

ситуациях и возможности восстановления управления при его нарушении).

По всем названным параметрам разрабатываются предложения, способствующие повышению устойчивости объекта в целом, и после экономического анализа и изыскания средств на объекте переходят к осуществлению этих предложений.

Координирующие и контрольные функции по всем вопросам повышения устойчивости объектов в ЧС выполняют Министерство по чрезвычайным ситуациям РФ и соответствующие структуры российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях.

ТЕМА 1

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЗРЫВНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ [2]

В качестве последствий взрывных явлений на промышленных объектах в настоящем пособии рассматриваются:

- разрушение зданий и сооружений, расположенных на объекте;
- поражение работающего на объекте персонала.

Перечень веществ, способных участвовать во взрывных явлениях, представлен в табл. 1. В него включены вещества, способные образовывать в атмосфере взрывоопасные топливно-воздушные смеси (ТВС). Вещества, не включенные в табл. 1, классифицируются по аналогии с имеющимися в списке веществами. При отсутствии информации о свойствах какого-либо вещества, способного образовывать взрывоопасную ТВС, его относят к классу 1, т.е. предполагают наиболее опасный случай.

Инициировать чрезвычайные ситуации на промышленных объектах могут следующие явления:

- 1) детонация облаков ТВС;
- 2) дефлаграция (выгорание) облаков ТВС;
- 3) разрыв сосудов высокого давления.

При этом под детонацией понимается процесс химического превращения взрывчатого вещества, происходящий в очень тонком слое и распространяющийся со сверхзвуковой скоростью (до 9 км/с). Детонация представляет собой комплекс мощной ударной волны и следующей за ее фронтом зоны химического превращения вещества (детонационная волна).

В качестве поражающих факторов взрывных явлений рассматриваются наиболее характерные из них:

- 1) воздушная ударная волна, образующаяся в результате взрывов ТВС;
- 2) осколочное действие, возникающее при разрыве сосудов высокого давления.

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
Оксид пропилен	Бутадиен	Генераторный газ	Метан
Изопропилнитрат	Пропан	Изооктан	Метилбензол
Оксид этилена	Пропилен	Метиламин	Метилмеркаптан
Этилнитрат	Сероуглерод	Метилацетат	Метилхлорид
	Этан	Метилбутил	Нафталин
	Этилен	Кетон	Оксид углерода
	Эфиры:	Метилпропил	Фенол
	- диметилловый	Метилэтил	Хлорбензол
	- дивинилловый	Октан	Этилбензол
	- метилбутиловый	Пиридин	
		Сероводород	
		Спирты:	
		- метилловый	
		- этиловый	
		- пропиловый	
		- амиловый	
		- изобутиловый	
		- изопропиловый	
		Циклогексан	
		Этиформат	
		Этилхлорид	

Показателями последствий взрывных явлений на промышленных объектах вследствие действия взрывной ударной волны являются:

- для окружающей место аварии застройки – степени разрушения зданий и сооружений промышленной и селитебной зон; описание степеней разрушений зданий и сооружений приведено в табл. 2;
- для людей – количество человек, получающих смертельное поражение (без учета влияния мер экстренной медицинской помощи) при условии их нахождения на открытой местности, в зданиях и сооружениях.

Последствия осколочного действия при разрыве сосудов высокого давления оцениваются количеством человек, получающих смертельное поражение.

ение (без учета влияния мер экстренной медицинской помощи) при условии их нахождения на открытой местности.

Степени разрушения зданий и сооружений

Таблица 2

Наименование степени	Характеристика степеней разрушения
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

Исходные данные для прогнозирования

Для прогнозирования последствий взрывов ТВС необходимы следующие исходные данные:

- 1) тип взрывоопасного вещества, содержащегося на объекте (в соответствии с табл. 1);
- 2) масса взрывоопасного вещества, находящегося в различных местах объекта;
- 3) класс окружающего пространства (в соответствии с табл. 3);
- 4) план объекта и прилегающей территории с картограммой распределения людей.

Для прогнозирования последствий осколочного действия при разрыве сосудов высокого давления требуются следующие исходные данные:

- 1) объем сосудов высокого давления, находящихся в различных местах объекта;

- 2) план объекта и прилегающей территории с картограммой распределения людей.

