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 1)

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 1)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

ЭКСПРЕСС – МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЗРЫВНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

МОСКВА 1994

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

ЭКСПРЕСС-МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЗРЫВНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

МОСКВА
ВНИИ ГОЧС 1994

Аннотация

Методика предназначена для оперативного прогнозирования последствий аварий, сопровождающихся взрывными явлениями на промышленных предприятиях, использующих в своем технологическом цикле взрывоопасные вещества, а также на объектах хранения и транспортировки указанных 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 разработана во ВНИИ ГОЧС кандидатом технических наук Бодриковым О. В. и Юзбековым Н. С.

Содержание

1 Назначение методики 36

2 Определения и допущения 36

3 Перечень исходных данных 38

4 Прогнозирование последствий взрывных явлений на промышленных объектах 38

4.1 Порядок расчета последствий взрывов топливовоздушных смесей 38

4.1.1 Порядок определения степеней разрушений зданий и сооружений 38

4.1.2 Порядок определения поражения людей 39

4.2 Порядок расчета последствий при взрывах на промышленных объектах конденсированных взрывчатых веществ 40

4.2.1 Порядок определения степеней разрушения зданий и сооружений 40

4.2.2 Порядок определения поражения людей 40

4.3 Порядок расчета последствий осколочного действия при разрыве сосудов высокого давления. 45

5 Примеры расчета 45

6 Приложение. Справочные данные 53

1 Назначение методики

Методика предназначена для оперативного решения следующих задач:

- прогнозирование степеней повреждения зданий и сооружений, находящихся на территории объекта и вне его (селитебная и промышленная зоны);
- прогнозирование безвозвратных потерь персонала объекта и населения.

Методика предназначена для практической деятельности работников РСЧС и гражданской обороны.

2 Определения и допущения

2.1. В Методике изложены вопросы оперативного прогнозирования последствий взрывных явлений на промышленных объектах. В качестве веществ, способных участвовать во взрывных явлениях, рассматриваются вещества, способные к образованию взрывоопасных топливовоздушных смесей (ТВС), и конденсированные взрывчатые вещества (КВВ).

2.2. Под последствиями взрывных явлений на промышленных объектах понимаются:

- поражение персонала объекта и населения;
- разрушение зданий и сооружений, расположенных на объекте и окружающих его.

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.

2.3. В качестве поражающих факторов взрывных явлений на промышленных объектах приняты наиболее характерные для таких аварий поражающие факторы -- воздушная ударная волна (ВУВ), образующаяся в результате взрывов ТВС или КВВ, а также осколочное действие, возникающее при разрыве сосудов высокого давления.

Количественная оценка поражающего действия указанных факторов определена на основе расчета следующих параметров:

- избыточного давления во фронте ударной волны;
- продолжительности фазы сжатия ударной волны;
- импульса фазы сжатия ударной волны;
- массы осколков;
- дальности полета осколков;
- скорости полета осколков.

Параметры поражающих факторов при взрывных явлениях приведены для летнего периода времени.

Дрейф облака ТВС в данной Методике не учитывается.

2.4. В качестве явлений, инициирующих ЧС на промышленных объектах, рассматриваются:

- детонация облаков ТВС;

- дефлаграция облаков ТВС;
- взрыв КВВ;
- разрыв сосудов высокого давления.

2.5. В качестве веществ, способных к образованию топливовоздушных смесей, рассматриваются:

- сжиженные природные и нефтяные газы;
- жидкие топлива;
- другие взрывоопасные вещества (в соответствии с Табл.1 Приложения).

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

- для людей – количество человек, получающих смертельное поражение (без учета влияния мер экстренной медицинский 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.

Последствия осколочного действия при разрыве сосудов высокого давления оцениваются количеством человек, получающих смертельное поражение (без учета влияния мер экстренной медицинской помощи) при условии их нахождения на открытой местности.

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

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

3 Перечень исходных данных

3.1. Исходные данные для прогнозирования последствий взрывов топливовоздушных смесей.

- тип топлива, содержащегося на объекте (в соответствии с Табл.1 Приложения);
- масса топлива, находящегося в различных местах объекта (резервуарах, установках и т.п.);
- класс окружающего пространства (в соответствии с Табл.2 Приложения);
- план объекта и прилегающей территории с картограммой распределения людей.

