МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

СБОРНИК МЕТОДИК

ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ВОЗМОЖНЫХ АВАРИЙ, КАТАСТРОФ, СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ В РСЧС

(КНИГА 2)

МОСКВА 1994

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

СБОРНИК МЕТОДИК

ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ВОЗМОЖНЫХ АВАРИЙ, КАТАСТРОФ, СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ В РСЧС

(КНИГА 2)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА ПОЖАРО- ВЗРЫВООПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ УРАГАНОВ

МОСКВА 1994

Аннотация

Методика предназначена для оценки последствий аварий на объектах по хранению, переработке и транспортировке сжиженных углеводородных газов, сжатых углеводородных газов, легковоспламеняющихся жидкостей, конденсированных взрывчатых веществ.

В качестве последствий аварий рассматриваются разрушения зданий и сооружений, находящихся как на территории объекта, так и вне его (селитебная и промышленная зоны), а также поражение персонала объекта и населения.

Методика может быть использована при разработке планов мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций и уменьшению ущерба от последствий аварий, а также при решении задач анализа риска.

Методика разработана сотрудниками ВНИИ ГОЧС к.т.н. с.н.с. Бодриковым О.В., д.т.н. с.н.с. Елохиным А.Н., к.т.н. с.н.с. Рязанцевым Б.В., к.т.н. Рыжиковым В.С.

Содержание

1 Назначение методики. 3

2 Основные определения, предпосылки и допущения. 3

3 Исходные данные. 5

4 Порядок оценки последствий аварий на объектах по хранению, переработке и транспортировке сжиженных углеводородных газов. 6

4.1 Определение массы вещества в облаке ТВС 6

4.2 Определение величины дрейфа и режима взрывного превращения облака ТВС 7

4.3 Оценка последствий аварий 9

4.3.1 Взрывные превращения облаков ТВС 9

4.3.2 Огневые шары 24

4.3.3 Осколки оборудования 26

5 Порядок оценки последствий аварий на объектах по хранению, переработке и транспортировке сжатых углеводородных газов 29

6 Порядок оценки последствий аварий на объектах по хранению, переработке и транспортировке горючих жидкостей 29

7 Порядок оценки последствий аварий на объектах по хранению и переработке конденсированных взрывчатых веществ 31

7.1 Порядок определения степеней разрушения зданий и сооружений 31

7.2 Порядок определения поражения людей 36

8 Примеры расчета. 40

1 Назначение методики.

Методика предназначена для оценки последствий аварий на объектах по хранению, переработке и транспортировке сжиженных углеводородных газов (СУГ), сжатых углеводородных газов (СЖУГ), легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), конденсированных взрывчатых веществ (КВВ).

Методика может использоваться в практической деятельности работниками РСЧС и гражданской обороны, научными сотрудниками в области промышленной безопасности, а также сотрудниками проектных организаций, занимающихся вопросами проектирования пожаро-, взрывоопасных производств.

2 Основные определения, предпосылки и допущения.

2.1. Под "резервуарами" в Методике понимаются резервуары для хранения и транспортировки перечисленных выше веществ, а также технологические установки, содержащие эти вещества.

2.2. В качестве поражающих факторов в Методике рассматриваются:

- воздушная ударная волна (ВУВ), образующаяся в результате взрывных превращений облаков топливо-воздушных смесей (ТВС) и конденсированных взрывчатых веществ (КВВ);
- тепловое излучение огневых шаров и горящих разливов;
- осколки и обломки оборудования;
- обломки зданий и сооружений, образующиеся в результате взрывных превращений облаков ТВС и взрывов КВВ;
- осколки, образующиеся при взрывах сосудов под давлением.

2.3. В качестве показателей последствий взрывных явлений на промышленных объектах вследствие действия ВУВ, образующейся в результате взрыва облаков ТВС или КВВ, приняты:

- для людей – количество человек, получивших смертельное поражение (без учета влияния мер экстренной медицинской помощи) при условии их нахождения на открытой местности, в зданиях и сооружениях;

- для окружающей место аварии застройки – степени разрушения зданий и сооружений промышленной и селитебной зоны. Описание степеней разрушения зданий и сооружений приведено в Табл. 1.

В качестве показателя воздействия тепловых потоков на людей принят процент людей, получивших ожоги 1-ой и 2-ой степени, а также смертельное поражение.

Воздействие тепловых потоков на здания и сооружения оценивается возможностью воспламенения горючих материалов.

В пределах огневого шара или горящего разлития люди получают смертельное поражение, все горючие материалы воспламеняются, а 60% резервуаров со сжиженными углеводородными газами взрываются с образованием эффекта "BLEVE".

Таблица 1: Степени разрушения зданий и сооружений

Наименование степени	Характеристика степеней разрушения зданий и сооружений
Полная	Разрушение и обрушение всех элементов зданий и сооружений (включая подвалы)
Сильная	Разрушение части стен и перекрытий верхних этажей, образование трещин в стенах, деформация перекрытий нижних этажей; возможно ограниченное использование сохранившихся подвалов после расчистки входов
Средняя	Разрушение главным образом второстепенных элементов (крыш, перегородок, оконных и дверных заполнений), перекрытия, как правило, не обрушаются. Часть помещений пригодна для использования после расчистки от обломков и проведения ремонта
Слабая	Разрушение оконных и дверных заполнений и перегородок. Подвалы и нижние этажи полностью сохраняются и пригодны для временного использования после уборки мусора и заделки проемов

2.4. Последствия, связанные с прямыми или косвенными потерями от полной или частичной остановки технологического процесса, убытками

от полностью или частично поврежденной готовой продукции, полуфабрикатов и материалов, а также вопросы прогнозирования социальных и экологических последствий в данной Методике не рассматриваются.

2.5. Методика позволяет учитывать 6 режимов взрывных превращений облаков ТВС: от детонации до дефлаграции со скоростью видимого фронта пламени 100 м/с.

2.6. При разработке планов мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций и уменьшению величины ущерба величину дрейфа центра облака ТВС следует принимать равной 300 м при мгновенной разгерметизации резервуара и 150 м при длительном истечении, что соответствует 70% всех случаев аварий. Направление дрейфа облака ТВС следует принимать исходя из розы ветров данного региона или рассматривать наиболее опасный случай (направление в сторону ближайшего населенного пункта и т.п.).

2.7. Независимо от характера разгерметизации образующееся облако ТВС в 20% случаев рассеивается. В остальных случаях происходит воспламенение облака. Это с равной вероятностью приводит к взрывному превращению облака или образованию огневого шара.

2.8. При оценке последствий воздействия огневых шаров принято, что в диапазоне между нижним и верхним пределами воспламенения в период существования огневого шара находится 60% массы газа (пара) в облаке и что эта масса более 1000 кг.

2.9. Коэффициент сопротивления при истечении из отверстий принят равным 0.6.

2.10. Расчетное соотношение для числа осколков, образующихся при взрыве резервуаров, справедливо при емкости сферического резервуара не менее 400 $м^3$.

2.11. Время нахождения людей в зоне действия теплового потока от горящего разлития принято равным 60 с.

2.12. Эффект "домино" в настоящей Методике не рассматривается.

2.13. При расчете числа погибших при взрывах количество людей, находящихся между границами зон с разной вероятностью выживания, умножается на среднюю вероятность гибели, вычисляемую как среднее арифметическое между значениями вероятностей на границах зон.

3 Исходные данные.

3.1. Исходные данные для прогнозирования последствий при взрывах облаков ТВС, огневых шарах, горении разлитий и взрывах резервуаров:

- тип топлива, содержащегося на объекте;
- масса топлива, находящегося в различных местах объекта (резервуарах, установках и т.д.);
- класс окружающего пространства (в соответствии с Табл. 2.);
- план объекта и прилегающей территории с картограммой распределения людей;
- условия растекания жидкостей (в поддон, в обвалование, свободно).

3.2. Исходные данные для прогнозирования последствий при взрывах конденсированных взрывчатых веществ:

- тип КВВ, содержащегося на объекте (в соответствии с Табл. 8);
- масса КВВ, находящегося в различных местах объекта;
- план объекта и прилегающей территории с картограммой распределения людей.

4 Порядок оценки последствий аварий на объектах по хранению, переработке и транспортировке сжиженных углеводородных газов.

4.1 Определение массы вещества в облаке ТВС

При мгновенной разгерметизации резервуара хранения масса вещества (M) в облаке равняется полной массе СУГ, находящегося в резервуаре.

При длительном истечении СУГ из резервуара в случае нахождения отверстия ниже уровня жидкости масса вещества в облаке (M) определяется по формуле:

$$M = 36\rho S(2(P - P_a)/\rho + 2gH)^{1/2}, \qquad (1)$$

где ρ – плотность СУГ, $кг/м^3$;
S – площадь сечения отверстия, $м^2$;
P – давление в резервуаре, Па;

P_a – атмосферное давление, Па (нормальное атмосферное давление составляет $1.1 \cdot 10^5$ Па);

g - ускорение свободного падения, 9.81 $м/с^2$;

H - высота слоя жидкости над отверстием, м.

При истечении СУГ из трубопровода масса газа в облаке определяется из выражения:

$$M = 60\rho S(\frac{2(P - P_a)}{\rho})^{1/2}(1 + \frac{4fl}{d})^{-1/2} \quad (2)$$

где l - длина трубопровода, м;

d - диаметр трубопровода, м;

$$f = (4\lg(\frac{3.715d}{e}))^{-2}, \quad (3)$$

e - толщина стенки трубопровода, м.

4.2 Определение величины дрейфа и режима взрывного превращения облака ТВС

По классу пространства, окружающего место воспламенения облака (см. Табл. 2) и классу вещества (см. Табл. 3) по Табл. 4 определяется режим взрывного превращения облака ТВС.

Таблица 2: Характеристики классов пространства, окружающего место потенциальной аварии

N класса	Характеристика пространства
1	Наличие труб, полостей и т.д.
2	Сильнозагроможденное пространство: наличие полузамкнутых объемов, высокая плотность размещения технологического оборудования, лес, большое количество повторяющихся препятствий
3	Среднезагроможденное пространство: отдельно стоящие технологические установки, резервуарный парк
4	Слабозагроможденное и свободное пространство

Таблица 3: Классификация взрывоопасных веществ

класс 1	класс 2	класс 3	класс 4
ацетилен	акрилонитрил	ацетальдегиид	бензол
винилацетилен	акролеин	ацетон	декан
водород	аммиак	бензин	дизтопливо
гидразин	бутан	винилацетат	дихлорбензол
метилацетилен	бутилен	винилхлорид	додекан
нитрометан	пентадиен	гексан	керосин
окись пропилена	бутадиен	генераторный	метан
изопропилнитрат	пропан	газ	метилбензол
окись этилена	пропилен	изооктан	метилмеркаптан
этилнитрат	сероуглерод	метиламин	метилхлорид
	этан	метилацетат	нафталин
	этилен	метилбутил	окись углерода
	эфиры:	кетон	фенол
	диметиловый	метилпропил	хлорбензол
	дивиниловый	метилэтил	этилбензол
	метилбутиловый	октан	
		пиридин	
		сероводород	
		спирты:	
		метиловый	
		этиловый	
		пропиловый	
		амиловый	
		изобутиловый	
		изопропиловый	
		циклогексан	
		этиформиат	
		этилхлорид	

Примечание: в случае, если вещество не внесено в классификацию, его следует классифицировать по аналогии с имеющимися в списке веществами, а при отсутствии информации о свойствах данного вещества, его следует отнести к классу 1, т.е. рассматривать наиболее опасный случай.

Таблица 4: Режимы взрывного превращения облаков ТВС

Класс топлива	класс окружающего пространства			
	1	2	3	4
1	1	1	2	3
2	1	2	3	4
3	2	3	4	5
4	3	4	5	6

Величина дрейфа облака (расстояние от центра облака до разгерметизированного элемента) до момента его воспламенения определяется по графику на Рис. 4.1, с учетом рекомендаций п. 2.6.

4.3 Оценка последствий аварий

4.3.1 Взрывные превращения облаков ТВС

В соответствии с выбранным режимом взрывного превращения, а также в зависимости от массы топлива, содержащегося в облаке и интересующего расстояния по графикам (Рис. 4.2 – 4.7) определяются границы зон полных, сильных, средних и слабых степеней разрушения зданий и сооружений жилой и промышленной застройки. Границы зоны расстекления определяются по графикам на Рис. 4.14.