Таблица 3

Характеристика классов пространства, окружающего место потенциальной аварии

Номер класса	Характеристика пространства
1	Сильнозагроможденное пространство: наличие полузамкнутых объемов, высокая плотность размещения технологического оборудования, лес, большое количество повторяющихся препятствий
2	Слабозагроможденное пространство: отдельно стоящие технологические установки, резервуарный парк

Определение последствий взрывов ТВС

Характер возможных последствий взрывов облаков ТВС зависит от режима их взрывного превращения, который определяется с помощью табл. 4 в зависимости от класса топлива (табл. 1) и класса окружающего пространства (табл. 3).

Таблица 4

Режимы взрывного превращения облаков ТВС

Класс топлива по табл. 1	Класс окружающего пространства по табл. 3	
	1	2
	режим превращения облаков ТВС	
1	1 (детонация)	2 (дефлаграция)
2	1 (детонация)	2 (дефлаграция)
3	2 (дефлаграция)	3 (дефлаграция)
4	2 (дефлаграция)	3 (дефлаграция)

Определение степеней разрушений зданий и сооружений

В соответствии с найденным по табл. 4 режимом взрывного превращения с учетом массы топлива, содержащегося в облаке ТВС по графикам (рис. 1...3) определяются границы зон полных, сильных, средних и слабых степеней разрушения зданий и сооружений жилой и промышленной застройки.

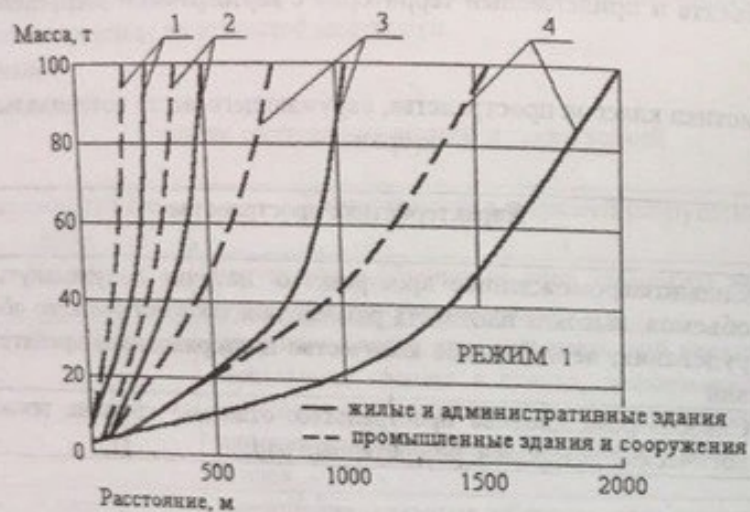


Рис. 1. Зависимости степени разрушения зданий от массы топлива и расстояния:

1 – граница зоны полных разрушений; 2 – граница зоны сильных разрушений; 3 – граница зоны средних разрушений; 4 – граница зоны слабых разрушений

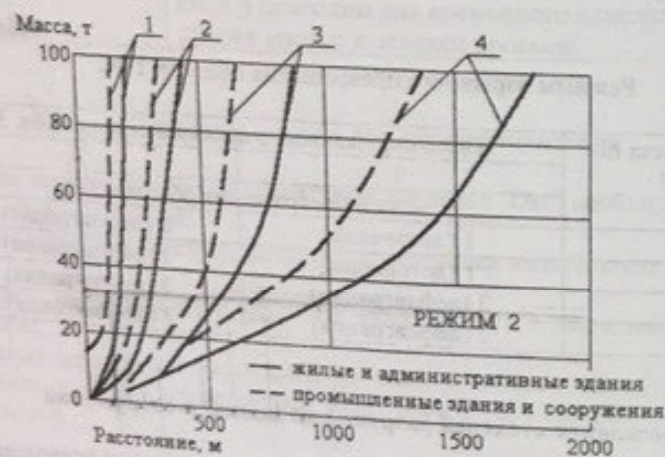


Рис. 2. Зависимости степени разрушения зданий от массы топлива и расстояния:

1 – граница зоны полных разрушений; 2 – граница зоны сильных разрушений; 3 – граница зоны средних разрушений; 4 – граница зоны слабых разрушений

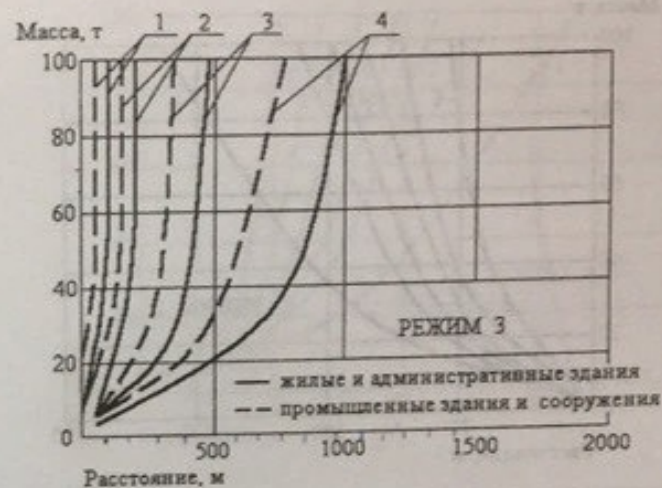


Рис. 3. Зависимости степени разрушения зданий от массы топлива и расстояния:

1 – граница зоны полных разрушений; 2 – граница зоны сильных разрушений; 3 – граница зоны средних разрушений; 4 – граница зоны слабых разрушений

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

$$M = 0,1 M_r, \quad (1)$$

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

Затем на план объекта наносятся указанные границы зон возможных разрушений с эпицентром в месте 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 процедура определения зон разрушений проводится для каждого из них.

Определение поражения людей

Границы зон поражения людей определяются по графикам, представленным на рис. 4...6.

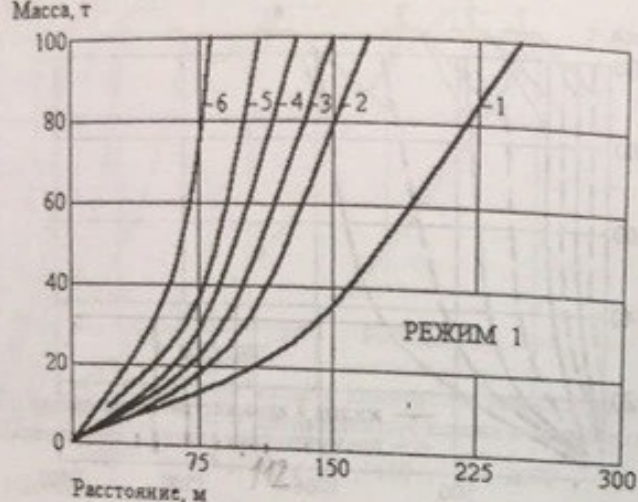


Рис. 4. Зависимости поражения человека от массы топлива в облаке и расстояния:
1 – граница порога поражения; 2 – граница 99% выживших; 3 – граница 90% выживших;
4 – граница 50% выживших; 5 – граница 10% выживших; 6 – граница 1% выживших

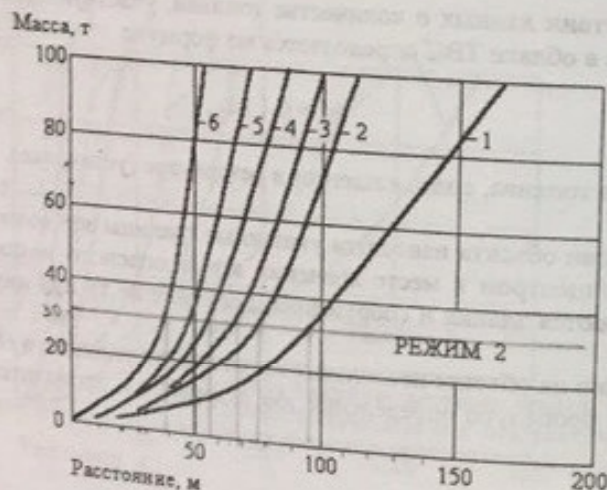


Рис. 5. Зависимости поражения человека от массы топлива в облаке и расстояния:
1 – граница порога поражения; 2 – граница 99% выживших; 3 – граница 90% выживших;
4 – граница 50% выживших; 5 – граница 10% выживших; 6 – граница 1% выживших

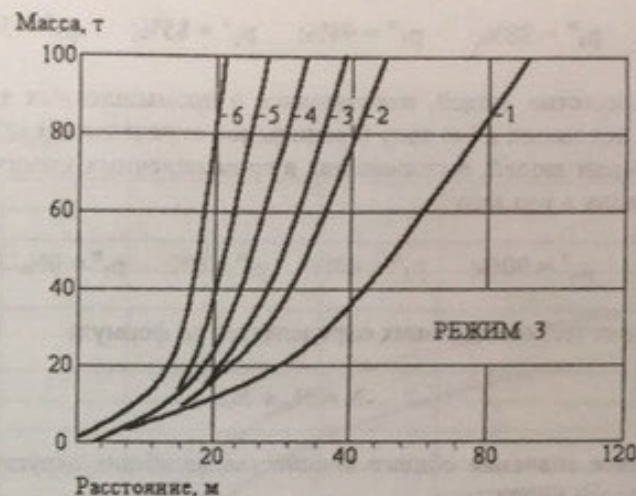


Рис. 6. Зависимости поражения человека от массы топлива в облаке и расстояния:
1 – граница порога поражения; 2 – граница 99% выживших; 3 – граница 90% выживших;
4 – граница 50% выживших; 5 – граница 10% выживших; 6 – граница 1% выживших