3.2. Исходные данные для прогнозирования последствий взрывов конденсированных взрывчатых веществ:

- тип КВВ, содержащегося на объекте (в соответствии с Табл.3 Приложения);
- масса КВВ, находящегося в различных местах объекта;
- план объекта и прилегающей территории с картограммой распределения людей.

3.3. Исходные данные для прогнозирования последствий осколочного действия при разрыве сосудов высокого давления:

- объем сосудов высокого давления, находящихся в различных местах объекта;
- план объекта и прилегающей территории с картограммой распределения людей.

4 Прогнозирование последствий взрывных явлений на промышленных объектах

4.1 Порядок расчета последствий взрывов топливовоздушных смесей

4.1.1 Порядок определения степеней разрушений зданий и сооружений

Определение возможных последствий взрывов облаков ТВС зависит от режима их взрывного превращения.

Ожидаемый режим взрывного превращения (с первого по третий, 1 – детонация; 2,3 - дефлаграция) определяется с помощью Табл. 2 в зависимости от класса топлива (Табл. 1 Приложения) и класса окружающего пространства (Табл. 2 Приложения).

Таблица 2: Режимы взрывного превращения облаков ТВС

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

При отсутствии данных о количестве топлива, участвующего во взрыве, масса топлива содержащегося в облаке определяется по формуле:

$$M = 0.1 M_m \qquad (1)$$

где M_m – масса топлива, содержащегося в резервуаре (установке).

В соответствии с выбранным режимом взрывного превращения, а также в зависимости от массы топлива, содержащегося в облаке и интересующего расстояния по графикам (рис. 4.1–4.3) определяются границы зон полных, сильных, средних и слабых степеней разрушения зданий и сооружений жилой и промышленной застройки.

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

При наличии на объекте нескольких источников возможного образования облаков ТВС расчеты проводятся для каждого из них.

4.1.2 Порядок определения поражения людей

Определяется режим взрывного превращения облака ТВС и масса топлива, содержащегося в облаке (аналогично п. 4.1.1 настоящей методики).

По графикам, представленным на рис. 4.4 – 4.6 в зависимости от режима взрывного превращения, а также массы топлива, содержащегося в облаке, определяются границы зон поражения людей.

Количество погибших людей на открытой местности ($N_м$) определяется по формуле:

$$N_м = \sum_{i=2}^{6} n_i (1 - \frac{P_i}{100}), \qquad (2)$$

где i – номер зоны;

n_i – количество людей, попавших в i-ю зону (определяется по картограмме распределения людей);

P_i – процент выживающих в i-й зоне людей.

Количество погибших людей в зданиях ($N_з$) определяется по формуле:

$$N_з = \sum_{i=1}^{4} n_i^ж (1 - \frac{p_i^ж}{100}) + \sum_{i=3}^{4} n_i^п (1 - \frac{p_i^п}{100}), \qquad (3)$$

где $n_i^ж$ – количество людей, попавших в жилые и административные здания, находящиеся в i-ой зоне (определяется по картограмме распределения людей);

$p_i^ж$ – процент людей, выживающих в жилых и административных зданиях, попавших в i-ую зону (зона определяется в соответствии с п. 4.1.1);

$$p_1^ж = 98\%; p_2^ж = 94\%; p_3^ж = 85\%; p_4^ж = 30\%;$$

n_i - количество людей, находящихся в промышленных зданиях и сооружениях, попавших в i-ую зону (определяется по картограмме распределения людей);

$p_i^п$ – процент людей, выживающих в промышленных зданиях и сооружениях, попавших в i-ую зону (зона определяется в соответствии с п. 4.1.1);

$$p_3^{\text{п}} = 90\%; p_4^{\text{п}} = 40\%;$$

Общее количество погибших определяется по формуле

$$N = N_{\text{м}} + N_{\text{з}} \qquad (4)$$

Полученное значение общего количества погибших (N) округляется до ближайшего целого.

При наличии на объекте нескольких источников возможного образования облаков ТВС расчеты проводятся для каждого из них.

4.2 Порядок расчета последствий при взрывах на промышленных объектах конденсированных взрывчатых веществ

4.2.1 Порядок определения степеней разрушения зданий и сооружений

В соответствии с Табл.3 Приложения определяется класс конденсированного взрывчатого вещества.

По графикам, представленным на рис. 4.7–4.9, 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.

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

При наличии на объекте нескольких источников возможного образования облаков ТВС расчеты проводятся для каждого из них.