Затем на план объекта наносятся указанные границы зон разрушений (в качестве эпицентра следует принимать место воспламенения облака), после чего определяются здания и сооружения, получившие ту или иную степень разрушения.

Для людей, находящихся на открытой местности, расстояние, на котором происходит поражение ВУВ при различных режимах взрывных превращений облаков ТВС, определяется по графикам на Рис. 4.8 – 4.13.

Количество погибших, среди людей, находящихся на открытой местности $N_л$, определяется по формуле:

$$N_л = \sum_{i=1}^{6} \frac{n_{iл} p_{iл}}{100} \qquad (4)$$

где $n_{iл}$ – количество людей, находящихся в i-ой зоне (определяется по картограмме распределения людей);

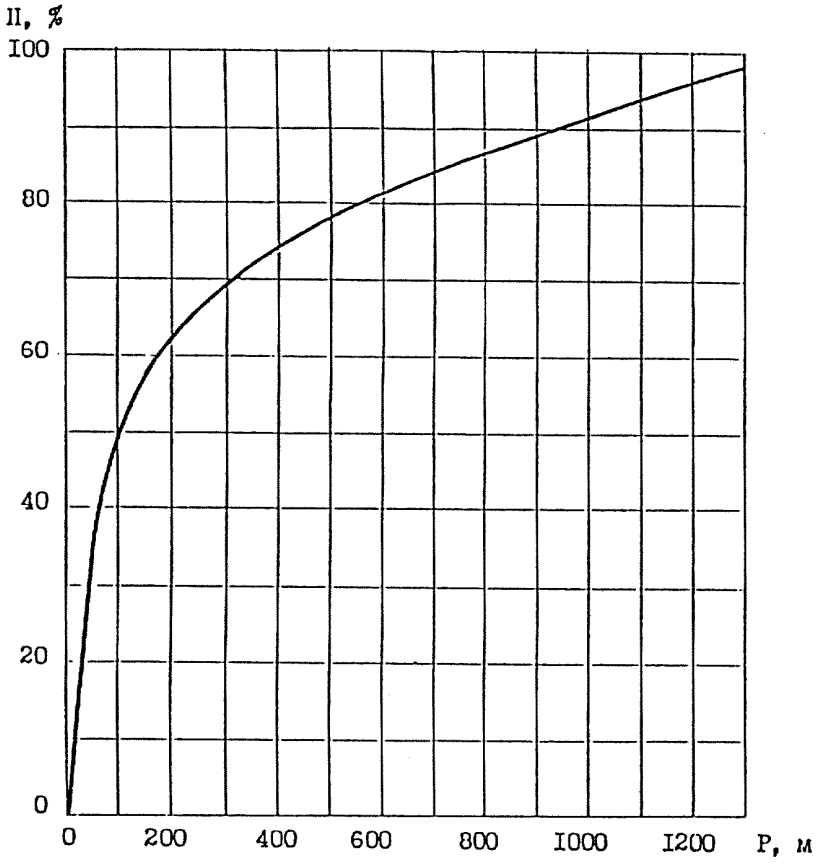

Рис.4.1. График функции распределения дрейфа облака ТВС.

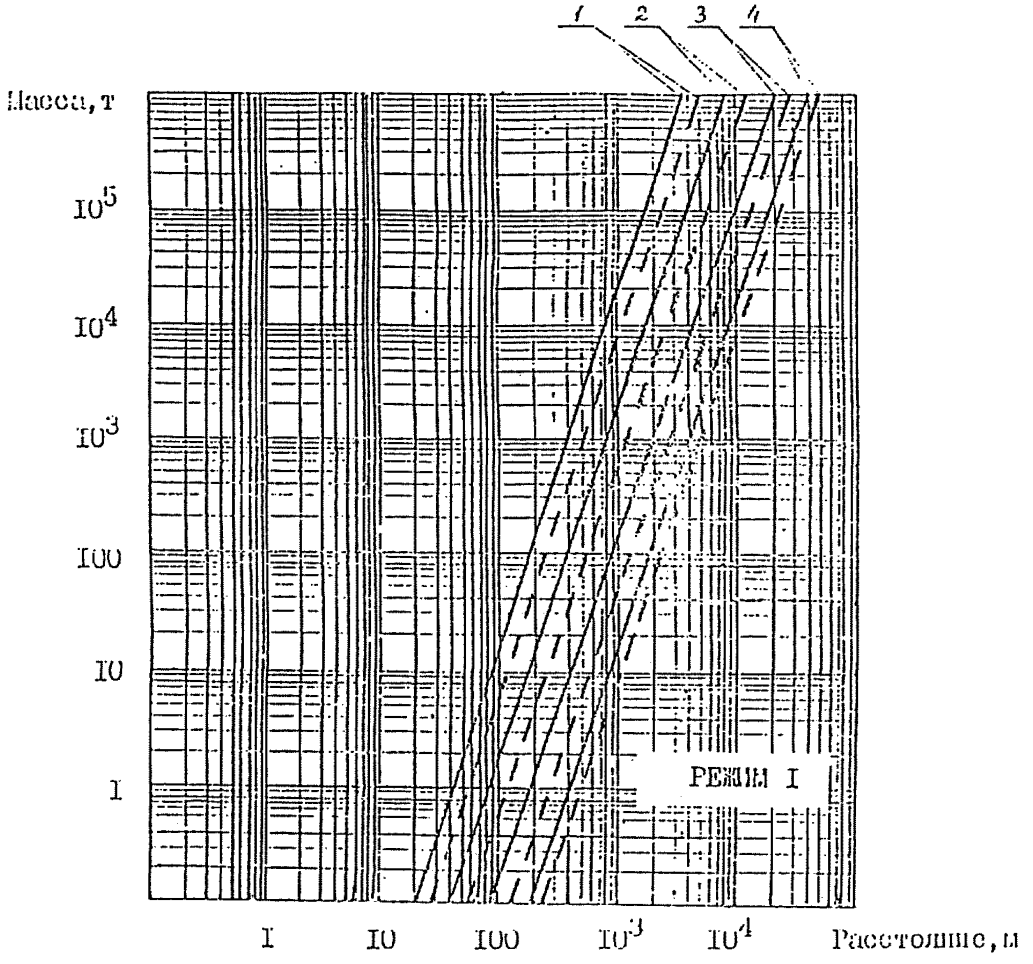

Рис. 4.2. Зависимость степени разрушения зданий от массы топлива и расстояния.

I, 2, 3, 4 – границы зон полных, сильных, средних и слабых разрушений.

——— промышленные здания

— — — жилые здания

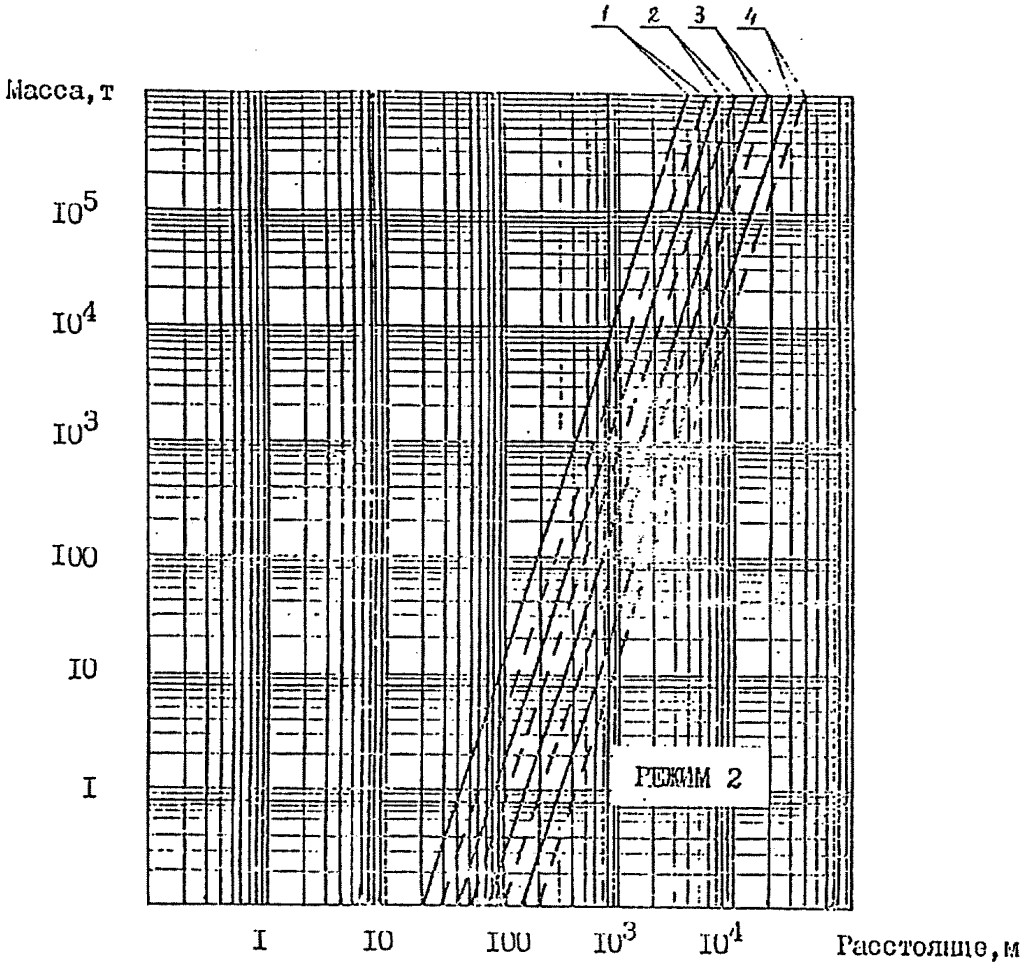

Рис. 4.3. Зависимость степеней разрушения зданий от массы топлива и расстояния.

1, 2, 3, 4 – границы зон полных, сильных, средних и слабых разрушений.

———— промышленные здания

— — — жилые здания

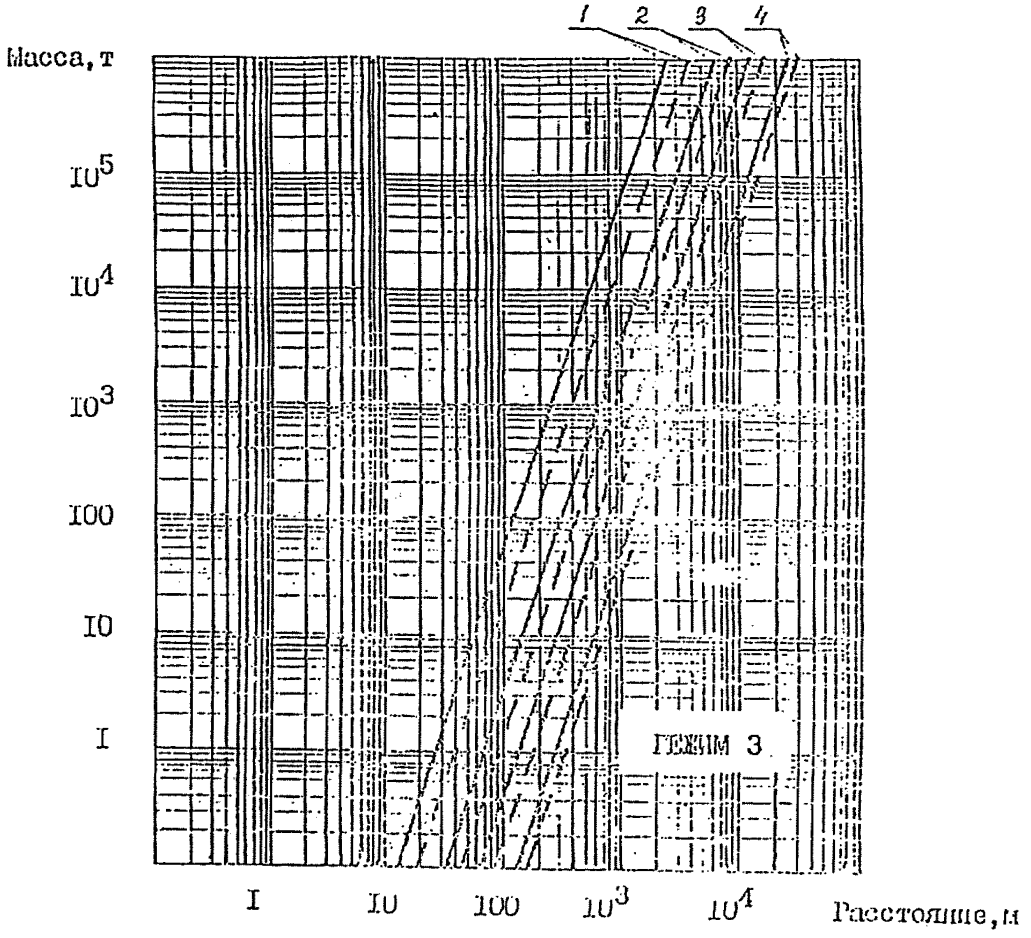

Рис. 4.4. Зависимость степеней разрушения зданий от массы топлива и расстояния.