Количество людей, погибших на открытой местности (N_m), определяется по формуле

$$N_m = \sum_{i=2}^6 n_i (1 - P_i / 100), \quad (2)$$

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 людей, погибших в зданиях (N_z), определяется по формуле

$$N_z = \sum_{i=1}^4 n_i^* (1 - p_i^* / 100) + \sum_{i=3}^4 n_i^n (1 - p_i^n / 100), \quad (3)$$

где n_i^* – количество людей, попавших в жилые и административные здания, находящиеся в i -й зоне (границы зон определяются по рис. 1...3);

p_i^* – процент людей, выживающих в жилых и административных зданиях, попавших в i -ю зону;

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

n_i^n – количество людей, находящихся в промышленных зданиях и сооружениях, попавших в i -ю зону (границы зон определяются по рис. 1...3);
 p_i^n – процент людей, выживающих в промышленных зданиях и сооружениях, попавших в i -ю зону:

$p_4^n = 90\%; \quad p_3^n = 40\%; \quad p_2^n = 0\%; \quad p_1^n = 0\%.$

Общее количество погибших определяется по формуле

$$N = N_m + N_s. \quad (4)$$

Полученное значение общего количества погибших округляется до ближайшего целого числа.

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

Определение 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. 7.

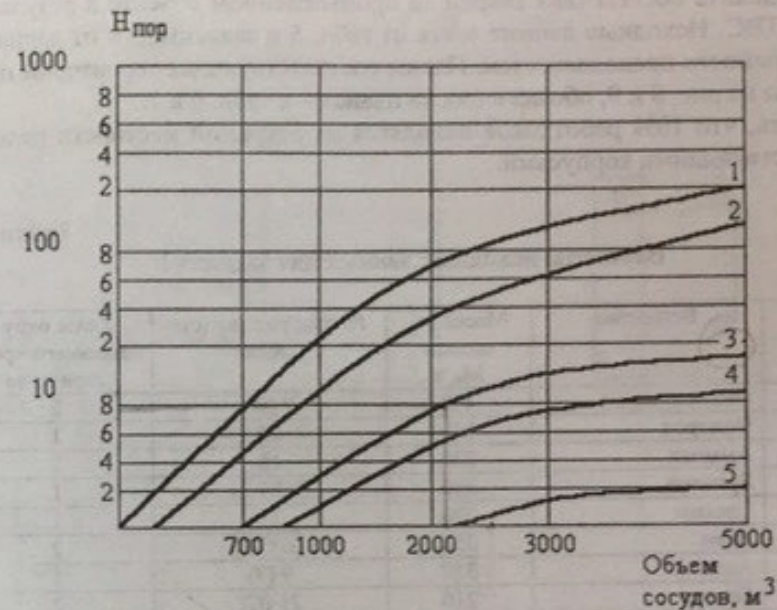


Рис. 7. Зависимости количества людей, получающих смертельное поражение от осколочного действия при взрыве сосудов высокого давления при различной плотности расположения людей:
 1 – 0,1 чел./м²; 2 – 0,05 чел./м²; 3 – 0,01 чел./м²; 4 – 0,005 чел./м²; 5 – 0,001 чел./м²

ЗАДАНИЕ 1

Определить последствия аварии на промышленном объекте в результате выброса ТЭС. Исходные данные взяты из табл. 5 в зависимости от варианта, одобренного преподавателем. Планы соответствующих территорий представлены на рис. 8 и 9, обозначения на планах – в табл. 6 и 7.

Учесть, что 10% работников находятся на открытой местности рядом с соответствующими корпусами.

