, приведены в табл. 1.12:

Таблица № 1.12

Концентрация АХОВ в воздухе, вызывающие ЧС, мг/м³

Показатель ЧС	Виды АХОВ				
	Хлор	Фос-ген	Цианистый водород	Окислы азота	Гидразин
Класс опасности	II	II	II	II	II
Опасные концентрации	0,3	0,3	0,15	0,255	-
ПДК _{м.р.} , мг/м ³	0,1	0,1	0,05	0,085	-
$S_0 = C_{чс} / ПДК$	3	3	3	3	3
Показатель ЧС	Виды АХОВ				
	Сероуглерод	Окись этилена	Сернистый ангидрид	Окись углерода	Аммиак
Класс опасности	II	III	III	IV	IV
Опасные концентрации	0,1	1,2	0,2	5	1,0
ПДК _{м.р.} , мг/м ³	0,03	0,3	0,05	1	0,2

$S_0 = C_{чс} / ПДК$	3	4	4	5	5
----------------------	---	---	---	---	---

В табл. 2.12 приведены предельно допустимые максимально разовые концентрации (до 30 мин) ПДК_{м.р.} в силу кратковременной экспозиции вредного воздействия АХОВ; $C_{чс}$ – концентрации, вызывающие чрезвычайные ситуации при аварии на объектах АХОВ.

Из формулы 1.9 получим зависимости для расчета расстояний, км, до которых концентрации в первичном и вторичном облаке i -го АХОВ будут превышать значения, соответствующие чрезвычайной ситуации:

$$X_{чс1i} = \frac{u \cdot \ln \cdot (C_{R_{Ai}} / S_{oi} \cdot ПДК_{м.р.i})}{10^3 \cdot K_{\Gamma 1i}}, \quad (1.15)$$

$$X_{чс2i} = \frac{u \cdot \ln \cdot (C_{R_{Ai}} / S_{oi} \cdot ПДК_{м.р.i})}{10^3 \cdot K_{\Gamma 2i}}, \quad (1.16)$$

В табл. 1.13 и 1.14 приведены значения $X_{чс1}$ и $X_{чс2}$ рассчитаны по формулам 1.15 и 1.16 для следующих условий:

- среднесуточная температура воздуха 20 и 30 С⁰;
- местность ровная, без растительности.

Заданы значения объема емкостей Q_T . Для реальных топографических, метеорологических условий и заданных емкостей Q_3 необходимо ввести поправки. Тогда для реальных условий значения расстояний, на которых могут возникнуть ЧС при аварии на объектах с АХОВ, определяются по формулам:

$$X_{чс1i} = X_{xclimma} \cdot K_{t1} \cdot K_k \cdot K_M, \text{ км} \quad (1.17)$$

$$X_{чс2i} = X_{хс2имма} \cdot K_{t2} \cdot K_k \cdot K_M, \text{ км} \quad (1.18)$$

Таблица № 1.13

Глубины распространения АХОВ в первичном облаке (для равнинной местности и стандартных температур воздуха), на которых концентрации превышают опасные, км.

Общее количество АХОВ Q _т , т	Конвекция		Изотермия			Инверсия ⁵	
	Скорость ветра, м/с						
	1	2	1	2	3	1	2
	Хлор						
1	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	2,7	1,8
10	1,50	0,85	3,9	2,6	1,9	11,2	7,2
100	3,7	2,5	12,2	8,2	6,6	38,2	25,3
500	7,0	5,1	32,0	21,6	18,0	46,0	30
1000 ⁶	4,3	3,1	15,0	10,0	7,9	До 75	До 75
	Фосген						
1	0,56	0,56	0,66	0,56	0,56	2,1	1,3
10	1,3	0,56	1,9	1,2	0,94	4,7	2,8
100	4,3	3,1	7,7	5,2	4,1	19,7	1,3
	Аммиак						
50	1,2	0,85	2,6	1,8	1,3	6,2	5,3
100	1,4	0,96	3,8	2,5	2,1	10,8	7,2
500	2,2	1,6	9,6	6,4	5,1	30	19,7
10000 ⁶	4,9	3,7	16,5	11,2	8,8	55,3	35,7
30000 ⁶	8,5	6,1	32,0	21,6	16,9	100,4	73,7
	Цианистый водород						
1	0,56	0,54	0,94	0,74	0,66	0,85	0,56
10	0,66	0,56	1,1	0,85	0,75	2,1	1,5
50	0,70	0,6	1,18	0,91	0,8	2,24	1,61
100	0,80	0,68	1,34	1,03	0,9	2,52	1,81
	Окись этилена						
10	0,56	0,47	0,65	0,56	0,47	0,65	0,56
50	0,65	0,56	0,93	0,84	0,65	1,0	0,65

⁵ - инверсия сохраняется в течение времени распространения АХОВ

⁶ - хранение в жидком состоянии

Общее количество АХОВ Q _г , т	Конвекция		Изотермия			Инверсия ⁵	
	Скорость ветра, м/с						
	1	2	1	2	3	1	2
100	1,00	0,86	1,42	1,28	1,00	1,54	1,00
	Окись углерода ⁷						
10	0,64	0,7	1,2	0,91	0,7	3,3	2,1
	Сернистый ангидрид						
25	0,93	0,73	0,93	0,73	0,71	0,73	1,1
50	0,93	0,7	1,2	0,82	0,73	3,0	1,9
100	1,4	1,02	3,7	2,8	2,2	11	7,4
	Окислы азота						
10	1,2	0,85	3,6	2,3	7,88	10,3	6,6
50	2,2	1,6	7,8	5,2	4,2	26	16,8
100	3,0	2,2	11,6	7,8	6,2	39,5	26,0
	Сероуглерод, гидразин						
1-100	Менее 0,2	0,4	0,68	0,57	0,4	1,0	0,66

Таблица № 1.14

Глубины распространения АХОВ во вторичном облаке (для равнинной местности и стандартных температур воздуха), на которых концентрации превышают опасные, км.