1, 2, 3, 4 – границы зон полных, сильных, средних и слабых разрушений.

———— промышленные здания

— — — жилые здания

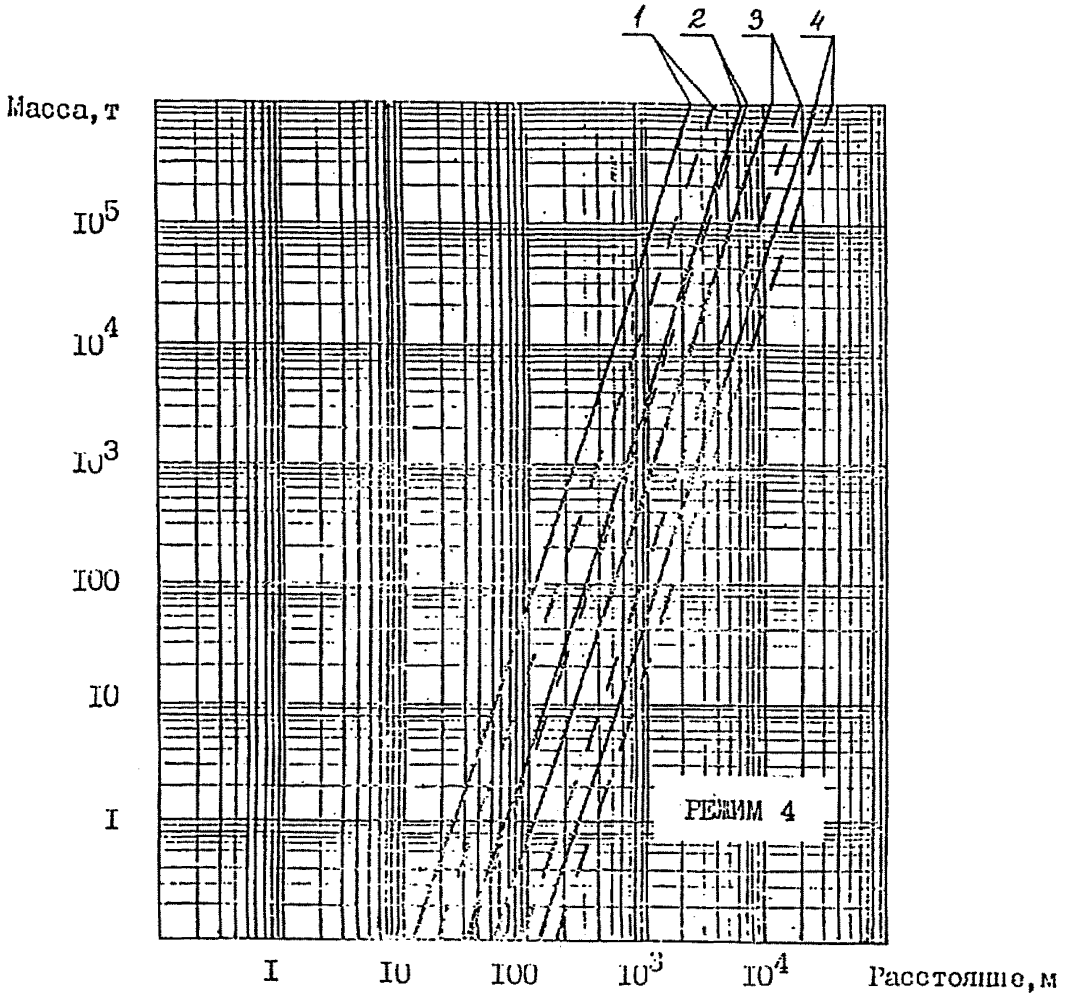

Рис. 4.5. Зависимость степеней разрушения зданий от массы тополива и расстояния.

1, 2, 3, 4 – границы зон полных, сильных, средних и слабых разрушений.

———— промышленные здания

— — — — жилые здания

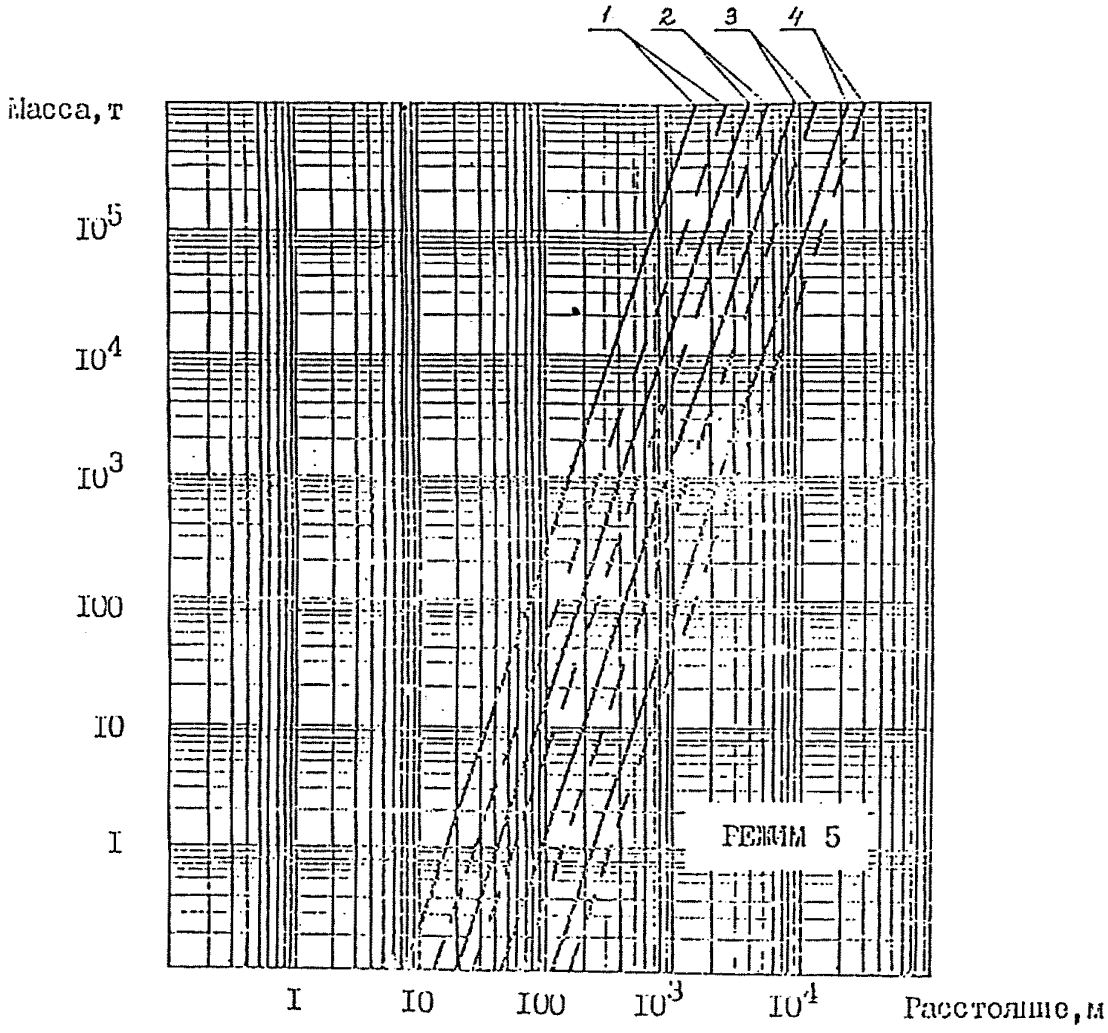

Рис. 4.6. Зависимость степеней разрушения зданий от массы топлива и расстояния.

1, 2, 3, 4 – границы зон полных, сильных, средних и слабых разрушений.

———— промышленные здания

— — — — жилые здания

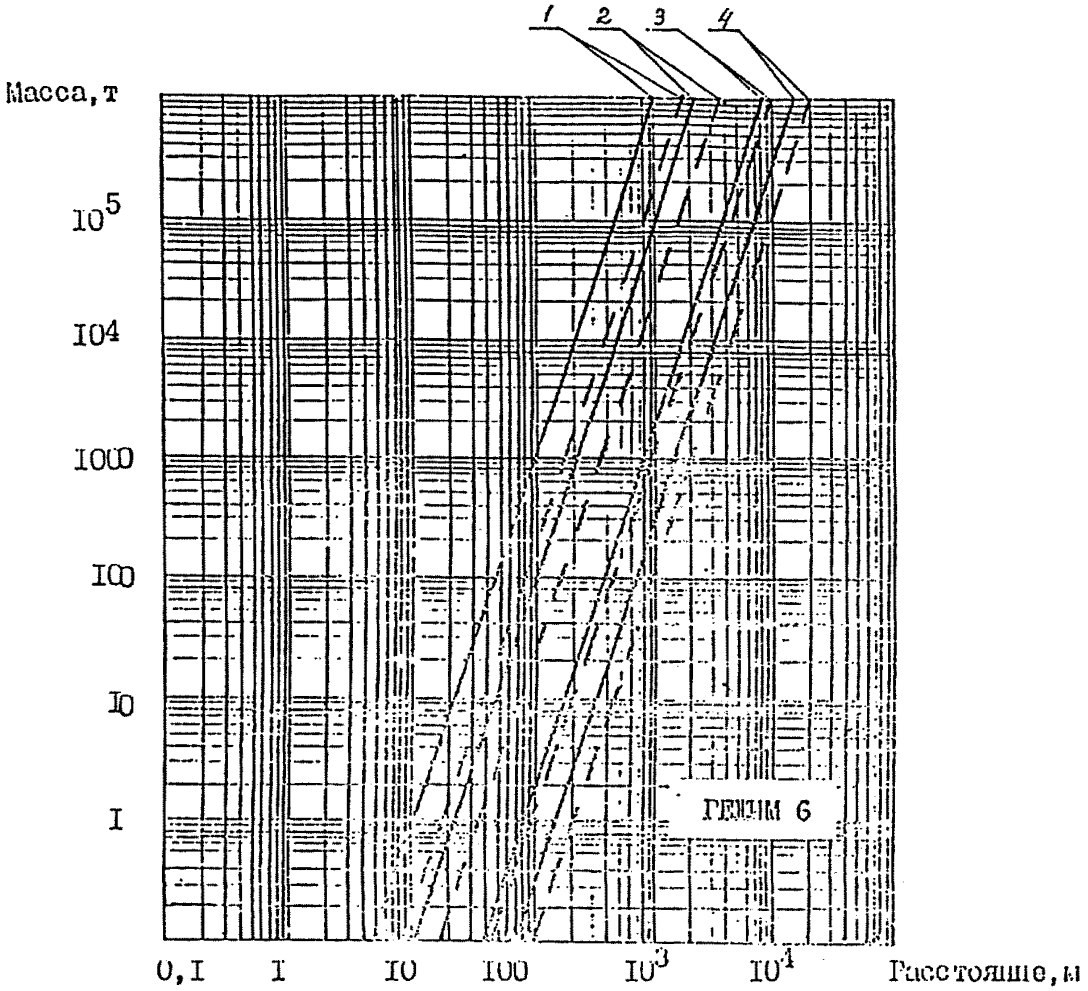

Рис. 4.7. Зависимость степеней разрушения зданий от массы тонлива и расстояния.

I, 2, 3, 4 – границы зон полных, сильных, средних и слабых разрушений.