Таблица 5

Варианты исходных данных для задания 1

Территория	Вещество	Масса вещества M_v , т	№ сооружения (сторона)	Класс окружающего пространства
МСЗ	Окись этилена	400	7 (В)	2
ТЭС	Водород	240	20	1
МСЗ	Аммиак	320	18	2
ТЭС	Бутилен	390	8 (Ю-З)	1
МСЗ	Пропан	230	13	1
ТЭС	Этан	350	16 (С-З)	2
МСЗ	Ацетон	330	9 (З)	1
ТЭС	Бензин	210	21 (С)	2
МСЗ	Гексан	340	12 (Ю-В)	2
ТЭС	Октан	220	7 (С-В)	1
МСЗ	Бензол	230	19	2
ТЭС	Керосин	340	19 (С)	2
МСЗ	Фенол	400	17	2
ТЭС	Додекан	360	2 (Ю-В)	1
МСЗ	Ацетилен	290	8 (З)	2
ТЭС	Нитрометан	210	15 (В)	1
МСЗ	Бутан	330	13	2
ТЭС	Этилен	250	22 (С)	1
МСЗ	Пропилен	300	4 (Ю)	1
ТЭС	Акрилонитрил	210	5 (З)	2
МСЗ	Кетон	290	3 (В)	1
ТЭС	Пиридин	250	8 (С)	2
МСЗ	Дизтопливо	390	16 (З)	2
ТЭС	Декан	200	2 (Ю)	2
МСЗ	Метан	380	19	1
ТЭС	Гидразин	400	12 (С-В)	1
МСЗ	Этилнитрат	280	5 (В)	1
ТЭС	Пентадиен	330	16 (Ю)	2
МСЗ	Изооктан	270	11 (С-В)	2
ТЭС	Нафталин	250	8 (З)	2