Общее количество АХОВ Q _г , т	Конвекция	Изотермия	Инверсия
	Хлор		
1 ⁸	0,47	0,56	0,75
10 ⁸	0,47	1,1	1,6
100	0,75	1,7	2,8
500	1,0	3,7	6,4
1000 ⁹	1,7	6,4	12
	Аммиак		
До 50	0,91	1,09	1,6

⁷ - выбросы промышленных установок

⁸ - вылив АХОВ на поверхность земли

⁹ - хранение в жидком состоянии

Общее количество АХОВ $Q_{г, т}$	Конвекция	Изотермия	Инверсия
100	0,55	0,73	0,91
500	0,91	1,09	1,8
10000 ⁹	1,3	5,1	6,4
30000 ⁹	1,4	7,5	10
Цианистый водород			
1 ⁸	0,47	0,56	0,85
10 ⁸	0,56	0,85	1,03
50 ⁸	0,75	1,7	2,5
100	0,85	1,2	1,8
Окись этилена			
До 50	0,4	0,56	1,1
100	1,1	1,3	2,8
Фосген			
1 ⁸	0,56	0,66	0,75
10 ⁸	0,66	1,8	2,6
100	0,85	2,6	4,7
Сернистый ангидрид			
10 ⁹	0,4	0,56	0,75
50 ⁸	0,56	0,75	1,1
100	0,65	0,83	1,5
Окислы азота			
10 ⁸	0,66	1,8	2,8
50 ⁸	1,1	4,5	7,3
100	0,85	3,1	5,6
Сероуглерод, гидразин			
Менее 0,47			0,56

где: $X_{ч1таб}$ и $X_{ч2таб}$ – табличные значения расстояний, определяемые из табл. 1.13 и 1.14;

K_{t1} и K_{t2} - коэффициенты, учитывающие отличия реальной температуры воздуха от принятых табличных;

K_k - коэффициент, учитывающий отличие реальных емкостей АХОВ от ближайших табличных:

K_M - коэффициент, учитывающий влияние местности.

Необходимые для оценки обстановки при ЧС в районе аварии концентрации C_{oi} и C_{RA} , рассчитанные по формулам 1.10 и 1.11 приведены в табл. 1.15. Время испарения АХОВ в районе аварии приведены в табл. 1.16.

Таблица № 1.15

Значения концентраций АХОВ в районе аварии, г/л.

Вид АХОВ	Параметр	Температура воздуха, С				
		-40	-30	-20	-10	0
Хлор	C_0	3,62	3,62	3,62	3,62	3,62
	C_{RA}	3,69	3,55	3,4	3,29	3,15
Фосген	C_0	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29
	C_{RA}	5,15	4,97	4,72	4,59	4,42
Аммиак	C_0	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	C_{RA}	0,89	0,85	0,82	0,79	0,76
Цианистый водород	C_0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	C_{RA}	1,41	1,35	1,3	1,24	1,2
Окись этилена	C_0	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89
	C_{RA}	2,27	2,21	2,12	2,04	1,96
Окись углерода	C_0	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19
	C_{RA}	1,47	1,58	1,34	1,3	1,25
Сернистый ангидрид	C_0	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96
	C_{RA}	3,34	3,26	3,08	2,96	2,84
Окислы азота	C_0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
	C_{RA}	2,15	2,09	1,98	1,9	1,82
Гидразин	C_0	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
	C_{RA}	1,07	1,12	1,15	1,48	1,41
Сероуглерод	C_0	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	C_{RA}	3,97	3,81	3,65	3,52	3,39

Продолжение таблицы № 1.15

Значения концентраций АХОВ в районе аварии, г/л.

Вид АХОВ	Параметр	Температура воздуха, С			
		10	20	30	40
Хлор	C ₀	3,62	3,62	3,62	3,62
	C _{RA}	3,04	2,93	286	2,75
Фосген	C ₀	4,29	4,29	4,29	4,29
	C _{RA}	4,25	4,12	3,99	3,86
Аммиак	C ₀	0,87	0,87	0,87	0,87
	C _{RA}	0,73	0,7	0,69	0,66
Цианистый водород	C ₀	1,1	1,1	1,1	1,1
	C _{RA}	1,15	1,1	1,08	1,04
Окись этилена	C ₀	1,89	1,89	1,89	1,89
	C _{RA}	1,89	1,83	1,78	1,72
Окись углерода	C ₀	4,19	4,19	4,19	4,19
	C _{RA}	1,21	1,17	1,15	1,1
Сернистый ангидрид	C ₀	2,96	2,96	2,96	2,96
	C _{RA}	2,75	2,63	2,57	2,5
Оксиды азота	C ₀	1,9	1,9	1,9	1,9
	C _{RA}	1,77	1,69	1,65	1,6
Гидразин	C ₀	1,01	1,01	1,01	1,01
	C _{RA}	1,37	1,33	1,28	1,24
Сероуглерод	C ₀	3,2	3,2	3,2	3,2
	C _{RA}	3,26	3,14	3,04	2,94

Таблица № 1.16

Время испарения АХОВ из разрушенного хранилища
при скорости ветра 1м/с, суг.

Емкость АХОВ, Q _т , т	Температура воздуха, с								
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
	Хлор								
100	8,6	7,3	6,3	5,3	4,7	4,1	3,4	3,1	2,6
500	12,3	10,5	8,9	7,7	6,8	5,8	5,1	4,5	3,7
	Фосген								
100	13,6	11	8,1	6,6	5,2	4,4	3,4	2,9	2,3
	Аммиак								

Емкость АХОВ, Q _г , т	Температура воздуха, с									
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	
100	18,3	15,4	12,6	11,4	9,3	7,6	6,3	5,5	4,7	
500	27,0	23,2	18,6	15,9	13,1	11,3	9,4	8,3	7,0	
	Цианистый водород									
100	Более месяца			26,1	20,3	16,7	13,2	10,9	9,0	
	Окись этилена									
100	25	20	15,1	12,2	9,4	7,6	6,0	4,9	4,1	
	Сернистый ангидрид									
100	17,5	14,4	11,3	9,6	7,8	6,5	5,3	4,5	3,7	
	Окислы азота									
100	Более месяца				26	21	15,7	14,3	11	
	Гидразин									
100	Более месяца						21	15	9	
	Сероуглерод									
100	Более месяца				22,4	17,8	14,6	10,5	8,2	

П Р И М Е Ч А Н И Е: При увеличении скорости ветра значения из табл. 1.16 необходимо умножить на коэффициенты: $u = 2 \text{ м/с} - 0,70$; $u = 3 \text{ м/с} - 0,55$; $u = 5 \text{ м/с} - 0,37$; $u = 7 \text{ м/с} - 0,28$; $u = 10 \text{ м/с} - 0,23$.