4.2.2 Порядок определения поражения людей

В соответствии с Табл.3 Приложения определяется класс КВВ.

По графикам, представленным на рис. 4.10-4.12, в зависимости от массы и класса КВВ определяются границы зон поражения людей.

Количество погибших людей на открытой местности ($N_{\text{м}}$) определяется по формуле:

$$N_{\text{м}} = \sum_{i=2}^{6} n_i\left(1 - \frac{P_i}{100}\right), \qquad (5)$$

где i – номер зоны;

n_i – количество людей, попавших в i-ю зону (определяется по картограмме распределения людей);

P_i – процент выживающих в i-й зоне людей.

Количество погибших людей, находящихся в зданиях ($N_{\text{з}}$), определяется по формуле:

$$N_{\text{з}} = \sum_{i=1}^{4} n_i^{\text{ж}}\left(1 - \frac{p_i^{\text{ж}}}{100}\right) + \sum_{i=3}^{4} n_i^{\text{п}}\left(1 - \frac{p_i^{\text{п}}}{100}\right), \qquad (6)$$

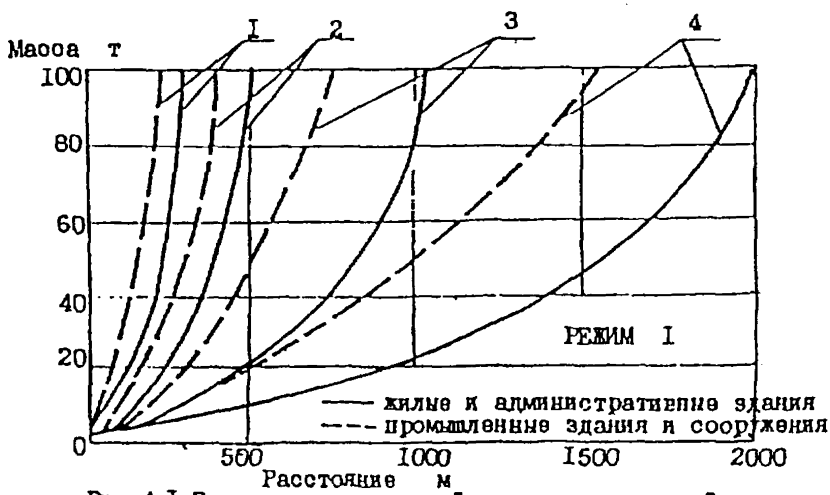

Рис.4.1 Зависимости степеней разрушения зданий от массы топлива и расстояния: 1-граница зоны полных разрушений;
2-граница зоны сильных разрушений;
3-граница зоны средних разрушений;
4-граница зоны слабых разрушений.

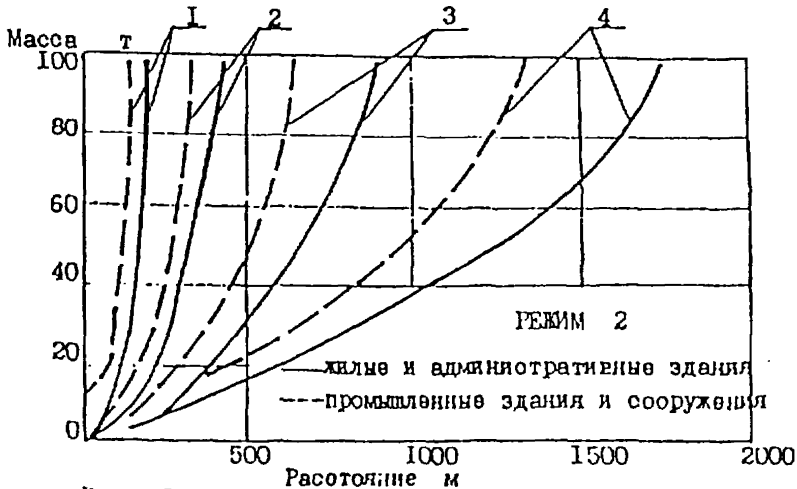

Рис.4.2 Зависимости степеней разрушения зданий от массы топлива и расстояния: 1-граница зоны полных разрушений;
2-граница зоны сильных разрушений;
3-граница зоны средних разрушений;
4-граница зоны слабых разрушений.