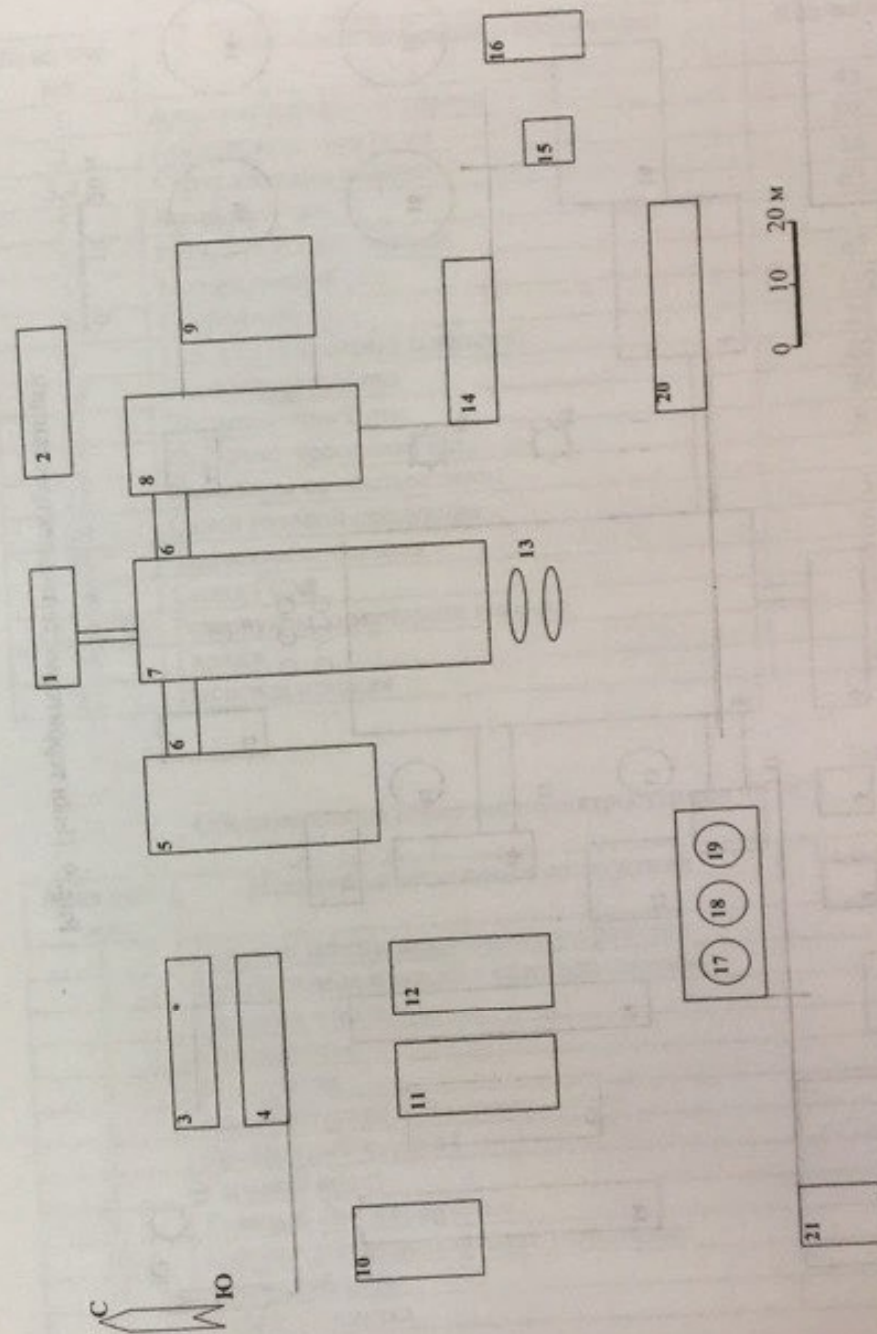


Рис. 8. План территории машиностроительного завода

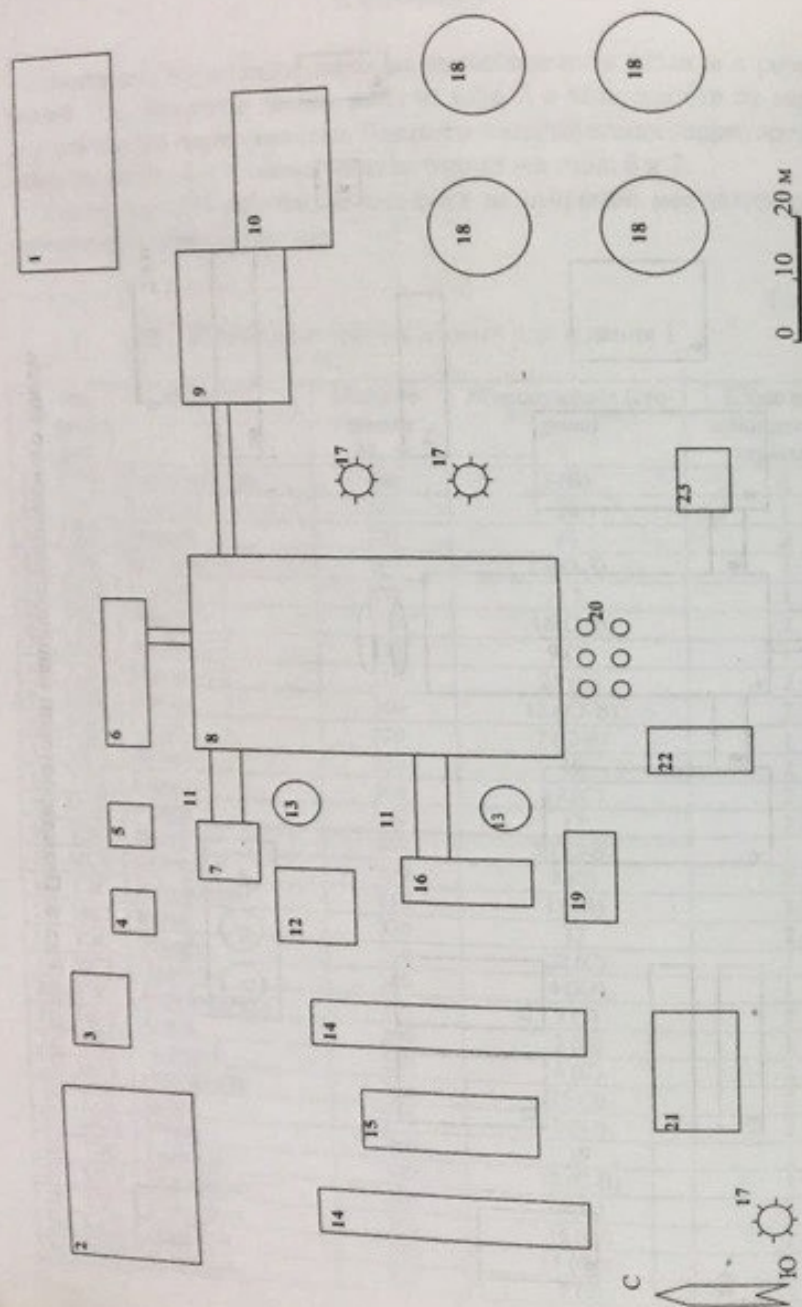


Рис. 9. План территории теплостанции

Таблица 6

Обозначения на плане машиностроительного завода (МСЗ)