Методика оценки

А. Исходные данные:

1. Вид АХОВ, его количество, способ хранения.
2. Метеорологические условия (температура приземного воздуха, скорость приземного воздуха, степени вертикальной устойчивости воздуха).
3. Топографические условия (вид рельефа, вид растительного покрова).
4. Положение объекта оценки относительно района аварии.

Б. Последовательность решения задачи:

1. В зависимости от вида АХОВ и его количества определяют размеры заражения в районе аварии в соответствии с рекомендациями приведенными в 1.3.
2. Определяют характеристики заражения в районе аварии: концентрации паров АХОВ в центре и на границе зоны заражения; продолжительность опасного заражения в зоне, равную длительности испарения АХОВ. Значения C_0 и $C_{РА}$ определяют по табл. 1.15, а длительность испарения по табл. 2.16. Если емкость АХОВ отличается от значений приведенных в табл. 2.16, то необходимо ввести поправку на величину K_K , значения которой приведены в табл. 1.17, где Q_3 – заданная емкость, Q_T – ближайшая табличная.

Таблица № 1.17

Коэффициент пропорциональности K_K

Вертикальная устойчивость воздуха	Q_3/Q_T								
	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2	4	5	8
Конвекция	0,5	0,6	0,8	0,9	1	1,4	1,9	2,4	2,7
Изотермия	0,4	0,6	0,8	0,9	1	1,5	2,2	2,8	3,3
Инверсия	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1,6	2,6	3,4	4

3. Определяют значения расстояний от района аварии, на которых могут возникнуть чрезвычайные ситуации в зонах распространения первичного и вторичного облака по формулам 1.17 и 1.18. Табличные значения этих расстояний определяют из табл. 1.13 и 1.14. Поправочные коэффициенты K_k , K_{t1} , K_{t2} , K_M определяют из табл. 1.17 – 1.20

Таблица № 1.18

Поправочные коэффициенты K_{t1} для первичного облака

СДЯВ	Температура воздуха, С								
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
Хлор, аммиак (сжатые)	0	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
Хлор, аммиак (жидкие)	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,3
Фосген	0	0	0	0	0	0,3	1	1,4	1,8
Цианистый водород	0	0	0	0	0	0	0	1	2,2
Окись этилена	0	0	0	0	0	0	0,5	0,7	1
Окись углерода	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Сернистый ангидрид	0	0	0	0	0,6	0,8	1	1,2	1,4
Окислы азота	0	0	0	0	0	0	0	1	1,5

Таблица № 1.19

Поправочные коэффициенты K_{t2} для вторичного облака

АХОВ	Температура воздуха, С								
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
Хлор,	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2

АХОВ	Температура воздуха, С								
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
аммиак (сжатые)									
Хлор, аммиак (жидкие)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,3
Фосген	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,2	1,3
Цианистый водород	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,1
Окись этилена	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1
Сернистый ангидрид	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
Окислы азота	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,3	1,6
Сероуглерод	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,7	1	1,5	2

Таблица № 1.20

Коэффициент влияния местности К, м

Доля леса	Вертикальная устойчивость воздуха		
	Конвекция	Изометрия	Инверсия
0	<u>I. Растительность отсутствует или покрыта снегом</u>		
	1. Рельеф плоский		
	1	1	1
	2. Рельеф равнинно-холмистый		
	0,7	0,6	0,5
	3. Рельеф овражно-балочный		
	0,6	0,5	0,4
	4. Рельеф холмистый		
	0,4	0,3	0,25
	0	<u>II. Степная или кустарниковая растительность</u>	
1. Рельеф плоский			
1/1		0,9/0,95	0,85/0,9
2. Рельеф равнинно-холмистый			
0,7/0,75		0,6/0,65	0,5/0,55
3. Рельеф овражно-балочный			
0,65/0,7		0,5/0,55	0,4/0,45
4. Рельеф холмистый			

Доля леса	Вертикальная устойчивость воздуха		
	Конвекция	Изомергия	Инверсия
	0,4/0,45	0,3/0,35	0,2/0,25
	<u>III. Леса, рощи, сады</u>		
	1. Рельеф плоский		
0,1	0,95/1	0,9/0,95	0,75/0,8
0,3	0,9/0,95	0,8/0,85	0,65/0,7
0,5	0,65/0,7	0,55/0,6	0,42/0,5
0,7	0,52/0,6	0,32/0,4	0,25/0,3
1,0	0,4/0,45	0,2/0,25	0,15/0,2
	2. Рельеф равнинно-холмистый		
0,1	0,68/0,75	0,6/0,65	0,5/0,55
0,3	0,55/0,6	0,38/0,45	0,3/0,35
0,5	0,42/0,5	0,33/0,4	0,2/0,25
0,7	0,38/0,45	0,28/0,35	0,15/0,2
1,0	0,3/0,35	0,2/0,25	0,1/0,15
	3. Рельеф овражно-балочный		
0,1	0,6/0,65	0,42/0,5	0,32/0,4
0,3	0,52/0,6	0,38/0,45	0,27/0,35
0,5	0,42/0,5	0,3/0,35	0,2/0,25
0,7	0,38/0,45	0,25/0,3	0,17/0,25
1,0	0,3/0,35	0,25/0,25	0,15/0,2
	4. Рельеф холмистый		
0,1	0,42/0,5	0,32/0,4	0,22/0,3
0,3	0,38/0,45	0,27/0,35	0,15/0,2
0,5	0,32/0,4	0,23/0,3	0,1/0,15
0,7	0,3/0,35	0,2/0,25	0,07/0,12
1,0	0,25/0,3	0,15/0,2	0,05/0,1

П Р И М Е Ч А Н И Е: В лестной местности: в числителе – летом, в знаменателе – зимой.