———— промышленные здания

— — — — жилые здания

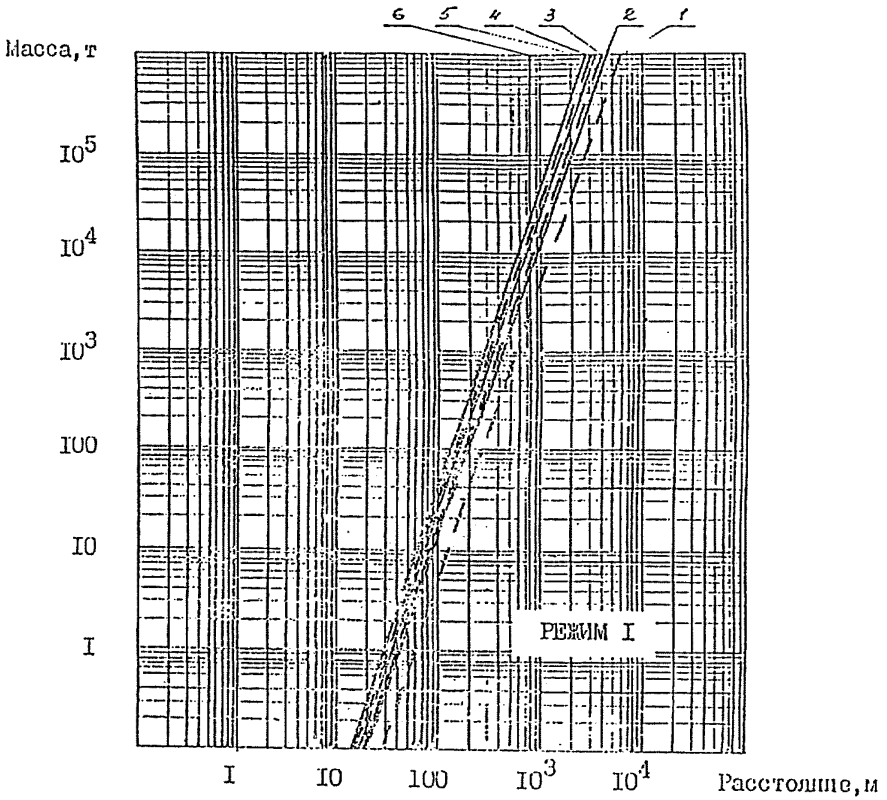

Рис. 4.8. Границы зон поражения людей при взрывах облаков ТВС.

I – порог поражения
2 – 1 % пораженных
3 – 10 % пораженных
4 – 50 % пораженных
5 – 90 % пораженных
6 – 99 % пораженных

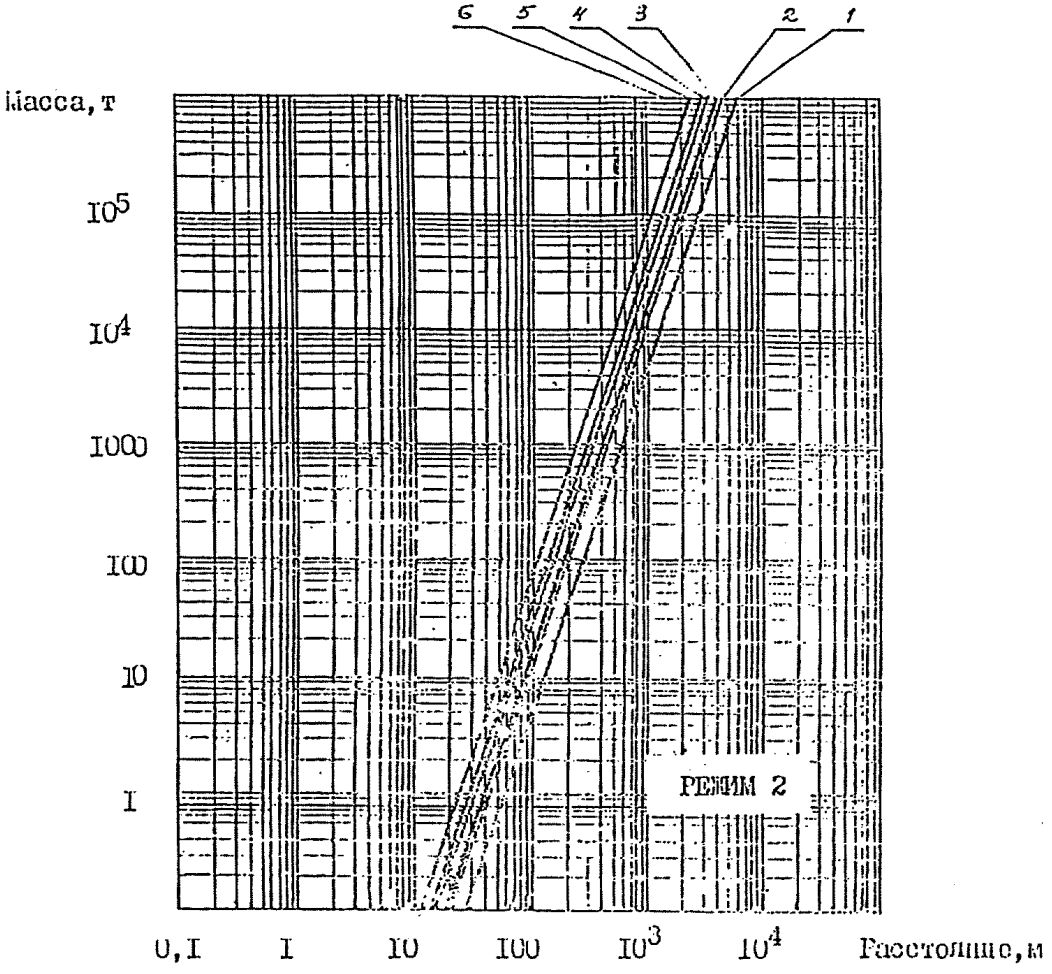

Рис. 4.9. Границы зон поражения людей при взрывах облаков ТХС.

1 – порог поражения
2 – 1 % пораженных
3 – 10 % пораженных
4 – 50 % пораженных
5 – 90 % пораженных
6 – 99 % пораженных

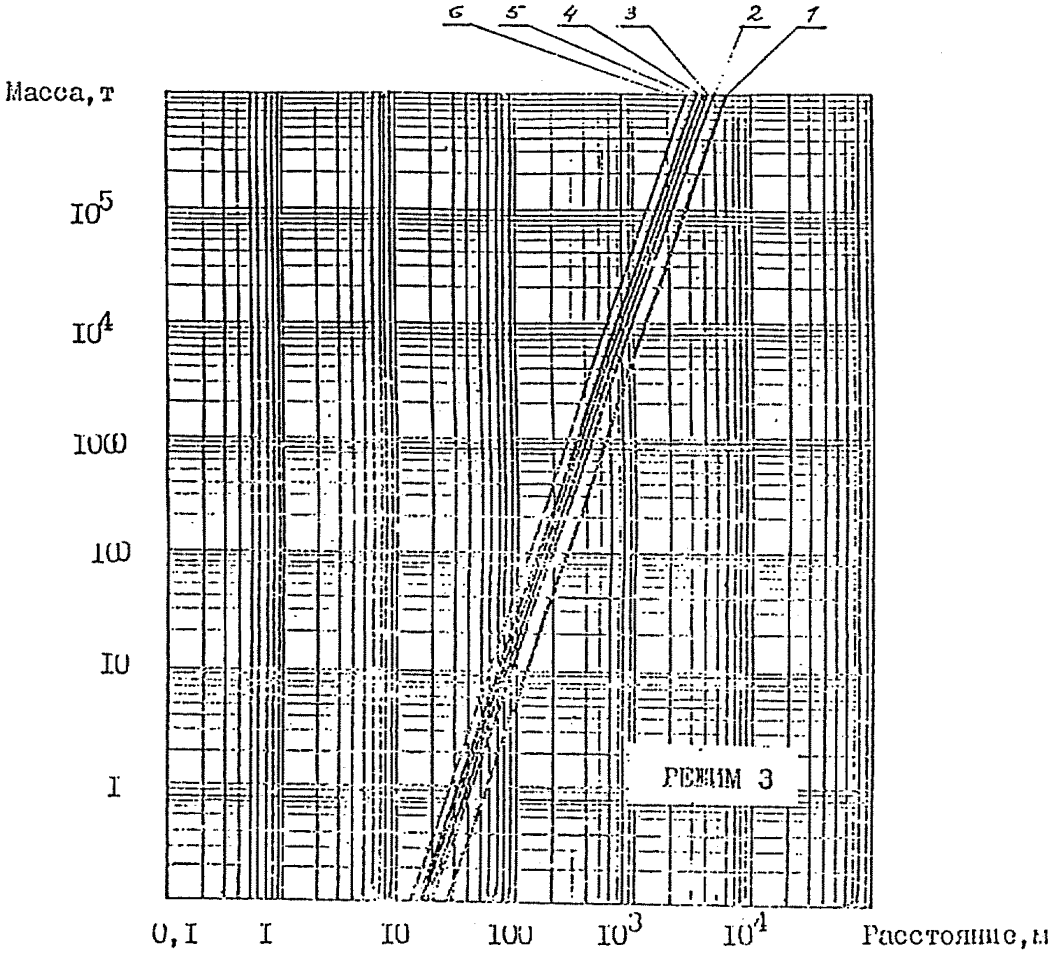

Рис. 4.10. Границы зон поражения людей при взрывах облаков ТВС.

1 – порог поражения
2 – 1 % пораженных
3 – 10 % пораженных
4 – 50 % поражения
5 – 90 % пораженных
6 – 99 % пораженных

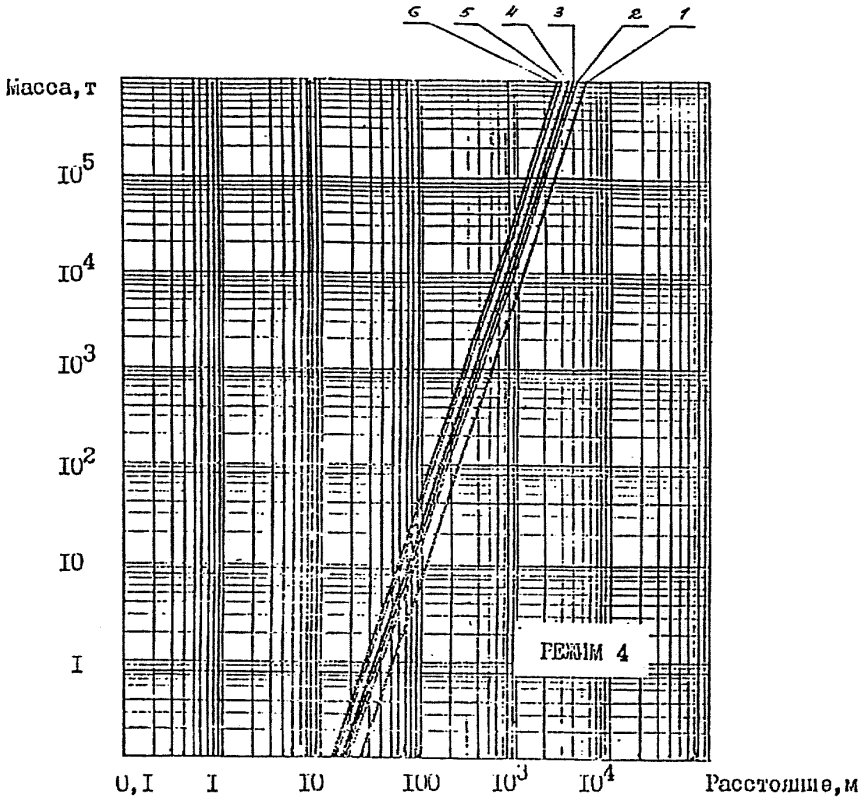

Рис. 4.11. Границы зон поражения людей при взрывах облаков ТВС.