№ на схеме	Наименование зданий и сооружений	Кол-во чел.
1	Административный корпус	45
2	Конструкторское бюро	98
3,4	Материальные склады	14
5	Литейный цех	63
6	Межкорпусный переход	-
7	Механический цех	67
8	Сборочный цех	112
9	Цех лакокрасочных покрытий	25
10	Электростанция	22
11	Штамповочный цех	26
12	Кузнечно-прессовый цех	30
13	Рессиверы со сжатым газом	-
14	Склад готовой продукции	5
15	Заправочная станция	6
16	Склад ГСМ	9
17,18,19	Резервуары химических веществ	10
20	Гаражи	12
21	Насосная станция	4

Таблица 7

Обозначения на плане теплостанции (ТЭС)

№ на схеме	Наименование зданий и сооружений	Кол-во чел.
1	Открытое распределительное устройство	55
2	Заглубленные емкости с резервом топлива	-
3	Насосная станция	28
4	Кислородная	16
5	Мастерская	5
6	Административный корпус	95
7	Дробильный корпус I	15
8	Главный корпус	78
9	Главный щит управления	21
10	Главное распределительное устройство	16
11	Топливоподача	-
12	Химводоочистка	9

Окончание таблицы 7

13	Дымовые трубы	-
14	Склады топлива	16
15	Размораживающая	27
16	Дробильный корпус II	21
17	Пожарные водоемы	-
18	Гралирни	2
19	Мазутно-масляное хозяйство	7
20	Ресиверы водорода	-
21	Склад ГСМ	31
22	Материальный склад	12
23	Электролизная	27

ЗАДАНИЕ 2

Определить последствия аварии на промышленном объекте в результате разрыва сосуда высокого давления. Исходные данные взять из табл. 8.

Таблица 8

Варианты исходных данных для задания 2

№ вар.	Объем сосуда, м ³	Плотность расположения людей, чел./м ²	№ вар.	Объем сосуда, м ³	Плотность расположения людей, чел./м ²
1	700	0,1	16	1000	0,05
2	800	0,1	17	1200	0,1
3	900	0,05	18	1400	0,05
4	1000	0,05	19	1600	0,01
5	1100	0,05	20	1800	0,005
6	1200	0,05	21	2000	0,1
7	1300	0,05	22	2200	0,01
8	1400	0,01	23	2400	0,005
9	1500	0,005	24	2600	0,1
10	1600	0,01	25	800	0,05
11	1700	0,05	26	1000	0,01
12	1800	0,01	27	1500	0,005
13	1900	0,005	28	2000	0,001
14	2000	0,01	29	2200	0,005
15	2100	0,01	30	2400	0,01

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ 1 И 2 И ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА

ОТЧЕТ
о практической работе
«Прогнозирование последствий взрывных явлений на объектах промышленности»

Цель работы: освоить экспресс-методику прогнозирования последствий взрывных явлений на промышленных объектах.

Вариант № _____

Исходные данные для задания 1:

- объект – МСЗ;
- тип взрывоопасного вещества – ацетилен;
- масса взрывоопасного вещества – $M_v = 200$ т;
- место нахождения взрывоопасного вещества на объекте – сооружение 7 (восточная сторона);
- класс окружающего пространства – 1.

Решение

1. Класс топлива (по табл. 1) – 1.
2. Масса топлива в облаке ТВС, по формуле (1):

$$M = 0,1 \cdot 200 = 20 \text{ [т]}.$$

3. Режим взрывного превращения облака ТВС (по табл. 4) – 1 (детонация).
4. Радиус зоны полных разрушений (по рис. 1): для административных зданий – 100 м; для промышленных зданий – 60 м.
5. Радиус зоны сильных разрушений (по рис. 1): для административных зданий – 200 м; для промышленных зданий – 150 м.
6. Радиус зоны средних разрушений (по рис. 1): для административных зданий – 940 м; для промышленных зданий – 480 м.
7. Радиус зоны слабых разрушений (по рис. 1): для административных зданий – 920 м; для промышленных зданий – 490 м.
8. Радиус границы порога поражения людей (по рис. 4): 105 м.
9. Радиус границы 99% выживших (по рис. 4): 82 м.
10. Радиус границы 90% выживших (по рис. 4): 67 м.
11. Радиус границы 50% выживших (по рис. 4): 60 м.
12. Радиус границы 10% выживших (по рис. 4): 52 м.
13. Радиус границы 1% выживших (по рис. 4): 37 м.

Установленные границы зон наносятся на план (рис. 10).