4. Определяют возможность попадания объектов оценки в зоны заражения с опасными концентрациями $C_i > C_{чci}$.

При заблаговременной оценке учитывают возможность распространения облака зараженного воздуха в любом направлении. Поэтому возможности попадания объекта в зоны заражения первичного и вторичного облака сводятся к сравнению расстояния

объекта от возможного района аварии X с определенными в п. 3 значениями $X_{чc1i}$ и $X_{чc2i}$.

При обстановки после аварии действуют по следующей последовательности:

А) из табл. 1.21 определяют углы относительного направления приземного ветра, которые равны половине угла сектора, в пределах которого возможно рассмотрение первичного и вторичного облака;

Таблица № 1.21

Значение угла φ при различной достоверности P_d , град.

Параметр	Вертикальная устойчивость воздуха	P_d		
		0,5	0,75	0,9
Первичное облако	Инверсия	9,0	15,0	20,0
	Изометрия	12,0	20,0	25,0
	Конвекция	15,0	25,0	30,0
Вторичное облако		30,0	50,0	70,0

Б) Наносят секторы первичного и вторичного облака на схему, как показано на рис 1.3

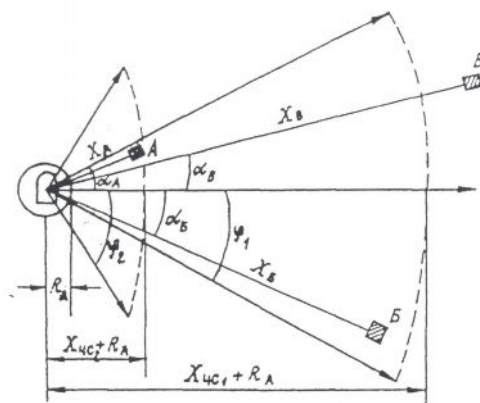


Рис. 1.3. Схема зон опасного заражения.

- В) Наносят на схему границы $X_{чс1i}$ и $X_{чс2i}$;
 Г) По схеме определяют в какие зоны попадают объекты оценки и делают вывод об опасности возникновения ЧС.
 5. Определяют продолжительность опасного заражения на объектах, попадающих в зоны ЧС при распространении облака.

При этом руководствуются правилами:

- 1) продолжительность опасного заражения в зоне распространения первичного облака составляет 40 – 60 мин;
- 2) продолжительность опасного заражения в зоне распространения вторичного облака определяется по табл. 1.22.

Таблица № 1.22

Продолжительность ЧС в зоне распространения вторичного облака, $u = 1$ м/с, сутки

Вид СДЯВ	$Q_{г,т}$	$X_{чс2}$, км	X, в долях $X_{чс2}$	Температура воздуха, С				
				-40	-30	-20	-10	0
Хлор	500	4,9	0,25	8,0	7,0	6,0	5,0	4,5
			0,5	5,5	4,5	4,0	3,5	3,0
			0,75	3,5	2,5	2,0	1,75	1,5
			0,9	1,0	0,9	0,8	0,7	0,65

Продолжение таблицы № 1.22

Продолжительность ЧС в зоне распространения вторичного облака, $u = 1$ м/с, сутки

Вид СДЯВ	$Q_{г,т}$	$X_{чс2}$, км	X, в долях $X_{чс2}$	Температура воздуха, С			
				10	20	30	40
Хлор	500	4,9	0,25	3,5	3,0	2,5	2,0
			0,5	2,5	2,0	1,75	1,5
			0,75	1,35	1,2	1,1	1,0
			0,9	0,6	0,55	0,5	0,5

П Р И М Е Ч А Н И Е: Для скоростей ветра отличающихся от 1 м/с вводятся поправки из примечания к табл. 1.6

Пример

А. Исходные данные:

1. Хранилище с хлором. Способ хранения – под высоким давлением в резервуарах с емкостью по 400 т в каждом.
2. Метеорологические условия на заданное время: температура воздуха 20 С, скорость ветра 1 м/с, инверсия.
3. Топографические условия: местность степная, рельеф плоский.
4. Необходимо оценить обстановку при аварии из резервуаров. Объекты оценки: А – удален от хранилища $X_A = 4,5$ км, угол между средним направлением ветра и направлением на объект А: $\alpha_A = 18^0$; объект Б, $X_B = 30$ км, $\alpha_B = 15^0$; объект В, $X_B = 40$ км, $\alpha_B = 10^0$.

Б. Решение:

1. Хлор – низкокипящее АХОВ (температура кипения 34,6 С и $Q_3 > 100$ т), то радиус зоны заражения в районе аварии $R_A = 1$ км.
2. Из табл. 1.15 для температуры воздуха 20 С определяем характеристики заражения в районе аварии: $C_0 = 3,62$ г/л, $C_{РА} = 2,93$ г/л. Длительность заражения определяем из табл. 1.16. Так как $Q_3 = 400$ т, а ближайшее табличное значение равно $Q_T = 500$, то необходимо учесть поправку K_K из табл. 1.17:

$$Q_3 / Q_T = 400 / 500 = 0,8 \text{ следовательно } K_K = 0,9,$$

Тогда длительность заражения равна:

$$\tau = 5.1 \cdot 0.9 = 4.6 \text{ сут.}$$

3. Определяем расстояния, на которых могут возникать ЧС при распространении первичного и вторичного облака для заданных условий. Из табл. 1.13 и 1.14 берем табличные значения:

$$X_{\text{чс1i}} = 46 \text{ км}; X_{\text{чс2i}} = 6,4 \text{ км}.$$

Из табл. 1.17 – 1.19 для заданных условий определяем поправочные коэффициенты:

$$K_{\text{к}} = 0,9; K_{\text{т1}} = 1; K_{\text{т2}} = 1; K_{\text{М}} = 0,85$$