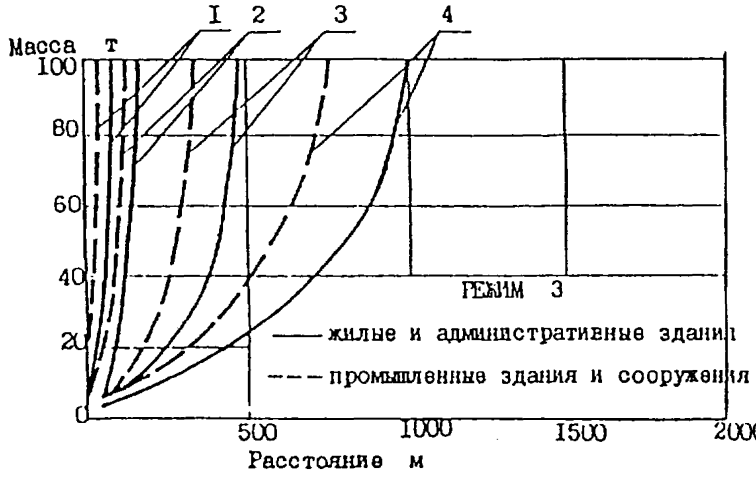

Рис.4.3 Зависимости степеней разрушения зданий от массы топлива и расстояния: I-граница зоны полных разрушений;
2-граница зоны сильных разрушений;
3-граница зоны средних разрушений;
4-граница зоны слабых разрушений.

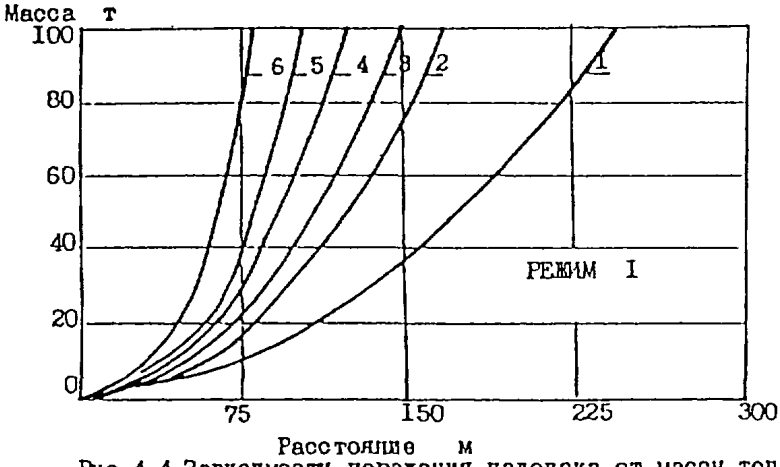

Рис.4.4 Зависимости поражения человека от массы топлива в облаке и расстояния: 1-граница порога поражения;
2-граница 99% выживших;
3-граница 90% выживших;
4-граница 50% выживших;
5-граница 10% выживших;
6-граница 1% выживших.

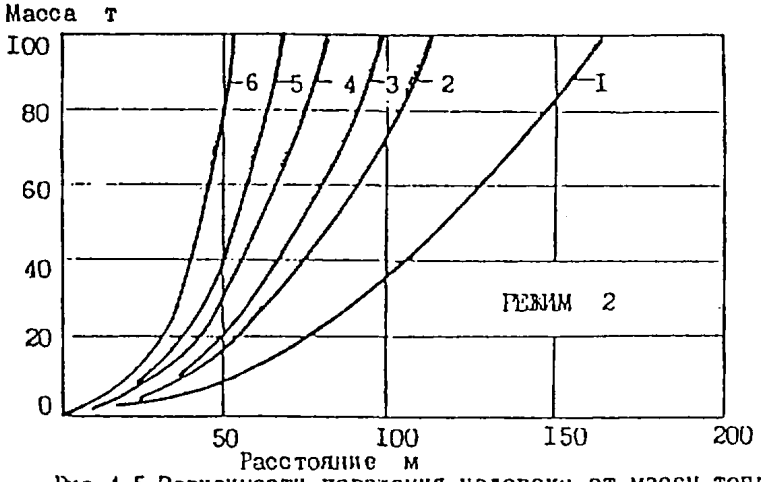

Рис.4.5 Зависимости поражения человека от массы топлива в облаке и расстояния: 1-граница порога поражения;
2-граница 99% выживших;
3-граница 90% выживших;
4-граница 50% выживших;
5-граница 10% выживших;
6-граница 1% выживших.