1 – порог поражения
2 – 1 % пораженных
3 – 10 % пораженных
4 – 50 % пораженных
5 – 90 % пораженных
6 – 99 % пораженных

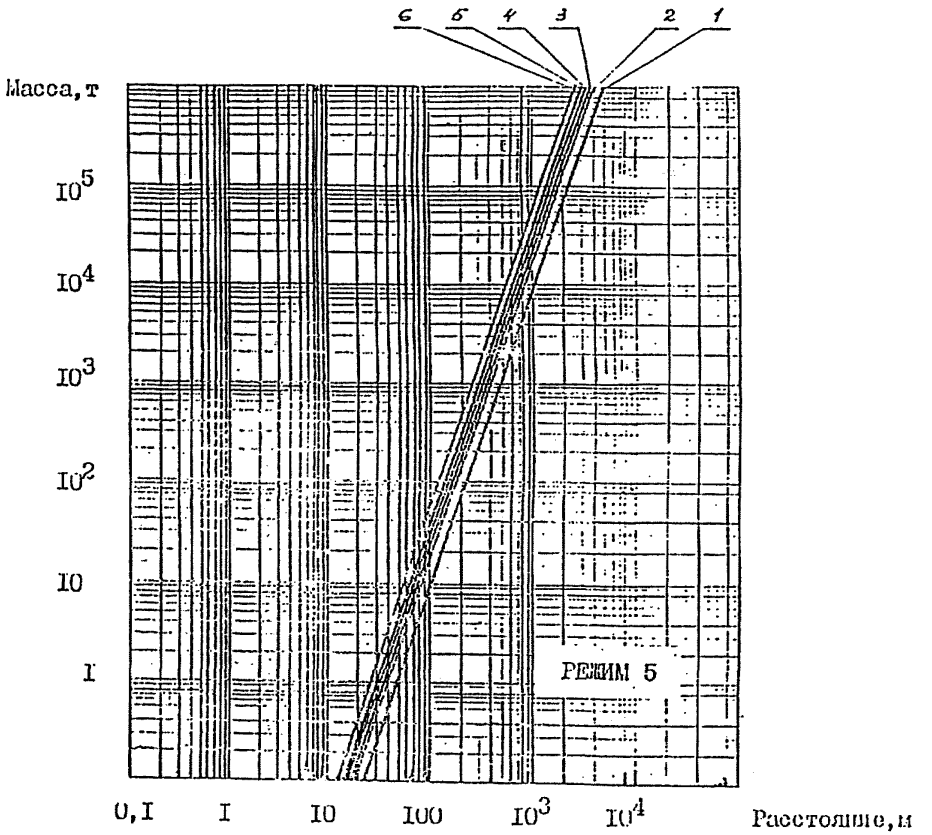

Рис. 4.12. Границы зон поражения людей при взрывах облаков ТВС.

1 – порог поражения
2 – 1 % пораженных
3 – 10 % пораженных
4 – 50 % пораженных
5 – 90 % пораженных
6 – 99 % пораженных

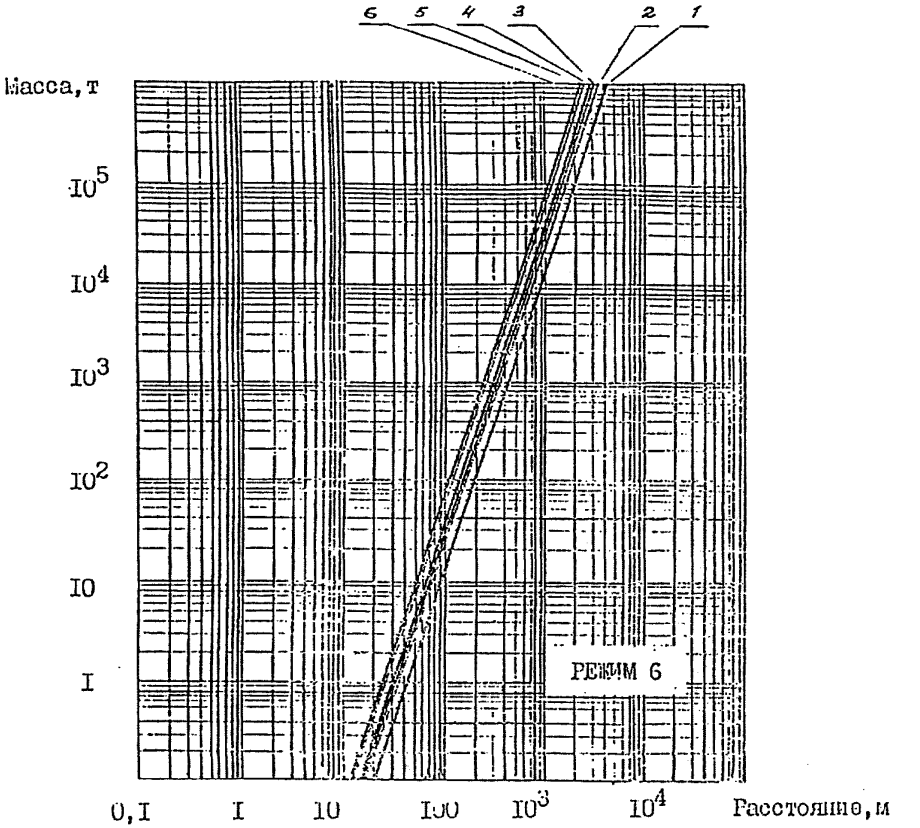

Рис. 4.13. Границы зон поражения людей при взрывах облаков ТВС:

1 – порог поражения	4 – 50 % пораженных
2 – 1 % пораженных	5 – 90 % пораженных
3 – 10 % пораженных	6 – 99 % пораженных

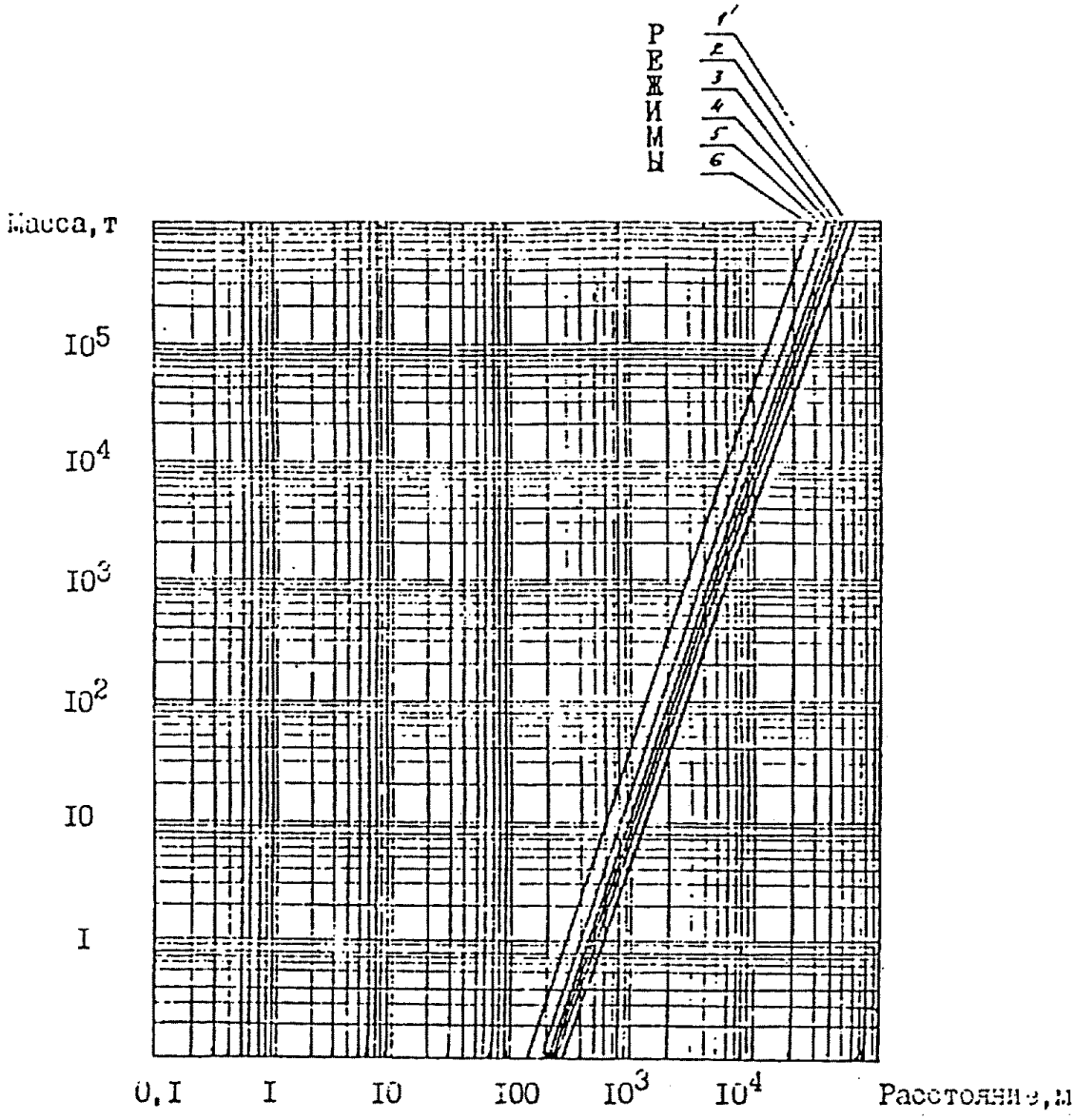

Рис. 4.14. Размеры зоны рассеивания при различных режимах взрывного превращения облака ТВС

$p_{iл}$ – процент людей, погибающих в i-ой зоне:

$p_{1л} = 0\%; p_{2л} = 1\%; p_{3л} = 10\%; p_{4л} = 50\%; p_{5л} = 90\%; p_{6л} = 99\%$.

Количество погибших среди людей, находящихся в зданиях $N_э$, определяется по формуле:

$$N_э = \sum_{i=1}^{4} n_{iж}(1 - \frac{p_{iж}}{100}) + \sum_{i=3}^{4} n_{in}(1 - \frac{p_{in}}{100}) \qquad (5)$$

где $n_{iж}$ – количество людей, попавших в жилые и административные здания, находящиеся в i-ой зоне (определяется по картограмме распределения людей);.

$p_{iж}$ – процент людей, выживающих в жилых и административных зданиях, попавших в i-ую зону (зона определяется в соответствии с Рис.4.2 – 4.7);

$p_{4ж}$=98%; $p_{3ж}$–91%, $p_{2ж}$–85%, $p_{1ж}$–30%,

n_{in} – количество людей, находящихся в промышленных зданиях и сооружениях, попавших в i-ую зону (определяется по картограмме распределения людей);

p_{in} – процент людей; выживающих в промышленных зданиях и сооружениях, попавших в i-ую зону (зона определяется в соответствии с Рис.4.2 – 4.7);

p_{4n}=90%; p_{3n}=40%.

4.3.2 Огневые шары

Радиус огневого шара R определяется по формуле

$$R = 3.2m^{0.325}, \qquad (6)$$

а время его существования t по формуле:

$$t = 0.85m^{0.26}, \qquad (7)$$

где $m = 0.6\ M$, кг.

Вероятность поражения людей тепловым потоком зависит от индекса дозы теплового излучения I, который определяется из соотношения:

$$I = t(Q_0R^2/X^2)^{4/3}, \qquad (8)$$

где X – расстояние от центра огневого шара ($X > R$), м;

Q_0 – тепловой поток на поверхности огневого шара, $кВт/м^2$, значения которого для наиболее распространенных веществ приведены в Табл. 5.

Таблица 5: Значения теплового потока на поверхности огневого шара диаметром более 10м.

Вещество	Тепловой поток, $кВт/м^2$
Бутан	170
Этан	190
Этилен	180
Метан	200
Пропан	195

Доля пораженных тепловым излучением определяется по графику на Рис.4.15.

Воздействие огневых шаров на здания и сооружения, не попадающие в пределы самого огневого шара, определяются наличием возгораемых веществ и величиной теплового потока, которая определяется по формуле (время жизни огневого шара принято равным 15 с):

$$q = \frac{Q_0 R^2}{X^2}, \tag{9}$$

В Табл. 6 приведены значения тепловых потоков, вызывающих воспламенение некоторых материалов.

При величине теплового потока более 85 $кВт/м^2$ воспламенение происходит через 3–5 с.

Таблица 6: Тепловые потоки, вызывающие воспламенение некоторых материалов.

Материал	Тепловой поток ($кВт/м^2$), вызывающий воспламенение за время (с)			
	15	180	300	900
Древесина	53	19	17	14
Кровля мягкая	46	–	–	–
Парусина	36	–	–	–
Конвейерная лента	37	–	–	–
Резина автомобильн.	23	22	19	15
Каучук синтетич.	23	–	–	–
Слоистый пластик	–	22	19	15
Пергамин	–	22	20	17

Примечание: прочерки означают отсутствие данных.