Тогда:

$$X_{\text{чс1i}} = 46 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,85 = 35,2 \text{ км};$$

$$X_{\text{чс2i}} = 6,4 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,85 = 4,9 \text{ км}.$$

2. Определяем возможность попадания объектов А, Б, В в зоны ЧС от первичного и вторичного. Задаемся высокой достоверностью $P_{\text{д}} = 0,9$. Тогда из табл. 1.21 угол φ для первичного облака равен 20° , вторичного 70° . Схема расположения объектов относительно зон заражений приведена на рис. 2.4. Из схемы видно что объект А попадает в зоны ЧС от первичного и вторичного облака, объект Б – в зону ЧС первичного, а объект В не попадает в зоны ЧС. Такой же вывод можно сделать прямым сопоставлением значений удалений объектов X и глубин зон ЧС, а так же соответствующих углов $\alpha_{\text{А}}$, $\alpha_{\text{Б}}$, $\alpha_{\text{В}}$ с углами α без нанесения на схему.
3. Продолжительность ЧС на объекте Б составит 40 – 60 мин. Определяем продолжительность опасного заражения на объекте А, попадающего в зону вторичного облака. Из табл. 1.22 по значению температуры воздуха 20 С и значению удаления от района аварии в долях $X_{\text{чс2i}}$ равному 0,9, получаем: длительность ЧС на объекте А равна 0,55 сут. т.е. 13 часов.

Вывод; На объектах А и Б необходимо принять срочные меры по защите от ЧС первичного облака продолжительностью до 1 ч. На объекте А меры защиты должны соблюдаться до 13 ч. На объекте В – проводить химическую разведку (из-за близости границы ЧС от первичного облака). Опасное заражение в районе аварии составляет до 5 сут.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИИ НА РАДИАЦИОННО ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ

Аварии на предприятиях атомной энергетики могут сопровождаться выходом за защитные барьеры радиоактивных веществ, а в случае разрушений - выбросом в окружающую среду ядерного топлива, продуктов его распада (деления) и активированных материалов в твердом, жидком и газообразном состоянии. Ионизирующие излучения, испускаемые этими радиоактивными веществами, представляют серьезную угрозу для людей, животных и растений. Кроме того, высокие уровни радиоактивного заражения могут приводить к выходу из строя техники, особенно их электронных систем.

Аварии, происходящие на АЭС, - довольно частые события. Например, только в период с 1971 по 1989 г. в четырнадцати странах мира случилось 150 аварий. Однако в период развития атомной энергетики на АЭС произошло лишь четыре крупных аварии: в Англии, США, ФРГ и в СССР, причем последняя авария сопровождалась значительными выбросами радиоактивных веществ и эвакуацией населения [3].

Оценку необходимо проводить для двух аварийных ситуаций:

- аварийный выброс радиоактивных веществ (РВ), превышающий предельно допустимый по условиям чрезвычайной ситуации (ПДВ_{чс}), происходит по эксплуатационным причинам без разрушения реактора и устройства выброса (трубы АЭС);

- аварийный выброс РВ, превышающий ПДВ_{ЧС} происходит в результате разрушения реактора и устройства выброса.

В качестве параметра, используемого для оценки радиационной обстановки при аварии, может быть принято расстояние $X_{\text{ЧС}}$ от радиационного опасного объекта, на котором может возникнуть радиационная ЧС.

В основу обеспечения радиационной безопасности при выбросах РВ в условиях нормальной эксплуатации положено требование [2]:

$$\begin{aligned} \text{ПДВ}_{i1} &= 0,33 \cdot K_{\text{р.м.}} \cdot \text{ДК}_i \\ \text{ПДВ}_{i2} &= K_3 \cdot 8,68 \cdot 10^4 \cdot K_{\text{р.м.}} \cdot \text{ДК}_i, \end{aligned} \quad (1.19)$$

где

ПДВ_{i1} (Ки/с), и ПДВ_{i2} (Ки/сут) – секундные и среднесуточные предельно допустимые выбросы i -х радионуклидов:

$K_{\text{р.м.}}$ – минимальное среднегодовое значение коэффициента метеорологического разбавления, м³/с;

ДК_i – допустимая среднегодовая концентрация i -го радионуклида, Ки/м³;

K_3 – коэффициент запаса по ДК, равный 3.

Допустимые интегральные концентрации радионуклидов приведены для условий, что безопасная доза облучения равна 1 бэр/год для короткоживущих радионуклидов, а для долгоживущих, накапливаемых в критических органах (стронций, цезий, плутоний и др.), - 0,1 бэр/год. Суммарные ДК и ПДВ равны сумме значений для отдельных радионуклидов. Преобразуя 1.19 получаем, что значение допустимой среднесуточной максимальной концентрации для нормальной эксплуатации АЭС равно, Ки/м³:

$$\text{ДК}_H = \frac{\text{ПДВ}_H}{K_{\text{р.м.}}} = \frac{\text{ПДВ}_H}{8,68 \cdot t \cdot H^2 \cdot 10^4}, \quad (1.20)$$

где, m – коэффициент, зависящий от района дислокации АЭС;

H – высота трубы выброса, м.