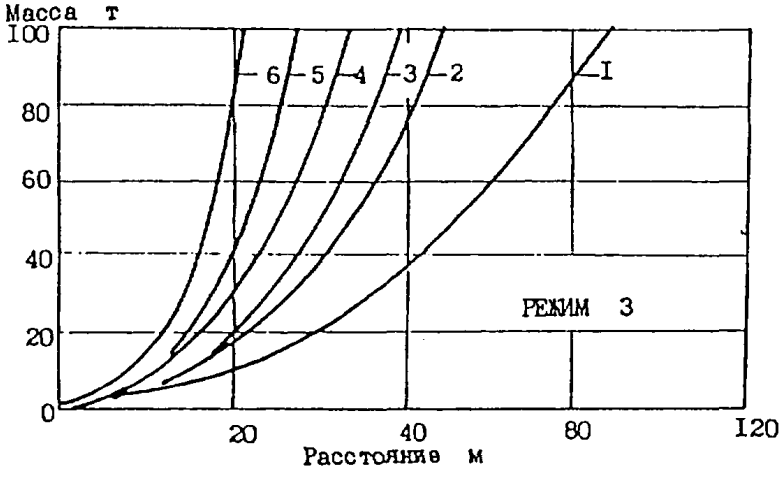

Рис.4.6 Зависимости поражения человека от массы топлива в облаке и расстояния: 1-граница порога поражения;
2-граница 99% выживших;
3-граница 90% выживших;
4-граница 50% выживших;
5-граница 10% выживших;
6-граница 1% выживших.

где $n_i^ж$ – количество людей, попавших в жилые и административные здания, находящиеся в i-ой зоне (определяется по картограмме распределения людей);

$p_i^ж$ – процент людей, выживающих в жилых и административных зданиях, попавших в i-ую зону (зона определяется в соответствии с п. 4.2.1);

$$p_1^ж = 98\%; p_2^ж = 94\%; p_3^ж = 85\%; p_4^ж = 30\%;$$

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

$p_i^п$ – процент людей, выживающих в промышленных зданиях и сооружениях, попавших в i-ую зону (зона определяется в соответствии с п. 4.2.1);

$$p_3^п = 90\%; p_4^п = 40\%;$$

Общее количество погибших определяется по формуле

$$N = N_ж + N_з \qquad (7)$$

Полученное значение общего количества погибших (N) округляется до ближайшего целого.

При наличии на объекте нескольких источников возможного образования облаков ТВС расчеты проводятся для каждого из них.

4.3 Порядок расчета последствий осколочного действия при разрыве сосудов высокого давления

Количество людей, получающих смертельное поражение при разрыве сосудов высокого давления, определяется в зависимости от объема сосуда и плотности промышленного персонала и населения на территории, прилегающей к месту аварии по графику, изображенному на Рис. 4.13.

5 Примеры расчета

Пример 1

На одной из кустовых баз сжиженных газов при перекачке газа на сливной эстакаде произошел разрыв железнодорожной цистерны, содержащей 50 тонн сжиженного пропана. В результате испарения разлившегося газа, в пределах воспламенения оказалось практически вся масса газа, перевозившаяся в цистерне. Воспламенение облака привело к возникновению взрывного режима его превращения.

В районе расположения сливной эстакады, на удалении приблизительно 80 м находилось 8 рабочих. На расстоянии 400 м от сливной эстакады расположено административное здание объекта, в котором в момент аварии находилось 40 человек.

Необходимо определить последствия указанной аварии на промышленном объекте.

Решение

Сформируем исходные данные для дальнейших расчетов:

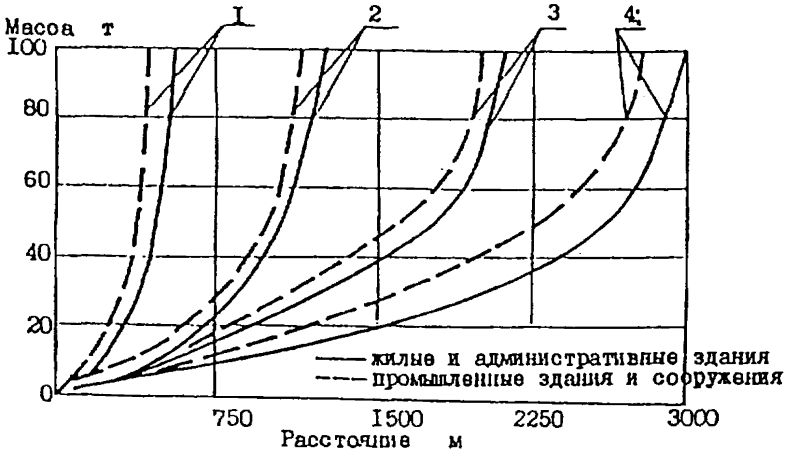

Рис.4.7 Зависимости степеней разрушения зданий от массы и расстояния для 1-го класса КВВ: 1-граница зоны полных разрушений;
2-граница зоны сильных разрушений;
3-граница зоны средних разрушений;
4-граница зоны слабых разрушений.

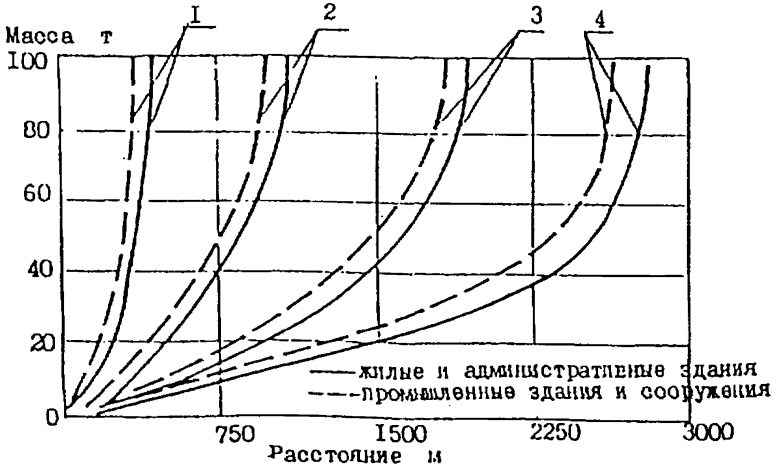

Рис.4.8 Зависимости степеней разрушения зданий от массы и расстояния для 2-го класса КВВ: 1-граница зоны полных разрушений;
2-граница зоны сильных разрушений;
3-граница зоны средних разрушений;
4-граница зоны слабых разрушений.

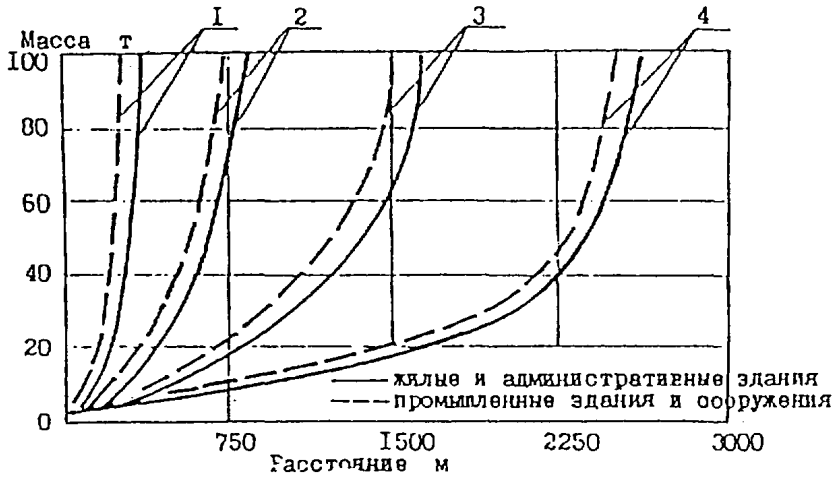

Рис.4.9 Зависимости степеней разрушения зданий от массы и расстояния для 3-го класса КВВ: 1-граница зоны полных разрушений;
2-граница зоны сильных разрушений;
3-граница зоны средних разрушений;
4-граница зоны слабых разрушений.