4.3.3 Осколки оборудования

Число осколков N, образующихся при разрыве сферического резервуара с СУГ определяется путем округления величины N из соотношения:

$$N = -3.77 + 0.0096V, \tag{10}$$

где V - объем резервуара, $м^3$.

Средняя масса одного осколка m определяется из соотношения:

$$m = \frac{M_p}{N}, \tag{11}$$

где M_p – масса оболочки резервуара, кг.

При разрыве цилиндрического резервуара образуются два осколка равной массы.

По графику на Рис. 4.16 определяется вероятная дальность полета осколка.

Определяется перечень зданий и сооружений, попадающих в зону разлета осколков. Здания получают среднюю степень разрушения, а технологические установки и трубопроводы – сильную.

По графикам на Рис. 4.17 определяется число людей, получивших смертельное поражение при разрыве резервуара под давлением в зависимости от объема резервуара и плотности размещения людей.

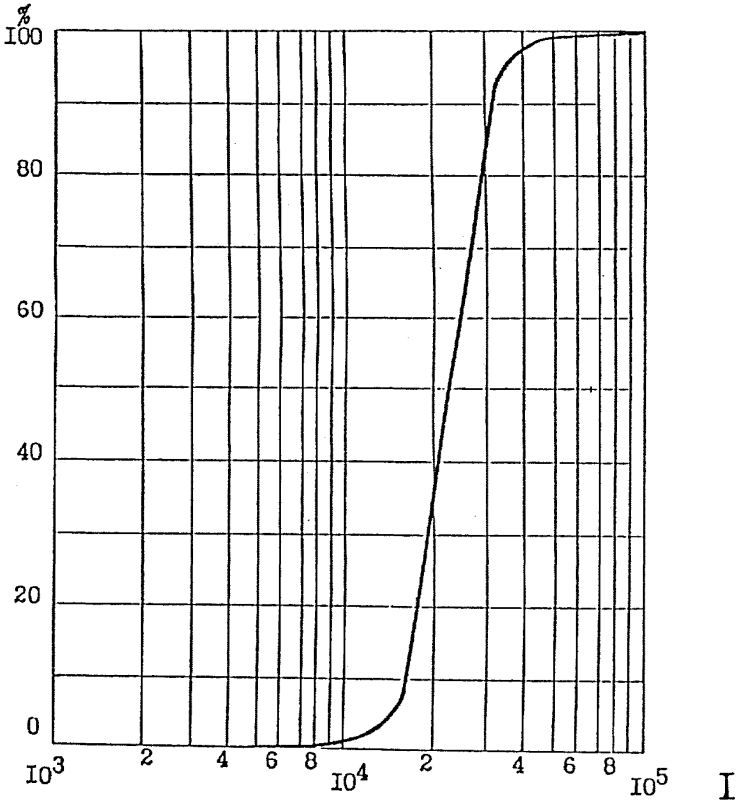

Рис.4.15. Процент смертельных исходов в зависимости от индекса дозы теплового излучения I.

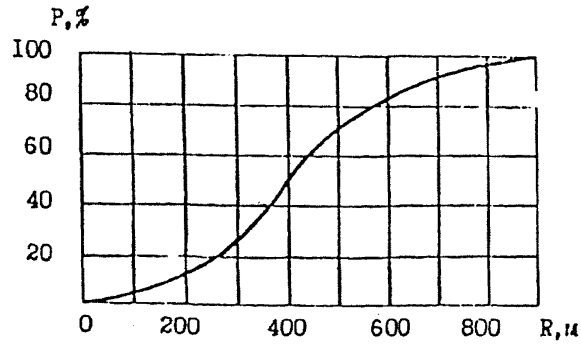

Рис. 4.16. График функции распределения дальности разлета осколков резервуара.

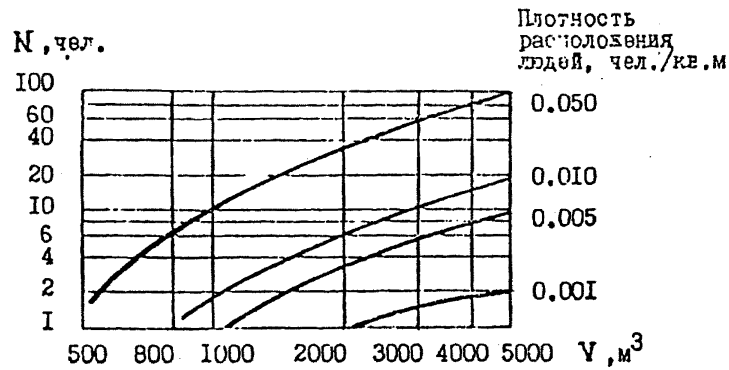

Рис. 4.17. Число поражённых людей при взрыве сосудов высокого давления в зависимости от объёма сосуда и плотности расположения людей, чел./кв.м.

5 Порядок оценки последствий аварий на объектах по хранению, переработке и транспортировке сжатых углеводородных газов

При мгновенной разгерметизации резервуара хранения масса вещества M в облаке равняется полной массе СЖУГ, находящегося в резервуаре.

При длительном истечении СЖУГ из резервуара масса вещества в облаке M определяется по формуле:

$$M = 40 \cdot S_0 \sqrt{P_0 \cdot \rho_0}, \tag{12}$$

где S_0 – площадь сечения отверстия, $м^2$;

P_0 – давление в резервуаре, Па;

ρ_0 – плотность газа, $кг/м^3$.

При истечении сжатого газа из трубы масса вещества в облаке определяется по формуле:

$$M = 66 \cdot S \sqrt{P_0 \cdot \rho_0}, \tag{13}$$

где S – площадь сечения трубы, $м^2$.

Плотность газа ρ_0 определяется из соотношения:

$$\rho_0 = \frac{M_v P_0}{RT}, \tag{14}$$

где M_v – молекулярный вес, кг/кмоль;

R – газовая константа, Дж/кМоль/К;

T – температура, К.

Дальнейшие расчеты выполняются в соответствии с п.4.2 – 4.3.

6 Порядок оценки последствий аварий на объектах по хранению, переработке и транспортировке горючих жидкостей

При разрушении резервуара, объем вытекшей жидкости принимается равным 80% от общего объема резервуара.

При разрушении трубопровода объем вытекшей жидкости определяется по формуле:

$$V = 0.79D^2L, \tag{15}$$

где D – диаметр трубопровода, м;

L – длина отрезка между соседними отсекателями, м.

Линейный размер разлития зависит от объема вытекшей жидкости и условий растекания. При свободном растекании диаметр разлития может быть определен из соотношения:

$$d = \sqrt{25.5 \cdot V}, \tag{16}$$

где d – диаметр разлития, м;

V – объем жидкости, $м^3$.

При разлитии в поддон или обвалование необходимо определить, закрыто ли полностью слоем жидкости их дно. Условием для закрытия является наличие слоя жидкости толщиной более 0.02 м, т.е. $\frac{V}{S} > 0.02$,где S - площадь обвалования (поддона), $м^2$.

Величина теплового потока q на заданном расстоянии R от горящего разлития вычисляется по формуле:

$$q = 0.8Q_0e^{-0.03x}, \tag{17}$$

где Q_0 – тепловой поток на поверхности факела, $кВт/м^2$, значения которого приведены в Табл. 7.;

x – расстояние до фронта пламени, м.

Расстояние, на котором будет наблюдаться тепловой поток с заданной величиной q, определяется по формуле:

$$x = 33 \cdot \ln(1.25\frac{Q_0}{q}). \tag{18}$$

Величина индекса дозы теплового излучения определяется из соотношения: $I = 60q^{4/3}$.

Процент пораженных определяется по графикам на Рис. 4.15.

Возможность воспламенения различных материалов определяется по Табл. 6.

Таблица 7: Тепловой поток на поверхности факела от горящих разлитий

Вещество	Тепловой поток, $кВт/м^2$
Ацетон	80
Бензин	130
Дизельное топливо	130
Гексан	165
Метанол	35
Метилацетат	50
Винилацетат	60
Аммиак	30
Керосин	90
Нефть	80
Мазут	60

7 Порядок оценки последствий аварий на объектах по хранению и переработке конденсированных взрывчатых веществ

7.1 Порядок определения степеней разрушения зданий и сооружений

В соответствии с Табл. 8 определяется класс конденсированного взрывчатого вещества.

По графикам представленным на рис. 7.1 – 7.3 в зависимости от класса конденсированного взрывчатого вещества, его массы и расстояния определяются границы зон полных, сильных, средних и слабых степеней разрушения зданий и сооружений жилой и промышленной застройки.

Граница зоны расстекления определяется по графикам на Рис. 7.4.

Дальнейшая процедура расчета последствий аналогична п.4.3.1 настоящей Методики.

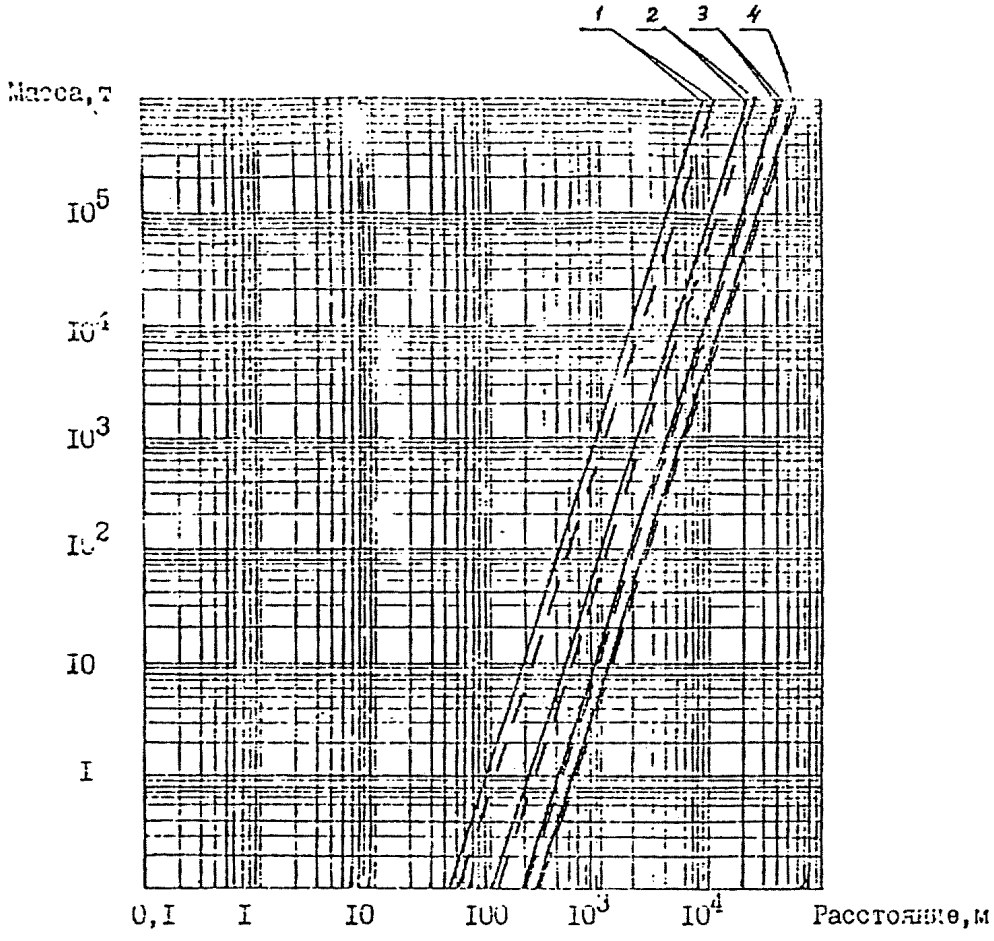

Рис. 7.1. Зависимости степеней разрушения зданий от массы и расстояния для I-го класса ЖВВ:

I – полная степень разрушения;
2 – сильная степень разрушения;
3 – средняя степень разрушения;
4 – слабая степень разрушения