При аварийном выбросе без разрушения АЭС интегральная средне-суточная концентрация радионуклидов на расстоянии X равна, Ки/м^3 :

$$C_A = \frac{Q_A}{8.68 \cdot m \cdot H^2 \cdot 10^4} \cdot S\left(\frac{X}{X_m}\right), \quad (1.21)$$

где,

Q_A – суточный аварийный выброс, превышающий ПДВ, Ки/сут ;

X_m – расстояние от АЭС, где возникает максимальная концентрация, м;

$$X_m = 8 \cdot H$$

$S(X/X_m)$ – функция спада концентрации с расстоянием от X_m , значения которой приведены в табл. 1.22

Таблица № 1.22

X/X_m	1	2	3	4	5	6	7	8
Газы	1	0,8	0,5	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1
Пыль	1	0,8	0,5	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1

Продолжение таблицы № 1.22

X/X_m	11	12	20	21
Газы	0,08	0,04	0,02	0,01
Пыль	0,09	0,06	0,03	0,015

Критерием чрезвычайной ситуации $C_{чс}$, Ки/м^3 , будет возникновение обстановки, при которой происходит превышение выброса РВ по сравнению с безопасным уровнем в S_0 раз. Используя 1.20, этот критерий можно записать в виде:

$$C_{\text{ЧС}} = \frac{S_0 \cdot \text{ПДВ}_H}{K_{p.m.}} = \frac{S_0 \cdot \text{ПДВ}_H}{8,68 \cdot m \cdot H^2 \cdot 10^4}, \quad (1.22)$$

Тогда условием возникновения ЧС при аварийном выбросе без разрушения АЭС примет вид:

$$C_A = C_{\text{ЧС}} \quad (1.23)$$

Отсюда из 1.21 и 1.22 получим:

$$Q_A \cdot S \cdot (X_{\text{ЧС}} / X_m) = S_0 \cdot \text{ПДВ}_H; \quad (1.24a)$$

$$S \cdot (X_{\text{ЧС}} / X_m) = S_0 \cdot \text{ПДВ} / Q_A. \quad (1.24б)$$

Из 1.24б с использованием табл. 1.22 при $X_m = 8 \cdot H$ можно определить значение расстояний от АЭС, $X_{\text{ЧС}}$, на которых может возникнуть ЧС при аварии без разрушения. Можно заблаговременно рассчитать $X_{\text{ЧС}}$ для типовых H и различных S_0 , устанавливаемых нормативными документами. Рассчитанные значения $X_{\text{ЧС}}$ приведены в табл. 1.23

Таблица № 1.23

Расстояния до аварийных АЭС без разрушения, на которых возникают ЧС, км.

H, м	X _m , км	Q _A / ПДВ _H · S ₀					
		1.5	2	3	5	10	15
30.0	0.24	0.6	0.7	1.1	1.4	1.9	2.5
50.0	0.40	1.0	1.2	1.7	2.4	3.2	4.2
100.0	0.80	2.0	2.4	3.7	4.8	6.4	8.4
150.0	1.20	2.2	3.6	4.5	5.8	7.7	10.5

Продолжение таблицы № 1.23

Расстояния до аварийных АЭС без разрушения, на которых возникают ЧС, км.

Н, м	X _м , км	Q _А / ПДВ _Н · S ₀					
		15	20	30	40	50	100
30.0	0.24	2.5	2.8	3.8	4.2	4.8	6.7
50.0	0.40	4.2	4.6	6.5	7.0	8.0	11.2
100.0	0.80	8.4	9.2	12.8	14.0	16.0	22.4
150.0	1.20	10.5	12	15.4	16.8	19.2	26.9

П Р И М Е Ч А Н И Е: Значение Н зависит от мощности АЭС.

При аварии на АЭС с ее разрушением источник выброса радионуклидов становится не высоким (низким) и выброс распространяется линейно, для которого коэффициент разбавления K_p , м²/с, и концентрация рассчитываются по формулам:

$$K_{p.cc} = \frac{0,14 \cdot u \cdot X}{\tau_{выб} / \tau_{сум} \cdot \alpha \cdot (P/P_0)}, \quad (1.25)$$

$$C_A = \frac{Q(t)}{l \cdot K_{p.cc}}, \quad (1.26)$$

Суммарный выброс радионуклидов будет зависеть от времени начала выбросов после разрушения реактора, а так же от мощности реактора.

Существует приближенная зависимость для расчета суммарного выброса, Ки:

$$Q(t) = 0.885 \cdot 10^4 \cdot P_p \cdot t^{-0,2}, \quad (1.25)$$

где,

t – время начала выброса после разрушения реактора, с;

P_p – мощность реактора, кВт.

Личный состав или население может подвергаться воздействию излучений выбрасываемых радионуклидов

не в течение всего времени их распада, а в течение времени τ . Значение τ может определяться временем после аварии до эвакуации из зоны заражения или временем экранировки источника выбросов. В этих условиях суммарный выброс следует принимать равным:

$$Q(t) - Q(\tau)$$

где, $Q(\tau)$ также рассчитывается по формуле 1.25 при $t = \tau$.

Тогда среднесуточная концентрация радионуклидов за время τ на расстоянии X будет равна, Ки/м^3 :

$$C_A = \frac{Q(t) - Q(\tau)}{l \cdot \tau \cdot K_{pr}} = \frac{Q(t) - Q(\tau)}{l \cdot \tau \cdot \frac{0.14 \cdot u \cdot X}{365} \alpha_{c.z.} \cdot (P/P_0)}, \quad (1.26)$$

где,

τ - время, сут;

l – приведенный линейный размер источника выброса, м.

Критерий и условие возникновения ЧС аналогичны 1.22 и 1.23. Тогда используя 1.22 и 1.26, можно записать условие возникновения ЧС:

$$\frac{S_0 \cdot ПДВ_H}{m \cdot H^2} = \frac{[Q(t) - Q(\tau)] \cdot \alpha_{c.z.} \cdot (P/P_0)}{365 \cdot 0.14 \cdot u \cdot l \cdot X_{чс}}, \quad (27)$$

Откуда удаление от разрушенной АЭС до места возникновения ЧС равно, м:

$$X_{чс} = \frac{[Q(t) - Q(\tau)] \cdot m \cdot H^2 \cdot \alpha_{c.z.} \cdot (P/P_0)}{S_0 \cdot ПДВ_H \cdot 365 \cdot 0.14 \cdot u \cdot l}, \quad \text{м} \quad (1.28)$$

В таблице 1.24 приведены рассчитанные по формуле 1.28 значения $X_{чс}$ в Центрально-Европейской зоне для условий: $(P/P_0) = 640$, $l = 5$ м, $\gamma = 5$ м/с, $P_p = 1$ ГВт, $S_0 = 1$. Для других значений этих параметров

необходимо ввести поправки на отношение реальных и табличных величин этих параметров с учетом их места в формуле 1.28.