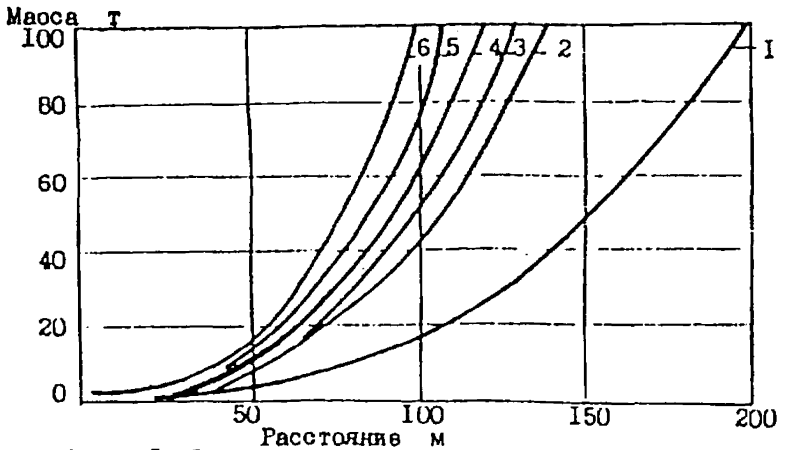

Рис.4.10 Зависимости поражения человека от массы и расстояния для 1-го класса КВВ: 1-граница порога поражения;
2-граница 99% выживших;
3-граница 90% выживших;
4-граница 50% выживших;
5-граница 10% выживших;
6-граница 1% выживших.

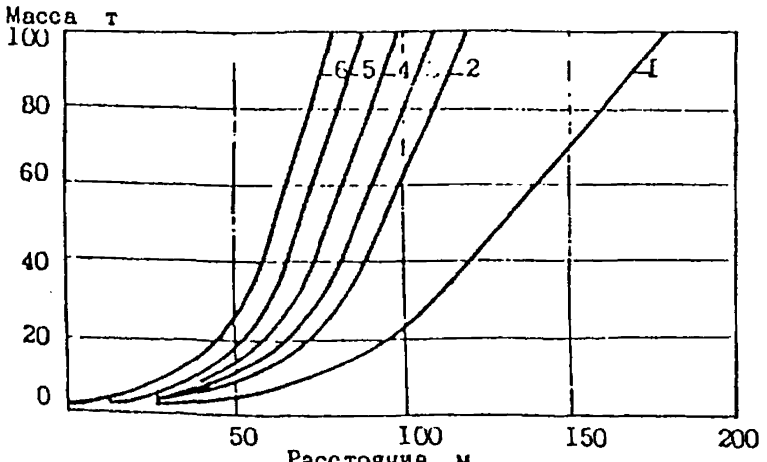

Рис.4.11 Зависимости поражения человека от массы и расстояния для 2-го класса КВВ: 1-граница порога поражения;
2-граница 99% выживших;
3-граница 90% выживших;
4-граница 50% выживших;
5-граница 10% выживших;
6-граница 1% выживших.

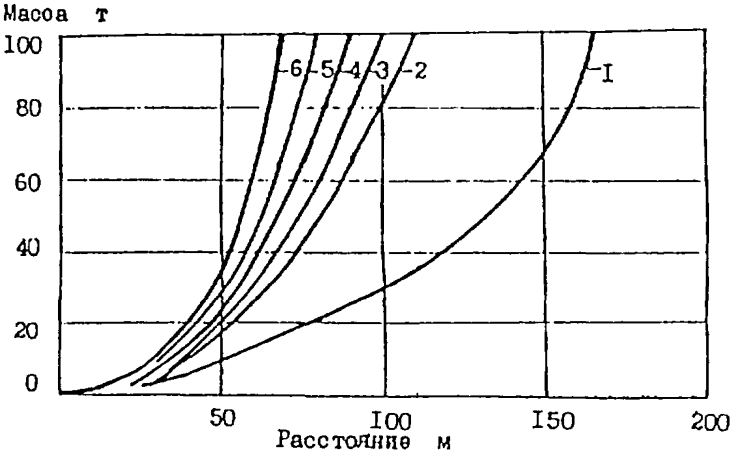

Рис.4.I2 Зависимости поражения человека от массы и расстояния для 3-го класса КВВ: I-граница порога поражения;
2-граница 99% выживших;
3-граница 90% выживших;
4-граница 50% выживших;
5-граница I0% выживших;
6-граница I% выживших.