———— промышленные здания

— — — жилые здания

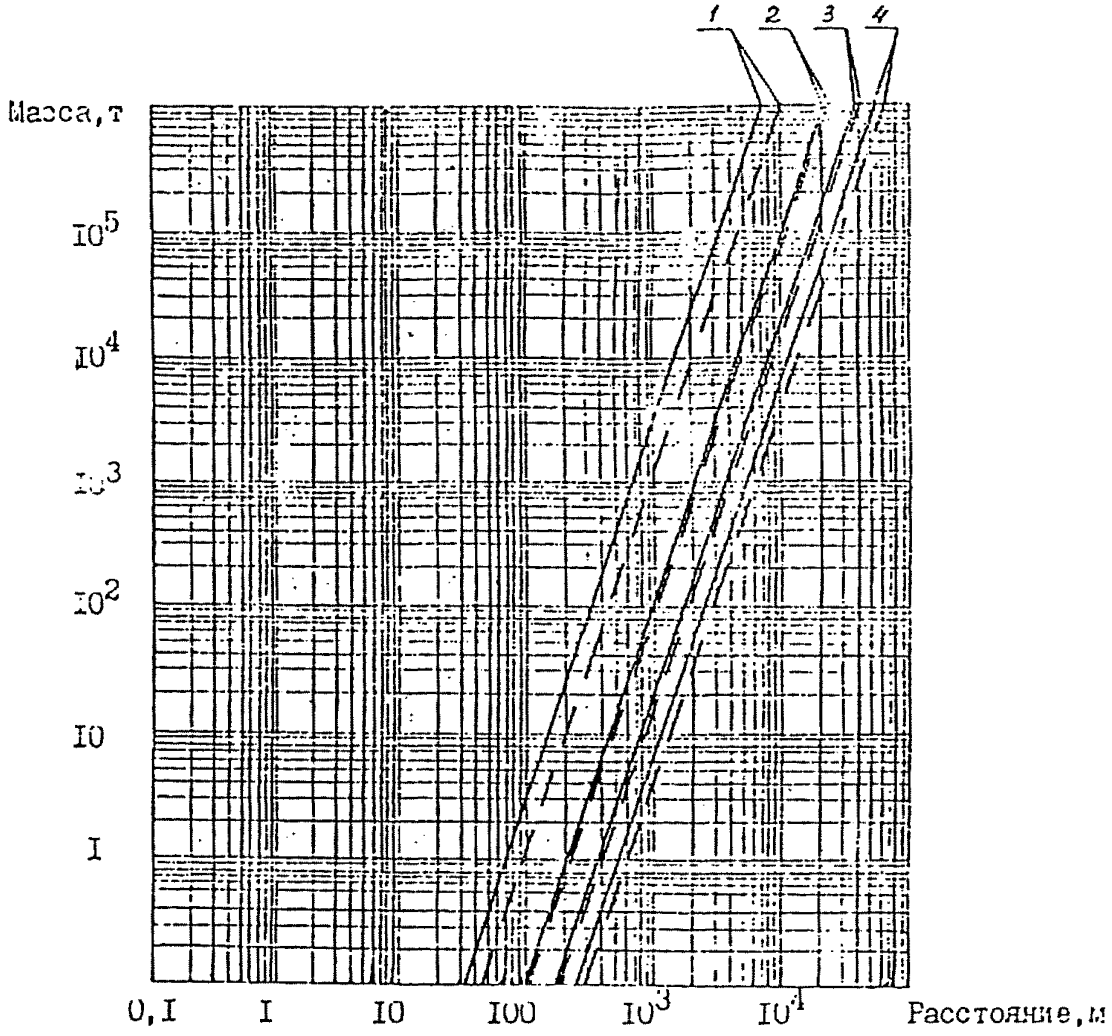

Рис. 7.2. Зависимости степеней разрушения зданий от массы и расстояния для 2-го класса ЦБ:

1 – полная степень разрушения;
2 – сильная степень разрушения;
3 – средняя степень разрушения;
4 – слабая степень разрушения
———— промышленные здания
— — — — жилые здания

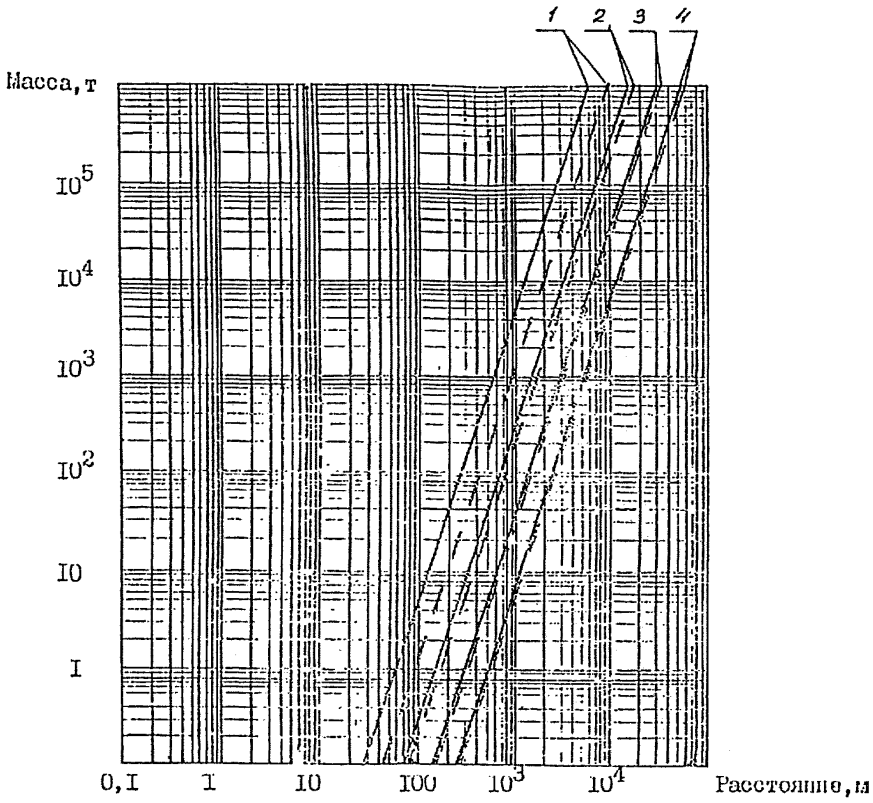

Рис. 7.3. Зависимости степеней разрушения зданий от массы и расстояния для 3-го класса КВВ:

1 – полная степень разрушения;
2 – сильная степень разрушения;
3 – средняя степень разрушения;
4 – слабая степень разрушения
——— промышленные здания
— — — жилые здания

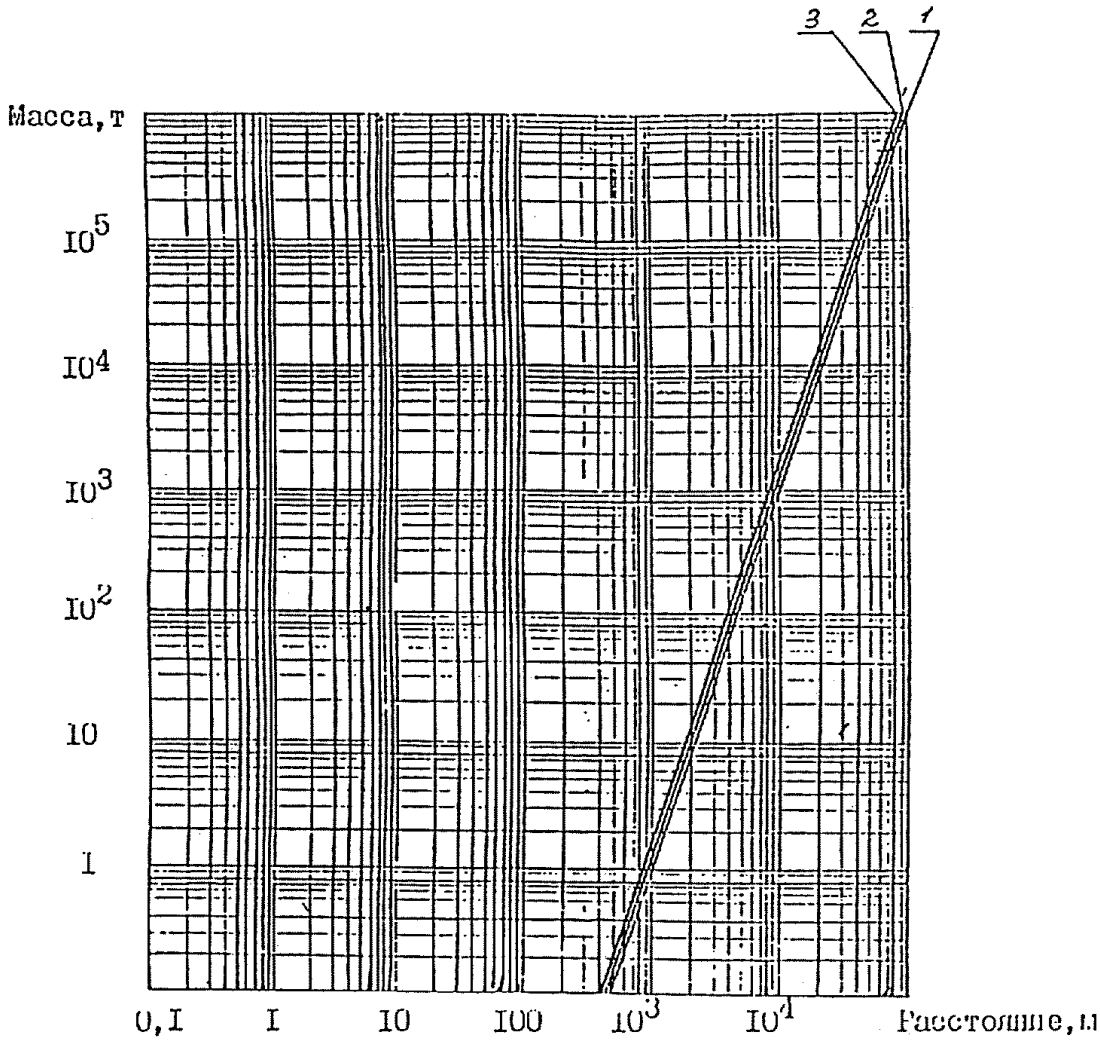

Рис. 7.4. Размеры зоны рассеивания при взрывах КВВ разных классов

Таблица 8: Классификация конденсированных взрывчатых веществ

Класс вещества		
1	2	3
ТЭН	Гексоген	Нитрометан
Нитроглицерин	ТГ 50/50	Нитрогуанидин
Октоген	ТГ 40/60	Тетрил
		Нитрат аммония
		ТНТ

Примечание: в случае, если вещество не внесено в классификацию, его следует классифицировать по аналогии с имеющимися в списке веществами, а при отсутствии информации о свойствах данного вещества, его следует отнести к классу 1, т.е. рассматривать наиболее опасный случай.

7.2 Порядок определения поражения людей

В соответствии с Табл. 8 определяется класс КВВ. По графикам, представленным на рис. 7.5 – 7.7 в зависимости от массы и класса КВВ определяются границы зон поражения людей с различным процентом выживших.

Дальнейшая процедура расчета последствий аналогична п. 4.3.1 настоящей Методики.