Таблица № 1.24

Значения $X_{\text{чс}}$ при разрушении АЭС для исходных данных: запас по безопасности равен 1, $l = 5$ м, $u = 5$ м/с, $P/P_0 = 1$, $m = 640$, $P_p = 1$ ГВт, $S_0 = 1$ км.

H, м	t							
	1 ч				24 ч			
	τ, мес							
	3	4	5	12	3	4	5	12
30	39	39,5	40	42	15	15,3	16,2	17,4
50	108	109	111	155	41	42	45	48
100	430	434	443	462	164	169	180	193
150	972	976	997	1040	369	380	405	434

Продолжение таблицы № 1.24

Значения $X_{\text{чс}}$ при разрушении АЭС для исходных данных: запас по безопасности равен 1, $l = 5$ м, $u = 5$ м/с, $P/P_0 = 1$, $m = 640$, $P_p = 1$ ГВт, $S_0 = 1$ км.

H, м	t			
	7 сут			
	τ, мес			
	3	4	5	12
30	6,5	7,1	8	9,7
50	18	20	22	27
100	72	79	89	108
150	162	178	200	243

1.4.1. Методика оценки аварии без разрушения АЭС

А. Исходные данные:

1. Высота источника выброса РВ (трубы) H , м.
2. Удаление ближайших (или оцениваемых) объектов ПР от АЭС X , км.
3. Установленное нормативными документами S_0 .
4. Значение аварийного выброса без разрушения реактора $Q_\alpha / \text{ПДВ}$.

Б. Последовательность решения задачи:

1. Определяют значение $X_m = 8 \cdot H$.
2. Для заданного значения S_0 и $Q_\alpha / \text{ПДВ}_H$ из таблицы 1.23 определяют расстояние $X_{\text{ЧС}}$, ближе которого возникает ЧС по радиационной обстановке.
3. Сравнивают X и $X_{\text{ЧС}}$ и делают вывод:

- $X > X_{\text{ЧС}}$ объект не попадает в зону ЧС;

- $X < X_{\text{ЧС}}$ объект попадает в зону ЧС и

необходимо проведение комплекса мероприятий предупреждения и защиты.

Пример:

А. Исходные данные:

- на пункте управления соединения по линии региональной системы предупреждения получен сигнал об аварийной ситуации на АЭС с выбросами РВ, превышающим ПДВ_H, $Q_A / \text{ПДВ}_H = 20$;

- характеристики реактора на аварийном блоке: $P_p = 1 \text{ ГВт}$, $H = 100 \text{ м}$;

- удаление АЭС от ближайшего объекта ПР составляет $X = 10 \text{ км}$;

- нормативами установлено для ЧС $S_0 = 2$;

- поступила директива оценить возможность возникновения ЧС в Пр.

Б. Решение:

1. Определяем значение X_m :

$$X_m = 8 \cdot H = 8 \cdot 100 = 800 \text{ м};$$

2. Определяем значения $Q_A / \text{ПДВ}_H \cdot S_0 = 10$;

3. Для $X_m = 800$ м и заданного значения $S_0 = 2$ определяем значение $X_{\text{ЧС}}$ из табл. 1.23:

$$X_{\text{ЧС}} = 6,4 \text{ км};$$

4. Сравниваем X и $X_{\text{ЧС}}$:

$$X = 1,56 \cdot X_{\text{ЧС}}$$

ВЫВОД: ближайший объект ПР не попадает в зону ЧС при аварии на АЭС без разрушения, но необходимо введения радиационной разведки и контроль за изменением радиационной обстановки, т.к. выброс РВ превышает допустимый по критерию радиационной безопасности.

1.4.2. Методика оценки при аварии с разрушением АЭС

А. Исходные данные:

1. Район дислокации АЭС и ПР (значение (P/P_0) , m и среднее значение u за период τ);
2. Характеристика реактора (высота трубы H , количество и мощность реакторов P_p , прогнозируемый размер источника выброса после разрушения l);
3. прогнозируемое время начала выбросов после разрушения реактора t ;
4. Прогнозируемое время воздействия продуктов выбросов на контролируемый объект τ ;
5. Удаление от объекта АЭС X ;

6. Установление нормативными документами значения S_0 .

Б. Последовательность решения задачи:

1. По исходным данным t , τ , H , определяют из табл. 1.24, табличное значение $X_{\text{ЧС}}$ для табличных значений (P/P_0) , m , P_p , l , u , S_0 .
2. В табличное значение $X_{\text{ЧС}}$ вводят поправки равные отношениям заданных и табличных значений (P/P_0) , m , P_p , l , u , S_0 с учетом положения этих параметров в формуле 1.28 и определяют реальное $X_{\text{ЧС}}$.
3. Сравнивают X и $X_{\text{ЧС}}$ и делают вывод:
при $X > X_{\text{ЧС}}$ объект не попадает в зону ЧС;
при $X < X_{\text{ЧС}}$ объект попадает в зону ЧС и необходимо проведение комплекса мероприятий предупреждения и защиты.

Пример:

А. Исходные данные:

1. АЭС и ПР находятся в Центральном Европейском районе РФ ($P/P_0 = 2$, $u_{\text{ср}} = 7$ м/с, $m = 320$);
2. Характеристики аварийного реактора ($H = 100$ м; количество разрушенных реакторов – 1, $P_p = 1$ ГВт; прогнозируемое $l = 7$ м);
3. Прогнозируемое время начала выбросов $t = 1$ ч после аварии;
4. прогнозируемое время воздействия продуктов выбросов $\tau = 3$ мес.;
5. Удаление объекта оценки от АЭС $X = 35$ км;
6. Установленное нормативными документами $S_0 = 5$;
7. Командир соединения приказал провести заблаговременную оценку возможности возникновения ЧС и ПР.