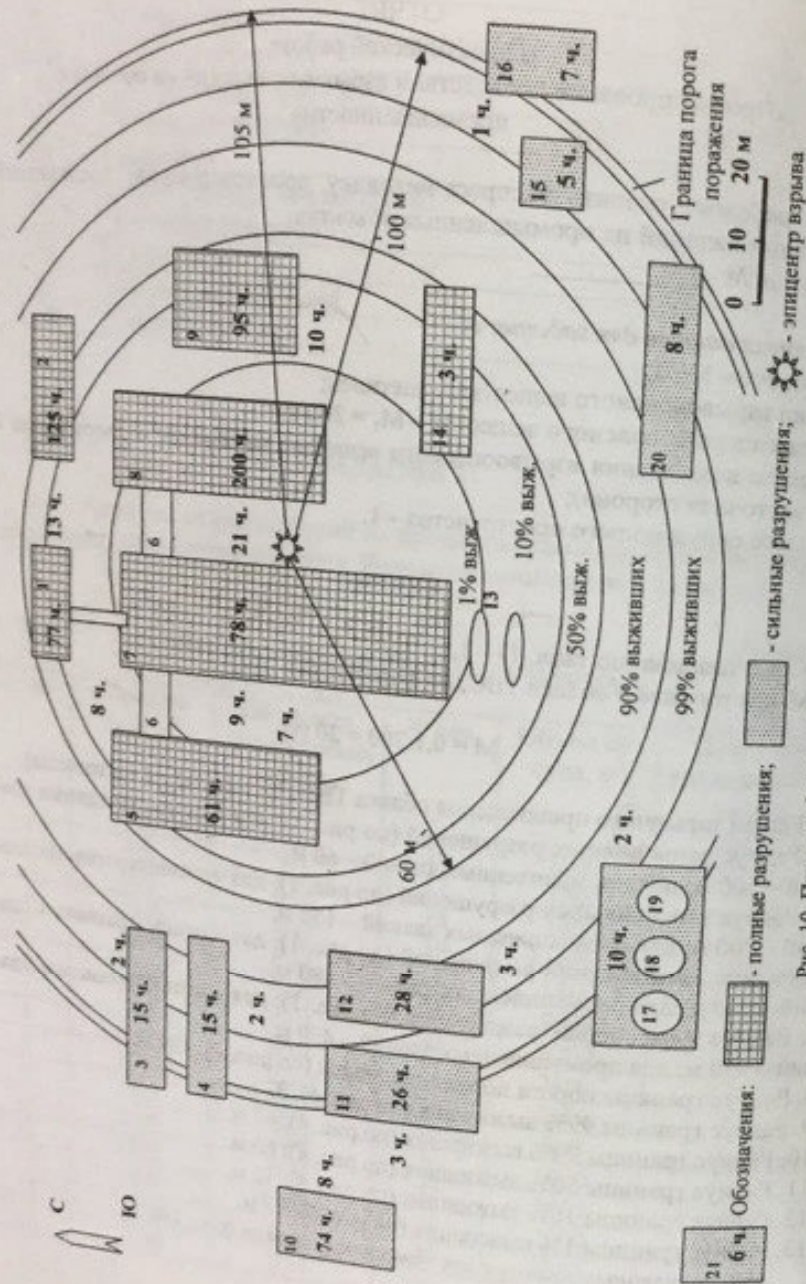


Рис. 10. Пример оформления графической части задания 1

Пояснения к плану:

- план территории изображается в установленном масштабе;
- на плане указываются:
 - а) количество человек в зданиях и сооружениях;
 - б) количество человек на открытой местности;
 - в) границы зон возможных разрушений и эпицентр взрыва;
 - г) границы зон поражения людей.

14. Количество людей, погибших на открытой местности, по формуле (2):

$$N_m = (21+9+7) \cdot (1 - 1/100) + (8+13+10) \cdot (1 - 10/100) + (2+3+2+2) \cdot (1 - 99/100) = 64,6 \text{ [чел.]}$$

Примечание: в зонах 50% и 90% выживаемости персонал отсутствует.

15. Количество людей, погибших в зданиях, по формуле (3):

$$N_z = (125+77) \cdot (1 - 30/100) + 61+78+200+95+3+7+5+8+10+28+26+74+15+15 = 766,4 \text{ [чел.]}$$

16. Общее количество погибших, по формуле (4):

$$N = 64,6 + 766,4 = 831 \text{ [чел.]}$$

Исходные данные для задания 2:

- объем резервуара повышенного давления – 1000 м³;
- плотность расположения людей – 0,01 чел/м².

Решение

Количество людей, получающих смертельное поражение от осколочного действия при разрыве сосуда высокого давления (по рис. 7):

$$N_{\text{пор}} = 3 \text{ чел.}$$

Дата _____
Ф.И.О. и подписи студентов _____

Шифр группы _____

Подпись преподавателя _____