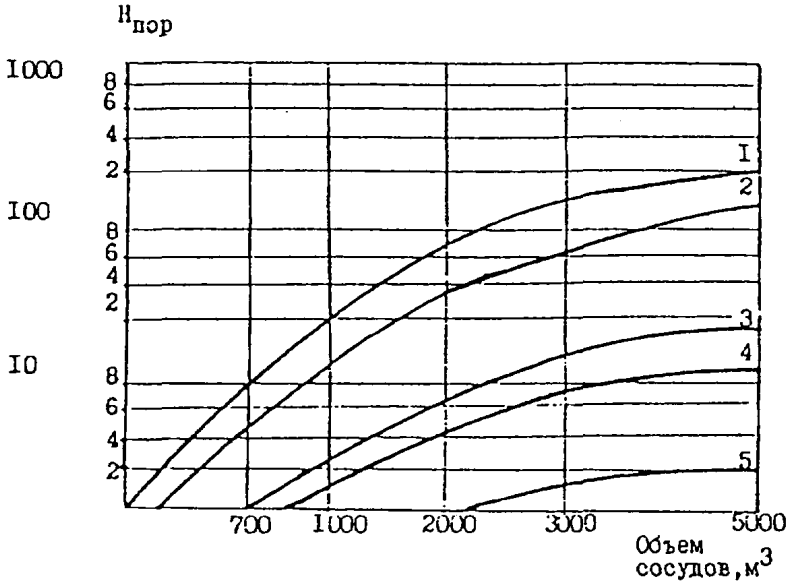

Рис.4.13 Зависимости количества людей, получающих смертельное поражение от осколочного действия при разрыве сосудов высокого давления при различной плотности расположения людей:

1 – 0.1 чел/$м^2$
2 – 0.05 чел/$м^2$
3 – 0.01 чел/$м^2$
4 – 0.005 чел/$м^2$
5 – 0.001 чел/$м^2$

- тип топлива – пропан;
- масса топлива, содержащегося в облаке M = 50 т;
- окружающее пространство – слабозагроможденное.

Исходя из классификации веществ, определяем, что пропан относится ко второму классу опасности (сжиженный газ, Табл. 1 Приложения). Геометрические характеристики окружающего пространства относится к классу 2.

По Табл. 2 определяем ожидаемый режим взрывного превращения облака – второй.

Для заданного расстояния 400 м по графику, изображенному на рис. 4.3, определяем, что административное здание объекта получит среднюю степень разрушения.

По графику, изображенному на Рис. 4.5, определяем , что 8 рабочих, находящихся в районе расположения сливной эстакады (50 м от эпицентра взрыва), попадают в 3 зону.

В соответствии с формулой (2) определяем количество погибших на открытой местности

$$N_{\text{п}} = 8(1 - \frac{90}{100}) \approx 1.$$

В соответствии с формулой (3) определяем количество погибших в административном здании

$$N_{\text{з}} = 40(1 - \frac{85}{100}) = 6.$$

Общее количество погибших определяется по формуле (4) и для данного примера составит 7 человек.

Пример 2

На объекте хранения КВВ, произошел взрыв октогена массой 30 тонн. В районе расположения объекта хранения (на удалении 80 м) находится 10 человек. На удалении 2,5 км от объекта хранения КВВ находится поселок городского типа с жилыми и промышленными зданиями.

Необходимо определить последствия указанной чрезвычайной ситуации на объекте хранения КВВ.

Решение

Сформируем исходные данные для дальнейших расчетов:

- тип КВВ - октоген;
- масса КВВ – 30 тонн.

Исходя из классификации КВВ (Табл. 2 Приложения) определяем, что октоген относится к 1 классу взрывчатых веществ.

По графику, изображенному на Рис. 4.7, определяем, что жилые и промышленные здания городского типа останутся неповрежденными.

По графику, представленному на Рис. 4.10, определяем, что 8 человек, находящиеся на объекте хранения КВВ, попадают в 3 зону.

В соответствии с формулой (5) определяем количество погибших на открытой местности

$$N_{\text{п}} = 10(1 - \frac{90}{100}) = 1.$$

Поскольку здания и сооружения поселка городского типа остаются неповрежденными, в результате аварии погибнет только 1 человек.

Пример 3

Предположим, что на одной из кустовых баз сжиженных газов резервуар повышенного давления объемом 2000 м^3 может разорваться. Средняя плотность расположенного промышленного персонала и людей на территории, прилегающей к месту аварии, составляет 0.01 чел/м^2.

Определить последствия возможной аварии.

Решение

По графику, изображенному на Рис. 1.13, определяем, что для резервуара объемом 2000 м^3 потери составят 7 человек.

6 Приложение. Справочные данные

Таблица 1

Классификация взрывоопасных веществ

класс 1	класс 2	класс 3	класс 4
ацетилен	акрилонитрил	ацетальдегид	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	
		этилформиат	
		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

gost.e-ecolog.ru