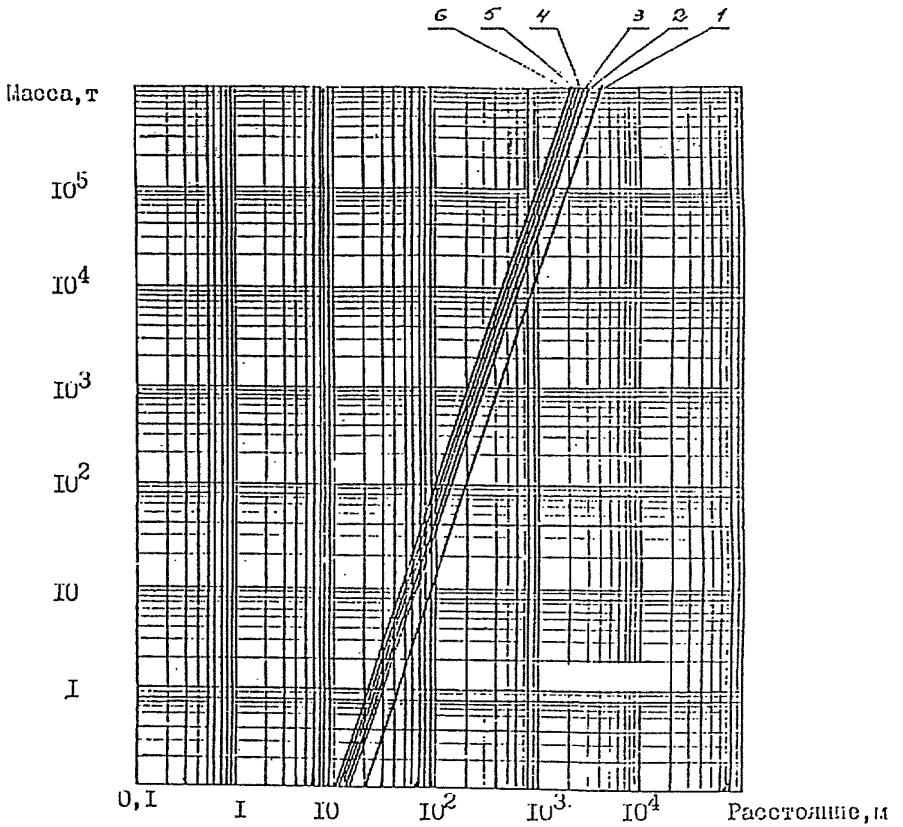

Рис. 7.5. Границы зон поражения людей при взрывах КВВ I-го класса

1 – порог поражения
2 – 1 % пораженных
3 – 10 % пораженных
4 – 50 % пораженных
5 – 90 % пораженных
6 – 99 % пораженных

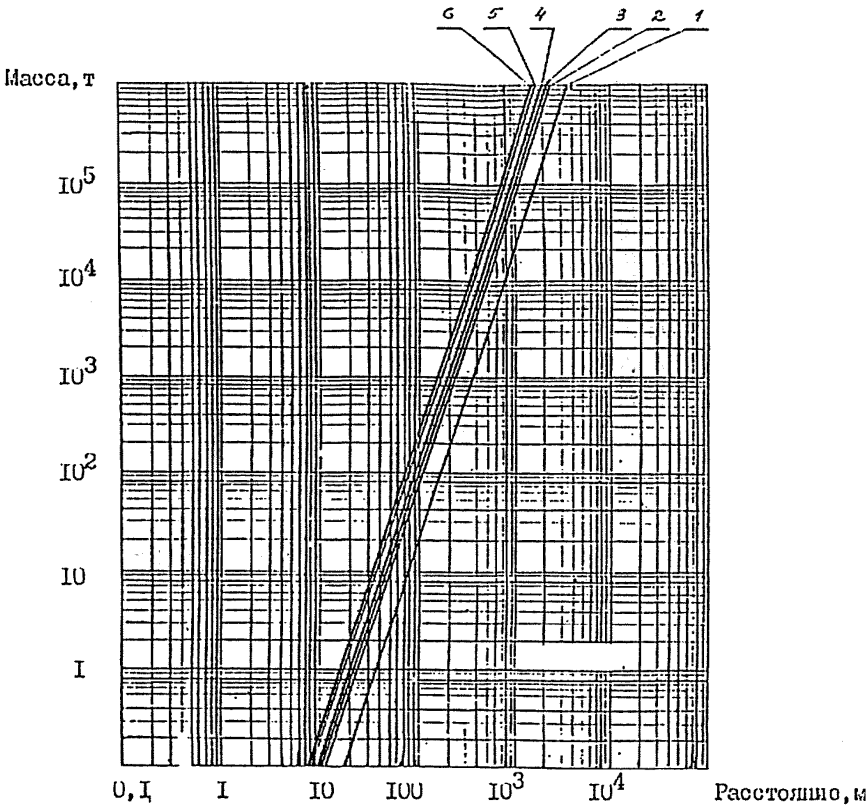

Рис. [illegible]. Границы зон поражения людей при взрывах КВВ 2-го класса

1 – порог поражения
2 – 1 % пораженных
3 – 10 % пораженных
4 – 50 % пораженных
5 – 90 % пораженных
6 – 99 % пораженных

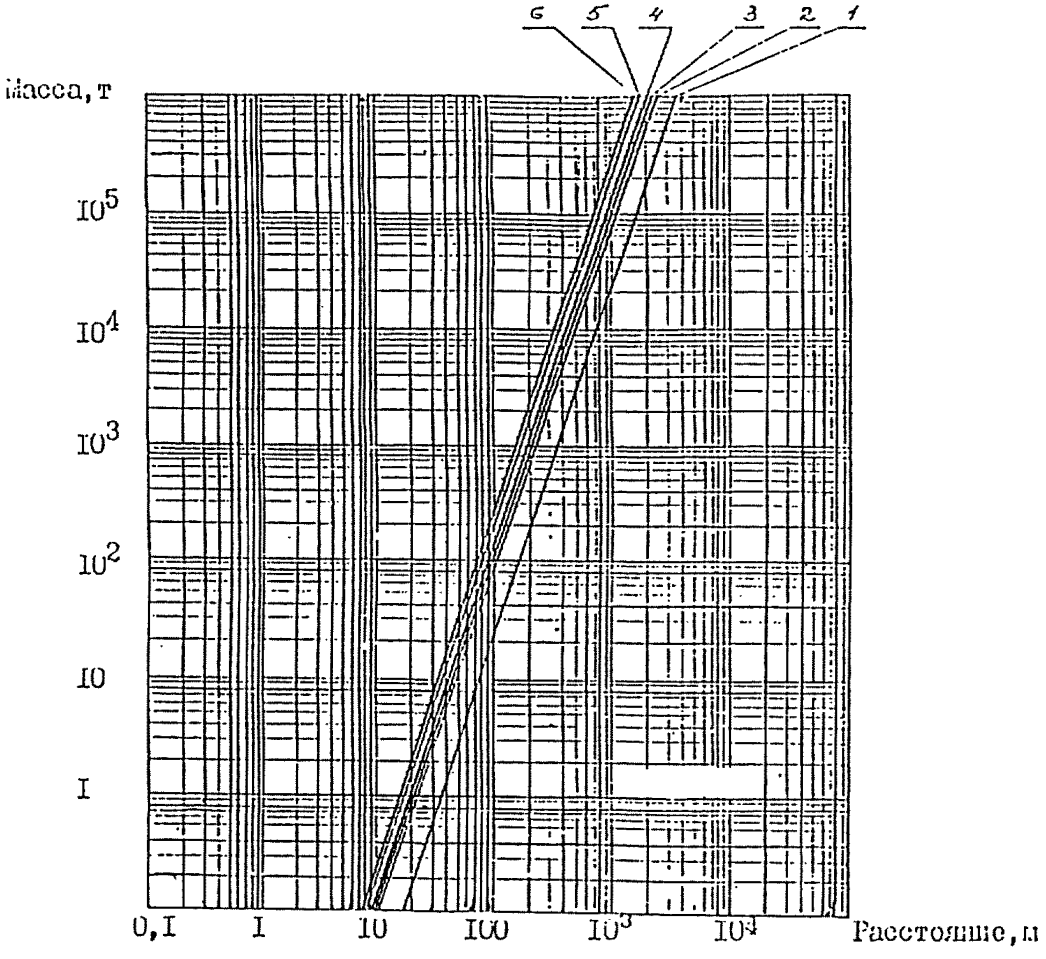

Рис. 7.7. Границы зон поражения людей при взрывах КБВ 3-го класса

1–порог поражения	4–50 % пораженных
2–1 % пораженных	5–90 % пораженных
3–10 % пораженных	6–99 % пораженных

8 Примеры расчета.

8.1.Определить количество погибших среди персонала объекта в случае мгновенного разрушения резервуара с пропаном емкостью 100 т. Плотность персонала на территории объекта – 0.001 чел/кв.м. Резервуар окружен технологическим оборудованием, размещенным с высокой плотностью.

Решение:

1) В соответствии с п.п. 4.1 и 2.8 определяем, что при взрыве образовавшегося облака ТВС в реакции примет участие 100 т пропана, а при образовании огневого шара – 60 т.

2) По Табл. 2 определяем класс пространства, окружающего место аварии – 2 (сильнозагроможденное пространство); по Табл. 3 определяем класс вещества – 2; по Табл. 4 определяем вероятный режим взрывного превращения – 2.

3) По графику на Рис.4.9 определяем, что:

радиус зоны, в которой погибнет 99% людей составляет 120 м, площадь – 45 тыс.кв.м, а число погибших – 45 чел.;

радиус зоны, в которой погибнет от 90% до 99% (среднее – 95%) составляет 135 м, площадь – 12 тыс.кв.м, число погибших – 12 чел.;

радиус зоны, в которой погибнет от 50% до 90% (среднее – 70%) составляет 150 м, площадь – 13,4 тыс.кв.м, число погибших – 9 чел.;

радиус зоны, в которой погибнет от 10% до 50% (среднее – 30%) составляет 166 м, площадь – 15,9 тыс.кв.м, число погибших – 5 чел.

Общее число погибших может составить 71 чел.

4) По формуле (6) определяем радиус огневого шара, который может образоваться в результате аварии – 114 м.

Площадь зоны, покрываемой огневым шаром составит 41 тыс.кв.м, а число погибших составит 41 чел.

5) По формуле (7) определяем, что время существования огневого шара составит 15 с. Из Табл. 5 определяем, что тепловой поток на поверхности огневого шара составляет 195 кВт/кв.м.

6) По графику на Рис.4.15 определяем, что гибель людей с вероятностью > 95% будет происходить при индексе дозы теплового излучения $3 \cdot 10^7$.

Индексу дозы 3×10^7 будет соответствовать тепловой поток 62,2 кВт/кв.м, который будет наблюдаться на расстоянии 202 м от центра огневого шара, площадь зоны составит 87.3 тыс.кв.м, а число погибших – 87 чел.

7) По графику на Рис.4.15 определяем, что гибель людей с вероятностью от 65% до 95% (среднее – 80%) будет происходить при индексе дозы теплового излучения $2 \cdot 10^7$.

Индексу дозы $2 \cdot 10^7$ будет соответствовать тепловой поток 39,2 кВт/кв.м, который будет наблюдаться на расстоянии 254 м от центра огневого шара, площадь зоны составит 74.7 тыс.кв.м, а число погибших – 60 чел.

8) По графику на Рис.4.15 определяем, что гибель людей с вероятностью от 25% до 65% (среднее – 45%) будет происходить при индексе дозы теплового излучения 10^7.

Индексу дозы 10^7 будет соответствовать тепловой поток 23,3 кВт/кв.м, который будет наблюдаться на расстоянии 337 м от центра огневого шара, площадь зоны составит 154 тыс.кв.м, а число погибших – 69 чел.

9) По графику на Рис.4.15 определяем, что гибель людей с вероятностью от 5% до 25% (среднее – 15%) будет происходить при индексе дозы теплового излучения $7 \cdot 10^6$.

Индексу дозы $7 \cdot 10^6$ будет соответствовать тепловой поток 17,9 кВт/кв.м, который будет наблюдаться на расстоянии 376 м от центра огневого шара, площадь зоны составит 187 тыс.кв.м, а число погибших – 13 чел.

Всего при такой аварии может погибнуть 207 чел.

Примечание: полученная величина значительно превышает реально возможное число погибших, т.к. в Методике не учитывается экранирующее действие зданий и сооружений. С учетом данного фактора число погибших вне зоны прямого воздействия огневого шара будет в 4 – 5 раз меньше.

8.2. Определить радиус зоны расстекления в случае аварии на газопроводе метана с давлением $2 \cdot 10^6$ Па. Температура воздуха в момент аварии $-10^0 C$ (263 К).

Решение:

1) По Справочнику находим молекулярный вес метана – 16.

2) По формуле (14) вычисляем плотность газа в трубопроводе:
$\rho = 16 \times 2 \times 10^6/(8314 \times 263) = 14.6 кг/куб.м.$

3) По формуле (13) вычисляем массу метана в облаке:
$M = 66 \times 0.126 \times (2 \cdot 10^6 \times 14.6)^{1/2} = 44937 кг \sim 45 т.$

4) По Табл. 2 определяем, что класс окружающего пространства – 3, класс топлива – 4, а вероятный режим взрывного превращения – 5.

По графику на Рис.4.16 определяем радиус зоны расстекления – 1350 м.

8.3. Определить, на каком расстоянии от горящего разлития мазута может произойти возгорание автомобильной резины.

Решение:

1) Из Табл. 7 определяем, что тепловой поток на поверхности пламени составит 60 кВт/кв.м.

2) Из Табл. 6 определяем, что воспламенение автомобильной резины может произойти при воздействии теплового потока 15 кВт/кв.м.

3) По формуле (18) определяем, что расстояние составит
$33 \cdot ln(1.25 \cdot 60/15) = 53м.$

gost.e-ecolog.ru