Б. Решение:

1. По исходным данным $t = 1$ ч, $\tau = 3$ мес., $H = 100$ м из табл. 1.28 определяем табличное значение $X_{\text{ЧС}\tau}$; $X_{\text{ЧС}\tau} = 430$ км;
2. Определяем поправки и реальное значение $X_{\text{ЧС}}$:

$$(P/P_0) / (P/P_0)_\tau = 2 / 1 = 2;$$

$$P_p / P_{p\tau} = 1;$$

$$l / l_\tau = 7 / 5 = 1,4;$$

$$m / m_\tau = 0,5;$$

$$u / u_\tau = 7 / 5 = 1,4;$$

$$S_0 / S_{0\tau} = 5/1 = 5.$$

$$X_{\text{ЧС}} = X_{\text{ЧС}\tau} \cdot \frac{(P/P_0)/(P/P_0)_\tau \cdot P_p/P_{p\tau} \cdot m/m_\tau}{l/l_\tau \cdot u/u_\tau \cdot S_0/S_{0\tau}} = 430 \cdot \frac{2 \cdot 1 \cdot 0,5}{1,4 \cdot 1,4 \cdot 5} = 43,9 \text{ км}$$

3. Сравниваем X и $X_{\text{ЧС}}$

$$X = 0,8 \cdot X_{\text{ЧС}}$$

ВЫВОД: Ближайший объект ПР попадает в зону ЧС при аварии на АЭС с разрушением реактора, и необходимо заблаговременно принять меры по предупреждению и защите населения от радиационной ЧС.

Словарь терминов и определений

ГПВС – газопаровоздушная смесь.

ВВ (взрывчатые вещества) – химические соединения или смеси веществ способные к быстрой химической реакции, сопровождающейся выделением большого количества тепла и образованием газов. Эта реакция, возникнув в какой-либо точке в результате нагревания, удара, трения, взрыва другого ВВ или иного внешнего воздействия, распространяется по заряду за счёт передачи энергии от слоя к слою с помощью процессов тепло- и массопереноса (горение) либо ударной волны (детонация).

ЧС (чрезвычайная ситуация) – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли:

- человеческие жертвы;
- ущерб здоровью людей или окружающей природной среде;
- значительные материальные потери;
- нарушение условий жизнедеятельности людей.

ПР (пожарный район) – район на территории которого происходит пожар.

АХОВ (аварийно химически опасные вещества) – при выбросе этих веществ в атмосферу может произойти заражение воздуха поражающими концентрациями.

Отряд ЛП – отряд по ликвидации пожара.

РВ – радиоактивное вещество.

ПДВ_{чс} – предельно допустимый выброс по условиям чрезвычайной ситуации.

АЭС (атомная электростанция) – электростанция в которой атомная (ядерная) энергия преобразуется в электрическую энергию. Генератором энергии на АЭС является атомный реактор.

Токсическая доза - количественная характеристика поражающего действия отравляющих и других токсичных для человека и животных соединений. Ее величина, вызывающая равные по тяжести поражения, зависит от токсичности веществ и от того, какими путями они проникают в организм. Различают летальную, средневыводящую из строя и пороговую.

Конвекция - в атмосфере, вертикальные перемещения объёмов воздуха с одних высот на другие, обусловленные архимедовой силой: воздух более тёплый и, следовательно, менее плотный, чем окружающая среда, перемещается вверх, а воздух более холодный и более плотный - вниз.

Кюри (Ки) - внесистемная единица активности радиоактивного вещества. 1 Ки = активность радиоактивного вещества, в котором за каждую секунду происходит $37'000'000'000$ распадов.

Список литературы

1. Воробьев Ю.Л. Безопасность жизнедеятельности (некоторые аспекты государственной политики). // МЧС России; М.: Деловой экспресс, 2005. – 376 с.
2. Шуленко В.Ф., Федюкин В.М., Колмычков И.М. Обеспечение безопасности частей и соединений в чрезвычайных ситуациях. // ВА РВСН. –М.: -1998. 203с.
3. Под редакцией Котляревского и Забегаева А.В. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Книга 5. // М. Изд-во АСВ/2001 г. 416 стр.
4. Шевандин М.А., Ботоев Б.Б., Рубцов Б.Н., Тыльков С.Д. Учебное пособие для студентов вузов ж.-д. транспорта // М.: Маршрут, 2004 – 364 с.
5. Воробьев Ю.Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы. // МЧС России; М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. – 312 с.

Содержание:

Введение	3 стр.
1.1. Методика оценки последствий на взрыво- и пожароопасных объектах.	6 стр.
1.1.1. Методика оценки последствий аварий на взрыво- и пожароопасных объектах в открытой атмосфере	6 стр.
1.1.2. Методика оценки последствий взрыва ГПВС в помещениях и ВВ в хранилищах	20 стр.
1.2. Методика оценки лесопожарной обстановки в пожарном районе	26 стр.
1.3. Методика оценки обстановки при аварии на химически опасном объекте.	32 стр.
1.4. Методика оценки обстановки при аварии на радиационно опасном объекте.	51 стр.
1.4.1. Методика оценки аварии без разрушения АЭС	58 стр.
1.4.2. Методика оценки при аварии с разрушения АЭС	59 стр.
Словарь терминов и определений.	62 стр.
Список литературы	64 стр.
Содержание.	65 стр.

Учебно-методическое издание

Попов Владимир Георгиевич
Боровков Юрий Николаевич
Петров Сергей Викторович
Сухов Филипп Игоревич

Защита окружающей среды в чрезвычайных
ситуациях на железнодорожном транспорте

Методические указания

Подписано в печать

Заказ №

Формат

Усл. п. л.

Изд. №

Тираж

127994 Москва, ул. Образцова, 15. Типография МИИТа